

LUIS GUSTAVO CHRISTOFF

**A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COMO CONDICIONANTE
PARA OS PROCESSOS DE OCUPAÇÃO URBANA**
ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAQUARA, PARANÁ

**MESTRADO EM
GESTÃO URBANA
PUCPR**

PUCPR
CURITIBA
2018

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE ARQUITETURA E DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO URBANA - PPGTU**

LUIS GUSTAVO CHRISTOFF

**A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COMO CONDICIONANTE PARA OS
PROCESSOS DE OCUPAÇÃO URBANA
ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAQUARA, PARANÁ**

**CURITIBA
2018**

LUIS GUSTAVO CHRISTOFF

**A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COMO CONDICIONANTE PARA OS
PROCESSOS DE OCUPAÇÃO URBANA
ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAQUARA, PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana. Área de concentração: Gestão e Tecnologias Ambientais, da Escola de Arquitetura e Design Escola de Arquitetura e Design da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Gestão Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Mello Garcias

CURITIBA

2018

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Giovanna Carolina Massaneiro dos Santos – CRB 9/1911

C556g
2018 Christoff, Luis Gustavo
A gestão dos recursos hídricos como condicionante para os processos de ocupação urbana: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Piraquara, Paraná / Luis Gustavo Christoff; orientador: Carlos Mello Garcias. – 2018. 127 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2018
Bibliografia: f. 116-127

1. Planejamento urbano - Paraná. 2. Recursos hídricos. 3. Solo - uso. 4. Indicadores ambientais. 5. Abastecimento de água. 6. Mananciais. I. Garcias, Carlos Mello. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana. III. Título.

CDD 20. ed. – 711.4098162

TERMO DE APROVAÇÃO

**“A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COMO CONDICIONANTE PARA OS
PROCESSOS DE OCUPAÇÃO URBANA: ESTUDO DE CASO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAQUARA, PARANÁ”**

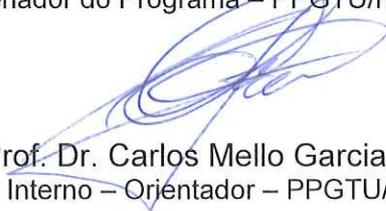
Por

LUIS GUSTAVO CHRISTOFF

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, área de concentração em Gestão Urbana, da Escola de Arquitetura e Design, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.



Prof. Dr. Rodrigo Firmino
Coordenador do Programa – PPGTU/PUCPR



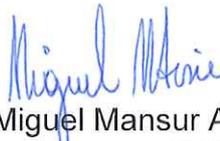
Prof. Dr. Carlos Mello Garcias
Membro Interno – Orientador – PPGTU/PUCPR



Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura
Membro Interno – PPGTU/PUCPR



Profª. Dra. Ana Flávia Marques
Membro Externo – UNISC



Prof. Dr. Miguel Mansur Aisse
Membro Externo – UFPR

Curitiba, 23 de novembro de 2018.

A todos que, de alguma forma, dedicam
parte de seu tempo para proteger o que é
essencial à vida: a água.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos aqui relacionados refletem apenas uma pequena parcela, e de forma não hierárquica, das pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta etapa. Cada uma destas pessoas tem uma importância ímpar na minha jornada. Assim sendo, agradeço:

Aos meus pais, Carlos e Lenir, por sempre estarem ao meu lado e não medirem esforços para me proporcionar sempre o melhor.

Ao meu irmão, Bruno, pelas conversas, risadas e contribuições ao longo da vida e da elaboração deste trabalho.

À minha esposa, Ivelyn, que esteve ao meu lado em todos os momentos, por me ouvir, por me acalmar quando mais precisei, pelos incentivos, por dividir as preocupações, por ajudar a manter o foco sempre, e simplesmente por existir.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Mello Garcias, por dedicar grande parte de seu tempo às orientações, pela confiança em mim aportada ao longo destes dois anos de elaboração do trabalho, por manter a minha motivação sempre, pelas conversas sobre a vida, pelos ensinamentos e pela sua experiência que, espero um dia, poder chegar ao mesmo nível.

Aos professores membros da banca de defesa da dissertação, Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura, Prof. Dr. Miguel Mansur Aisse, e Prof. Dra. Ana Flávia Marques, pela atenção dedicada à leitura deste trabalho e pelas contribuições, fundamentais para que a pesquisa fosse concluída.

Ao Programa de Pós-graduação em Gestão Urbana (PPGTU – PUCPR) pela oportunidade de participar do programa de mestrado, além de todos os professores que fazem parte do programa e que, de alguma forma, contribuíram com a elaboração deste trabalho, e à secretária Pollyana, que sempre esteve solícita em atender as diversas dúvidas com muita dedicação.

Ao Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/PR) pela oportunidade na pesquisa acadêmica e pela bolsa de estudos oferecida.

Aos colegas e amigos que fiz durante esta jornada, dividindo as dúvidas e preocupações. Suas contribuições foram essenciais para que este trabalho fosse realizado.

Aos colegas de trabalho por compartilharem suas experiências e ajudarem no meu crescimento profissional e acadêmico, e à empresa COBRAPE pela flexibilidade diante dos horários em que tive ausente do escritório, e assim permitir que esta etapa pudesse ser cumprida.

A todos que de alguma forma contribuíram com ideias, motivação, conselhos, oportunidades e por simplesmente me ouvirem quando precisei. Meu profundo agradecimento. Espero que apreciem.

Não quero ser o grande rio caudaloso
Que figura nos mapas
Quero ser o cristalino fio d'água
Que canta e murmura na mata silenciosa.

(KOLODY, 1997)

RESUMO

A urbanização no Brasil tem se acelerado nas últimas décadas, trazendo desenvolvimento econômico, crescimento demográfico e oportunidades para a sociedade. Em contrapartida a demanda pelos recursos ambientais, especialmente sobre os recursos hídricos, cresce rapidamente, trazendo consequências severas para o meio ambiente. Tais consequência sobre os recursos hídricos são de ordem quantitativa e qualitativa. Os grandes centros urbanos são os que mais sofrem estes problemas, e a região metropolitana de Curitiba (RMC) está incluída neste *rol*. Os *déficits* quantitativos e qualitativos ficam mais evidentes quando as áreas de mananciais são utilizadas de forma irregular ou sem o planejamento adequado. Este problema está ligado ao fato de que o órgão gestor de recursos hídricos não possui atribuições sobre o ordenamento territorial, o qual é de responsabilidade do município onde se localiza o manancial hídrico. Considerando estes problemas, o objetivo desta pesquisa foi associar a garantia das condições hídricas como condicionante do uso e ocupação do solo nos processos da gestão da ocupação urbana. O recorte para esta pesquisa foi a bacia hidrográfica do rio Piraquara, tomada como um dos principais mananciais hídricos da RMC, com uma área de 104,1 Km², produzindo cerca de 37,5% do volume total de água produzido na área de mananciais leste da RMC. A metodologia da pesquisa consistiu na utilização de indicadores ambientais de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo, aplicados sobre o método Pressão-Estado-Resposta, com o intuito de mostrar quais são as inter-relações entre os indicadores e as pressões antrópicas envolvidas. É possível concluir que a bacia hidrográfica do rio Piraquara está dentro de um padrão ainda considerado desejável de conservação quando analisada de uma forma global, tendo alcançado 61,1% da nota total do indicador. No entanto, quando são analisados os sub-indicadores, pode-se concluir que há muitas deficiências na bacia, principalmente de ordem qualitativa. O sub-indicador de Qualidade da Água atingiu 40,3% da nota total, enquanto o sub-indicador de Uso e Ocupação do Solo atingiu 45,2%. Já o sub-indicador de Urbanização e Infraestrutura Sanitária obteve a melhor avaliação, com 97,4% da nota total. A utilização dos indicadores ambientais se mostra bastante eficiente como subsídio para a tomada de decisões em conjunto dos órgãos gestores de recursos hídricos e uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos. Uso e ocupação do solo. Indicadores ambientais. Manancial de abastecimento. Gestão urbana.

ABSTRACT

Urbanization in Brazil has accelerated in recent decades, bringing economic development, population growth and opportunities for society. On the other hand, the demand for environmental resources, especially on water ones, grows quickly, with severe consequences for the environment. These consequences on water resources are both quantitative and qualitative. The major urban centers, such as the Metropolitan Region of Curitiba (RMC), suffer the most from these problems. Quantitative and qualitative deficits are most evident when the water source areas are irregularly used or without adequate planning. This problem is related to the fact that the water resources management body does not have attributions on the territorial planning since it is the responsibility of the municipality where the water source is located. Considering these problems, the objective of this research is to associate the guarantee of the water conditions as the conditioner of the land use and occupation in the processes of the urban occupation management. The cut for this this research is the watershed of the Piraquara river, taken as one of the main water sources of the RMC, with an area of 104.1 square kilometers, producing about 37.5% of the total volume of water produced in the RMC east water sources area. The research methodology consists in the use of environmental indicators of water resources and land use and occupation, applied on the Pressure-State-Response method, in order to show the interrelations between the indicators and the anthropic pressures involved. It is possible to conclude that the watershed of the Piraquara river is within a standard still considered desirable conservation when analyzed in a global way, having reached 61.1% of the total score of the indicator. However, when the sub-indicators are analyzed, it can be concluded that there are many deficiencies in the watershed, mainly of a qualitative nature. The Water Quality sub-indicator reached 40.3% of the total score, while the Sub-indicator of Land use and occupation reached 45.2%. The sub-indicator of Urbanization and Health Infrastructure obtained the best evaluation, with 97.4% of the total score. The use of environmental indicators is quite efficient as a basis for joint decision-making by water management bodies and land use and occupation.

Key-words: Water resources management. Land use and occupation. Environmental indicators. Water sources. Urban management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma de trabalho	23
Figura 2 – Pirâmide de informações.....	27
Figura 3 – Escala de qualidade da água	37
Figura 4 – Planejamento hídrico urbano: Uma visão integrada.....	48
Figura 5 – Localização da área de estudo	62
Figura 6 – Bacia hidrográfica do rio Piraquara	63
Figura 7 – População por setor censitário	64
Figura 8 – Uso do solo na bacia do rio Piraquara	65
Figura 9 – Declividade na bacia do rio Piraquara.....	66
Figura 10 – Localização das estações pluviométricas	76
Figura 11 – Diagrama de origem: gráfico em círculos.....	81
Figura 12 – Pirâmide de informações.....	82
Figura 13 – Base do Avaliador Intermediário Local.....	82
Figura 14 – Modelo de performance dos sub-indicadores	83
Figura 15 – Esquema do modelo Pressão-Estado-Resposta.....	86
Figura 16 – Ficha de avaliação PER	90
Figura 17 – Avaliador Intermediário Local.....	95
Figura 18 – Sub-indicadores de Qualidade da Água.....	97
Figura 19 – Indicador de Qualidade da Água.....	98
Figura 20 – Sub-indicadores de Uso e Ocupação do Solo.....	99
Figura 21 – Indicador de Uso e Ocupação do Solo.....	99
Figura 22 – Sub-indicadores de Urbanização e Infraestrutura Sanitária	100
Figura 23 – Indicador de Urbanização e Infraestrutura Sanitária	100
Figura 24 – Indicador de da bacia hidrográfica do rio Piraquara	101
Figura 25 – Ficha de avaliação 1: Qualidade da Água.....	102
Figura 26 – Ficha de avaliação 2: Uso e ocupação do solo	103
Figura 27 – Ficha de avaliação 3: Urbanização e infraestrutura sanitária.....	104
Figura 28 – Ficha de avaliação 4: bacia do rio Piraquara	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores: funções	26
Quadro 2 – Municípios: organização nacional.....	29
Quadro 3 – Competências Constitucionais do município	31
Quadro 4 – Indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil: Recursos Hídricos	46
Quadro 5 – Indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil: Uso e ocupação do solo	60
Quadro 6 – Uso do solo na bacia do rio Piraquara.....	65
Quadro 7 – Matriz relacional de indicadores	68
Quadro 8 – Relação entre indicadores.....	69
Quadro 9 – Indicadores com maiores índices de aprovação segundo os níveis local e nacional.....	72
Quadro 10 – Sub-indicadores escolhidos para análise	73
Quadro 11 – Indicadores e sub-indicadores.....	74
Quadro 12 – Classes de qualidade dos reservatórios.....	75
Quadro 13 – Classes de qualidade conforme AIQA.....	77
Quadro 14 – Estrutura do Corpo Central de Indicadores da OCDE	88
Quadro 15 – Resultado dos sub-indicadores	94
Quadro 16 – Síntese dos resultados dos sub-indicadores	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIQA	Avaliação Integrada da Qualidade da Água
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Proteção Permanente
Art.	Artigo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CF	Coliformes fecais
CGM	Conselho Gestor dos Mananciais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DGA	Direcção Geral do Ambiente
ed.	Edição
Ed.	Editor
ETA	Estação de Tratamento de Água
f.	Folha
FPIC	Funções públicas de interesse comum
ha	Hectare
Hab.	Habitante
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade da Água
IQAr	Índice de Qualidade do Reservatório
ISEE	<i>International Society for Ecological Economics</i> (Sociedade Internacional de Economia Ecológica)
km	Kilômetro
L/s	Litro por segundo (vazão volumétrica)
m ³	Metro cúbico (volume)
mm	Milímetro (índice)
MPC	<i>Model Predictive Control</i>
n ^o	Número
OCDE	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i> (Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos)
OD	Oxigênio Dissolvido
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas

p.	Página
PER	Pressão-Estado-Resposta
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPGTU	Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
RL	Reserva Legal
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	LINHA DE PESQUISA.....	18
1.2	PROBLEMÁTICA.....	18
1.3	OBJETIVOS	20
1.4	JUSTIFICATIVAS	21
1.5	ORIENTAÇÃO DA PESQUISA.....	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	INDICADORES AMBIENTAIS	24
2.2	GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	28
2.2.1	Base legal.....	28
2.2.2	O município e seu papel na gestão dos recursos hídricos	41
2.2.3	Indicadores de recursos hídricos	45
2.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	47
2.3.1	Base legal.....	51
2.3.2	O município e seu papel na gestão urbana.....	54
2.3.3	Fragilidades de uso e ocupação do solo.....	57
2.3.4	Indicadores de uso e ocupação do solo.....	59
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	61
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	61
3.2	MÉTODOS DA PESQUISA	66
3.2.1	Seleção de indicadores.....	67
3.2.2	Seleção de sub-indicadores	70
3.2.3	Quantificação dos sub-indicadores	74
3.2.3.1	Qualidade da água	74
3.2.3.2	Uso e ocupação do solo	78
3.2.3.3	Urbanização e infraestrutura sanitária	79
3.2.4	Modelo de avaliação intermediária	80
3.2.5	Avaliação dos sub-indicadores	83
3.2.6	Modelo Pressão-Estado-Resposta.....	85
3.2.7	Forma de utilização do PER	87
3.2.7.1	Ficha de avaliação de indicadores.....	89
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA PESQUISA.....	91

4.1	RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS SUB-INDICADORES.....	91
4.1.1	Qualidade da Água	91
4.1.2	Uso e ocupação do solo	92
4.1.3	Urbanização e infraestrutura sanitária	93
4.2	AVALIAÇÃO INTERMEDIÁRIA	94
4.3	AVALIAÇÃO FINAL	96
4.3.1	Qualidade da Água	97
4.3.2	Uso e ocupação do solo	98
4.3.3	Urbanização e infraestrutura sanitária	99
4.4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA.....	101
4.5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	106
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	113
	REFERÊNCIAS.....	116

1 INTRODUÇÃO

O DESENVOLVIMENTO urbano se acelerou na segunda metade do século XX com a concentração da população em espaço reduzido, produzindo grande competição pelos mesmos recursos naturais (solo e água), destruindo parte da biodiversidade natural. O meio formado pelo ambiente natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de efeitos interligados, que sem controle pode levar a cidade ao caos (TUCCI, 2008, p. 97).

O processo de urbanização tem se tornado mais intenso nos últimos anos, e como consequência a demanda pelos recursos hídricos vem aumentando significativamente, sendo causada principalmente pela grande variedade de atividades econômicas e pela pressão de consumo gerada pela sociedade. Não obstante, a ausência de saneamento básico em diversas áreas urbanas tem gerado consequências socioambientais severas, especialmente sobre os recursos hídricos, gerando assim a possibilidade de escassez de água. Este fato tem evidenciado o conflito entre o meio ambiente e o crescimento urbano (LEITÃO, 2009).

Leitão (2009) ainda afirma que o crescimento populacional acarreta em uma demanda maior por bens e serviços, os quais, por efeito, intensificam as pressões sobre o meio ambiente, especialmente sobre os recursos hídricos. Tais efeitos, quando associados – acréscimo populacional, urbanização, pressão sobre o uso dos recursos hídricos, associados à gestão dos recursos naturais urbanos – podem acarretar na escassez hídrica urbana.

Os recursos hídricos possuem papel de destaque na atualidade, pois podem ser entendidos como sinônimo de oportunidade de desenvolvimento econômico e bem-estar social. Por outro lado, podem ser um condicionante limitador do desenvolvimento urbano em determinadas regiões (ANDREOLI *et al.*, 1999). Este fato pode estar relacionado com as diferentes formas, muitas vezes sem o devido planejamento, de uso e ocupação do solo, principalmente nas áreas de mananciais, comprometendo assim a disposição atual e futura dos recursos hídricos tanto em quantidade quanto em qualidade.

A ocupação das áreas de proteção a mananciais, onde ocorrem as maiores taxas de crescimento populacional, acarreta na geração de esgotos domésticos, resíduos sólidos e poluição difusa destinada aos corpos hídricos, afetando desta

forma a qualidade da água e, em casos mais graves, o impedimento do uso do manancial, em virtude do alto custo do tratamento e também devido ao comprometimento da qualidade da água que será destinada à população (SILVA; PORTO, 2003).

Corroborando o exposto acima, Silva e Porto (2003) afirmam que o principal problema no tocante às áreas de proteção a mananciais assenta-se no fato de que a proteção destas áreas, no que diz respeito ao ordenamento territorial, não é responsabilidade do órgão gestor de recursos hídricos, e sim dos municípios que usufruem do sistema produtor em questão. Tal fato, ou problema, só pode ser resolvido mediante um sistema integrado de gestão, assentando-se no fato de que este é um dos principais pontos onde há imprescindibilidade urgente em unir a gestão territorial urbana à gestão dos recursos hídricos. Mendonça (2004) afirma que o crescimento urbano acelerado provoca, de maneira inevitável, diversos e complicados problemas para o entendimento e gestão do espaço urbano, especialmente aqueles de cunho socioambiental.

Sob este aspecto, Lanna (1995) aponta que estes conflitos são resultantes das diversas complexidades observadas na gestão dos recursos hídricos decorrentes, especialmente, de sua intrínseca conexão com o planejamento municipal, implicando assim na inevitabilidade da associação das políticas públicas das esferas dos recursos hídricos e de uso e ocupação do solo. Entretanto, Coelho (2004) cita que para que haja uma gestão integrada e eficiente e que auxilie na construção de um município alinhado ao desenvolvimento sustentável, é imprescindível a compatibilização das políticas de ordenamento territorial e de recursos hídricos, no tocante a seus instrumentos, de modo a compensar a inexistência de instrumentos particulares de gestão integrada.

Segundo Marinato (2008), os instrumentos de controle e gestão territorial, indispensáveis para a prosperidade econômica e ambiental do município, teriam necessariamente que ser utilizados complementarmente aos de gestão de recursos hídricos visto que, em meio às ocupações desordenadas, são os recursos hídricos que sofrem os impactos mais significativos. Há que se considerar, entretanto, que a gestão territorial, seja urbana como é o caso desta pesquisa, ou em escalas maiores, difere da gestão de recursos hídricos em termos espaciais, ou seja, os limites da bacia hidrográfica que, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei nº 9.433/97,

deve ser tomada como unidade de planejamento e gestão das águas, não são coincidentes com os limites administrativos municipais. A autora ainda destaca que, aliada a esta dificuldade, assenta-se o fato de que o município não possui atribuições legais sobre a água, acarretando assim na isenção de responsabilidade no tangente a este recurso natural, diferentemente da questão territorial, em que o município tem o poder de legislar, acarretando na ampliação de obstáculos afetos à água em virtude de ações tomadas pelo município relacionadas ao uso e ocupação do solo.

Desta forma, este projeto propõe uma pesquisa sobre as relações diretas entre os processos de ocupação urbana e as limitações ambientais existentes, por meio de indicadores ambientais, com foco nos recursos hídricos disponíveis. Seu embasamento teórico permitirá caracterizar as relações diretas entre os processos de ocupação frente às disponibilidades hídricas em um determinado horizonte de planejamento.

Os resultados obtidos, e combinados, poderão subsidiar o estabelecimento de diretrizes de gestão do território, como as alternativas de uso e ocupação do solo, em consonância com as diretrizes ambientais já legalmente estabelecidas.

1.1 LINHA DE PESQUISA

A pesquisa proposta insere-se na Linha de Pesquisa Gestão e Tecnologias Ambientais, especificamente no seu Programa de Gestão Ambiental, o qual busca em sua síntese enfatizar o papel dos recursos naturais frente ao desenvolvimento socioeconômico.

1.2 PROBLEMÁTICA

A Constituição Federal, nos seus artigos 182 e 183, ao tratar da Política Urbana, colocou o Plano Diretor como o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, destacando a sua obrigatoriedade para cidades com população acima de 20.000 habitantes.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, no capítulo II, que trata dos objetivos, em seu art. 2, inciso I, diz: *“assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”* (BRASIL, 1997).

Inserir-se nesta mesma linha, de forma a complementar o arcabouço legal, o processo de planejamento e gestão urbanos, os quais se caracterizam pela incessante busca por ferramentas que facilitem a concepção de políticas públicas que motivem o uso prudente e justo dos recursos públicos, sendo que o uso de indicadores pelos órgãos gestores e demais instituições voltadas ao desenvolvimento urbano, aparece em crescimento constante nos últimos anos (ALMEIDA; ABIKO, 2000).

Segundo Tucci (2008), os principais problemas relacionados com a infraestrutura e a urbanização nos países em desenvolvimento, com destaque para a América Latina, são: grande concentração populacional em pequena área, com deficiência no sistema de transporte, falta de abastecimento e saneamento, ar, água poluída e inundações. Essas condições ambientais inadequadas reduzem condições de saúde, qualidade de vida da população, impactos ambientais, e são as principais limitações ao desenvolvimento.

É necessário, desta forma, promover questões básicas de sustentabilidade, ou seja, na identificação daquelas áreas que são mais vulneráveis que outras, e que demandam um maior esforço, tanto da sociedade civil quanto dos órgãos gestores. Estes últimos, de forma mais incisiva, na distribuição de recursos, combinam-se com o papel atribuído aos gestores e/ou planejadores urbanos, os quais são, porém não exclusivamente, decisivos no processo de efetivação e aplicação destes recursos como também, articulados com a sociedade, em buscar a mitigação ou redução dos indicadores que apresentam baixos índices de desempenho (VILLAÇA, 2001).

Não obstante à face do desenvolvimento, a ideia de realizar um esforço de imaginação do futuro se coloca como desafio imediato quando se debruça sobre a tarefa de planejar (SOUZA, 2011). “A “falta de planejamento” (ou melhor: falta de densidade¹, falta de tradição, despreparo técnico e dificuldades organizacionais no que se refere ao planejamento) é um problema real” (SOUZA, 2007, p. 106).

¹ A falta de densidade, neste caso, é entendida como falta de robustez, de qualidade.

Nesse contexto, a forte expansão urbana notada principalmente nas regiões metropolitanas do Brasil, tem se tornado um grande desafio de planejamento e gestão, em especial quando se trata da gestão dos recursos hídricos, que deve ser realizada de maneira a garantir, de acordo com as expectativas de crescimento populacional, a água em quantidade e qualidade para a atual e futuras gerações, assim como determina a política nacional de recursos hídricos.

Corroborando a este fato, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), mostra que o grau de urbanização, que é a percentagem da população da área urbana em relação à população total, gira em torno de 84% para o Brasil. Já nas regiões metropolitanas este número se aproxima de 91%.

Assim, tem-se como hipótese central do estudo de que a disponibilidade dos recursos hídricos em determinada região, pode ser um fator determinante sobre as diferentes formas e intensidade de expansão urbana.

a. Questão-problema

A questão problema da pesquisa é: De que forma a gestão dos recursos hídricos condiciona, por meio da utilização do modelo Pressão-Estado-Resposta, os processos de ocupação urbana, e conseqüentemente na prevenção do risco de escassez de água nas cidades?

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral consiste em associar a garantia das condições hídricas como condicionante do uso e ocupação do solo nos processos da gestão da ocupação urbana.

Já os objetivos específicos compreendem:

- a) Explicitar as pressões antrópicas e seus estágios nos recursos hídricos;
- b) Analisar os fatores que podem servir como restrições na concepção do uso e ocupação do solo;
- c) Avaliar as restrições e fragilidades identificadas.

1.4 JUSTIFICATIVAS

Para Leff (2001), o ambiente existe não apenas como uma realidade visível, mas sim uma convergência de processos físicos, biológicos e simbólicos, que por meio das ações econômicas, científicas e técnicas do homem são reorganizados e reconduzidos. Dentro desta visão, as metrópoles são os melhores exemplares deste contexto, por serem espaços de concentração e intensidade de todos estes processos.

Lima (2000) considera o município de Piraquara como estratégico sob o ponto de vista do desenvolvimento regional pelo fato de concentrar boa parte dos mananciais encarregados de abastecer Curitiba e sua Região Metropolitana. O município em questão pertence ao estado do Paraná, integra a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e possui uma área de 227,04 km². Quanto à demografia, segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, Piraquara cresceu a uma taxa de 9,83% ao ano entre 1991 e 2000, porém já na década seguinte houve uma forte desaceleração da taxa, estabelecida em 2,49% ao ano, o que levou a uma população atual de 93.207 habitantes (IBGE, 2010). Ainda segundo a mesma fonte, a taxa de urbanização é da ordem de 49,07%, e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal é de 0,700 frente a 0,749 do Índice Estadual e 0,823 da RMC (PNUD, 2013).

Segundo consta no Plano Municipal de Saneamento Básico de Piraquara (PIRAQUARA, 2016), para o abastecimento público, o território abriga três represas de armazenamento de água (barragens), sendo responsável pelo abastecimento de aproximadamente 50% da população da Região Metropolitana de Curitiba, totalizando uma produção de 3.200 L/s em um consumo de 7.200 L/s dos 3 milhões de habitantes da RMC.

Nesse sentido, justifica-se a análise sobre a bacia do rio Piraquara, integralmente inserida no município de Piraquara, bem como as influências sobre os municípios de Curitiba e Piraquara, por se caracterizarem como cidades metropolitanas, reunindo aspectos essenciais para o desenvolvimento da pesquisa, no que tange às áreas de recursos hídricos e desenvolvimento e expansão urbana, ou seja, analisando quais as influências, sejam elas positivas ou negativas, que os processos de ocupação podem sofrer frente à limitação no uso dos recursos hídricos disponíveis atualmente..

1.5 ORIENTAÇÃO DA PESQUISA

Como forma de subsidiar a elaboração e o entendimento do presente estudo, o fluxograma a seguir – Figura 1 – ilustra o sequenciamento das etapas que compõe este trabalho até a sua finalização, distribuídas em 4 fases.

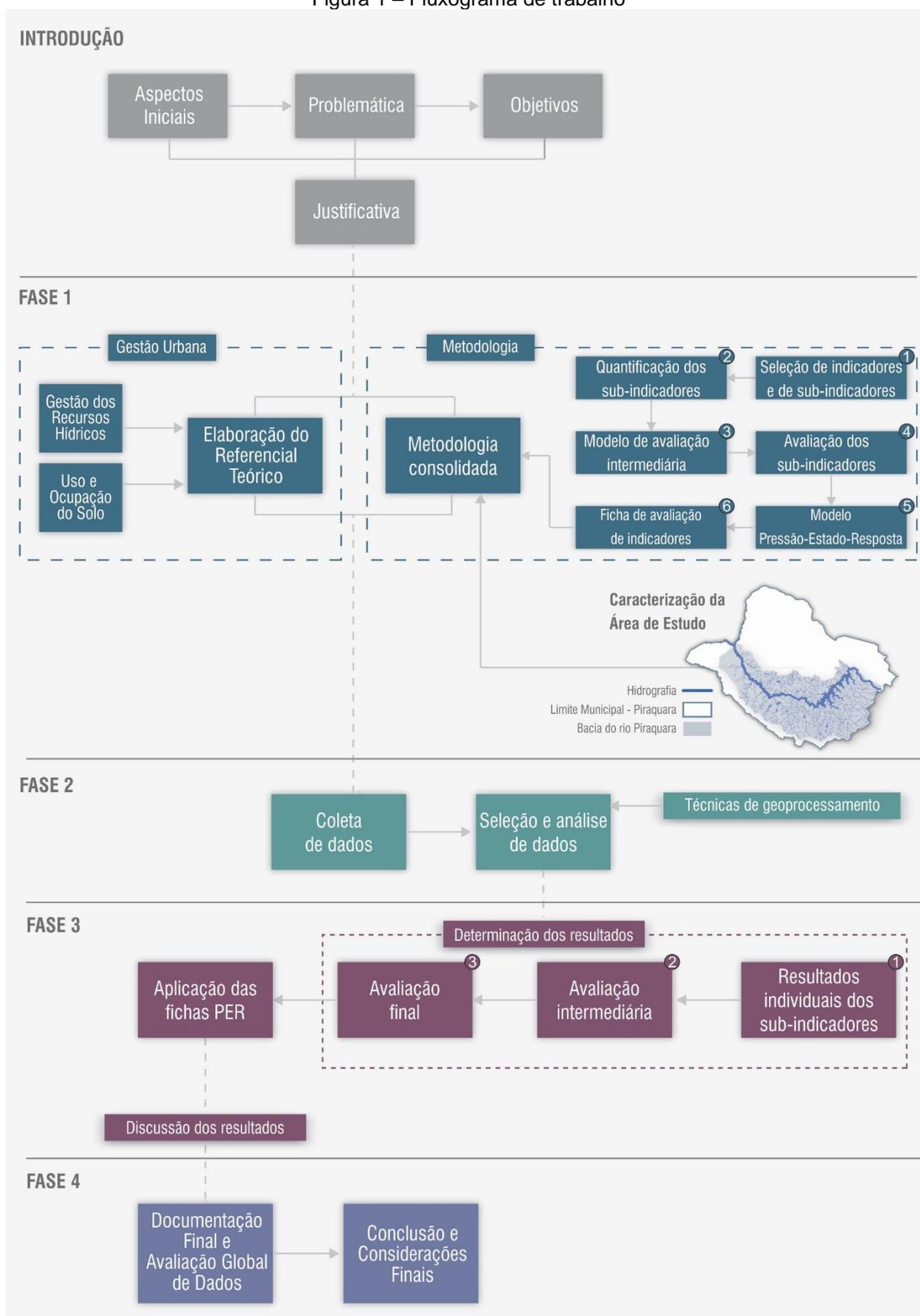
A Fase 1, caracterizada pelo referencial teórico e pelos aspectos metodológicos, será detalhada sobre os dois temas da pesquisa: gestão dos recursos hídricos e uso e ocupação do solo. Em termos de referencial teórico, foi contextualizada a base legal vigente, as esferas de atuação dos referidos temas, além da seleção de indicadores ambientais, tanto do tema de recursos hídricos quanto de uso e ocupação do solo, e apresentando a sua relação com a gestão urbana. Na metodologia estão detalhadas as características da área de estudo, além dos métodos da pesquisa, como a seleção de indicadores e sub-indicadores, com suas respectivas justificativas e critérios específicos, os quais serão aplicados sobre a área de estudo, por meio de um modelo de avaliação intermediária, uma avaliação final, e posteriormente a aplicação destes indicadores e sub-indicadores utilizando o modelo Pressão-Estado-Resposta.

A fase 2 correspondeu à coleta e análise de dados, provenientes de diversas fontes oficiais, auxiliados por técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e que subsidiaram a aplicação dos métodos da pesquisa.

A fase 3 diz respeito à determinação e discussão dos resultados, com a aplicação direta dos métodos da pesquisa sobre a área de estudo. Além dos resultados apresentados, busca-se ressaltar a relevância do modelo de avaliação e do modelo Pressão-Estado-Resposta como subsídio para a formulação de diretrizes de organização e gestão do território, nas esferas de usos e ocupação do solo e gestão dos recursos hídricos, e que permitam apontar a área estudada como sensível aos processos de uso e ocupação do solo.

Finalmente, a fase 4 apresenta a avaliação global da pesquisa em tela, bem como as considerações finais, incluindo a conclusão, na qual pode-se constatar a eficiência da utilização do modelo Pressão-Estado-Resposta como subsídio.

Figura 1 – Fluxograma de trabalho



Fonte: o autor, 2018.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A revisão da literatura se insere num projeto de pesquisa como uma das etapas fundamentais e que necessitam de maior confiabilidade, pois é a partir dela que será possível elaborar o quadro teórico e conceitual, considerados os pilares do desenvolvimento da pesquisa (SILVA; MENEZES, 2005).

Isto posto, o presente capítulo apresenta o referencial teórico desta pesquisa, o qual contempla conceitos e fundamentos relacionados aos indicadores ambientais e sua ligação com os dois temas principais da pesquisa: recursos hídricos e uso e ocupação do solo.

2.1 INDICADORES AMBIENTAIS

A preocupação com um desenvolvimento sustentável, levando em consideração seus três pilares básicos – econômico, social e ambiental – tem evoluído a passos largos, e tem levado cada vez mais os países a orientar a elaboração de suas políticas e diretrizes privilegiando a prevenção e manutenção das condições ambientais. Não obstante, esta evolução tem sido em grande parte impulsionada por uma maior sensibilização do público para as questões ambientais e seus impactos no cenário internacional, principalmente nas esferas econômica e social. Inicialmente, a demanda por informações ambientais estava estreitamente relacionada com a definição e implementação das políticas ambientais e seus efeitos no estado do ambiente. Ao longo dos anos, as prioridades políticas evoluíram, assim como as demandas por informações confiáveis e de fácil compreensão, não só da comunidade ambiental, mas também de autoridades públicas, empresas, o público em geral, ONGs ambientais e outras partes interessadas. Ao mesmo tempo, as atividades internacionais e a cooperação no ambiente continuaram a crescer (OCDE, 2003).

Para que o desenvolvimento sustentável ocorra, deve-se deixar claro que na retaguarda dele há políticas públicas que o promovem e, sejam elas de maior ou menor nível, acontecem em paralelo algum tipo de dano ou degradação ambiental (CAVALCANTI, 2001). Cavalcanti (2010) relata que diversos autores, dentre os quais

Barry Commoner (biólogo e professor da Universidade de Washington), os irmãos Howard (ecólogos notáveis por seus estudos pioneiros sobre fluxos de energia nos ecossistemas), Roy Rappaport (antropólogo ambiental e professor da Universidade de Michigan), Kenneth Boulding (economista crítico e professor da Universidade de Colorado-Boulder), Charles Perrings (economista ambiental, ex-presidente da Sociedade Internacional de Economia Ecológica (ISEE) e professor da Universidade do Estado do Arizona), e Ignacy Sachs (economista heterodoxo e professor da Sorbonne), ressaltam que há uma fronteira dentro da qual a economia deve operar. Segundo Daly (1994), este limite é o ecológico.

Desta forma, com o intuito de aumentar a capacidade dos países em monitorar e avaliar as condições ambientais e as condições das tendências ambientais, passou-se a utilizar indicadores, os quais, quando utilizados como forma de composição de um índice, ganham clareza e operacionalidade, simplificando assim as informações sobre fenômenos complexos e facilitando o entendimento e a comunicação (DGA, 2000).

De forma geral, pode-se dizer que indicadores são parâmetros, ou funções derivadas, que têm a capacidade de descrever um “estado” ou uma “resposta” dos fenômenos que ocorrem em um meio. Quando um parâmetro é entendido como indicador, seu valor transcende o número ou a característica em si, adquirindo outro significado. Por exemplo, o valor de um parâmetro relacionado ao meio urbano pode ter diferentes significados quando analisado sob a forma de indicador em diferentes regiões. Há diferentes visões, linhas de interpretação, usos e destinações para um mesmo dado ou informação (SANTOS, 2004). Corroborando, Braga *et al.* (2009) destacam que os indicadores emergem como um importante recurso apto a traduzir realidades complexas em formas sintéticas e de fácil compreensão.

A construção e utilização de indicadores ambientais é uma forma diferenciada e promissora de realizar análises de dados, em virtude da qualidade intrínseca dos indicadores em potencializar a utilidade e a capacidade de transferência de conhecimento. Não obstante, ainda possuem a capacidade de sintetizar e simplificar informações, facilitando desta forma a compreensão e a análise crítica dos resultados pelos diferentes stakeholders envolvidos (MAGALHÃES JUNIOR, 2007).

Gallopin (1996) cita que a aspiração por indicadores deve ser contemplada sob a ótica daqueles que sintetizem e tornem mais simples uma gama de informações,

além de tornar determinados fenômenos reais mais evidentes, sendo este fator um dos mais consideráveis no tangente à gestão ambiental. Tunstall (1992) consolida os indicadores a partir de suas funções, tal como disposto no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores: funções

AS PRINCIPAIS FUNÇÕES DOS INDICADORES
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avaliação de condições e tendências; ✓ Comparação entre lugares e situações; ✓ Avaliação de condições e tendências em relação às metas e aos objetivos; ✓ Prover informações de advertência; ✓ Antecipar futuras condições e tendências.

Fonte: adaptado de Tunstall, 1992.

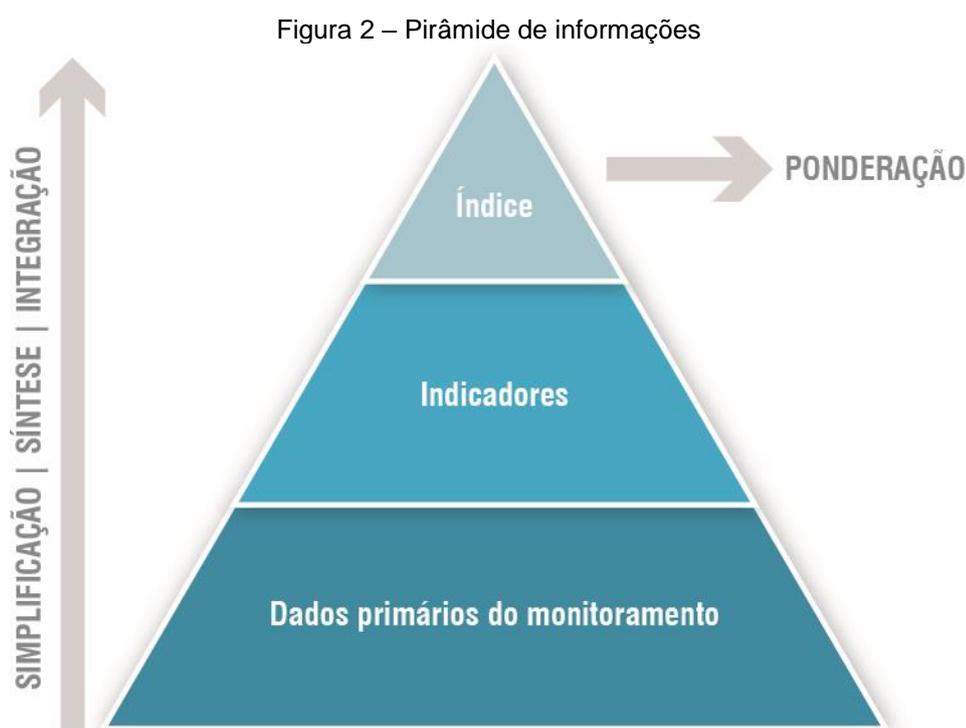
Segundo Van Bellen (2005), os indicadores se configuram como um retrato da realidade, porém não podem ser declarados como a realidade em si, ao passo que devem ser construídos a partir de uma visão genuína e por meio de metodologias harmônicas de medição.

De acordo com Santos (2004), a seleção criteriosa de indicadores auxilia na redução do número de parâmetros e medidas sobre o meio, diminuindo e norteando a amostragem, o que é de fundamental importância ao planejamento, onde o processo decisório requer agilidade e eficiência no emprego de recursos. O uso de indicadores geralmente está associado ao aprimoramento do banco de dados e à quantificação e simplificação da informação. Como ferramentas de auxílio à decisão, os indicadores são modelos de fácil interpretação da realidade, tornando mais simples a compreensão dos fenômenos. Outra atribuição dos indicadores é medir o avanço em direção a metas e objetivos, sendo muito úteis para tomadores de decisão e para a sociedade, por permitirem avaliar permanentemente cenários dinâmicos que variam no espaço e no tempo, comparar regiões, identificar avanços e retrocessos, pontos fortes e fracos, aferindo e acompanhando os resultados de uma decisão tomada.

Complementarmente ao exposto acima, um indicador é, em suma, um agregado de índices variados, os quais fornecem informações por meio da aferição de determinados componentes e fenômenos reais, sempre baseados em padrões de referência, com o intuito de tornar o seu sentido, ou significado, o mais claro possível, facilitando assim a comunicação (OCDE, 1987). Tais indicadores operam como base para investigação do desenvolvimento que engloba múltiplas dimensões, como as

econômicas, sociais, culturais, geográficas e ambientais, de modo que permitam apurar as consequências das ações humanas no ecossistema como um todo (SILVA; CORREIA; CÂNDIDO, 2010).

Enaltecer a função dos indicadores no que tange à efetivação de políticas públicas se desdobra a partir de sua reconhecida valia em termos indicativos do desenvolvimento, seja sob qualquer aspecto, tais como o econômico, o social e o ambiental. Assim sendo, os indicadores fazem parte de uma pirâmide de informações, a qual possui em sua base dados primários, sucedida pelos índices integrados, os quais formam o seu topo, conforme ilustrado na Figura 2. De forma geral, um índice faz a ponte entre o valor que está sendo observado com um determinado padrão estipulado para tal elemento.



Fonte: Adaptado de Hammond *et al.*, 1995.

A aplicabilidade de um indicador está diretamente ligada à sua seleção e seu arranjo dentro de uma estrutura de níveis, tal como um sistema ou subsistema, e até mesmo uma dimensão. Uma dimensão pode ter um viés social (decisão, valores, atitudes), ou ambiental (degradação, conservação, biodiversidade). Por outro lado, a escolha ou a utilização dos indicadores deve ser feita com cuidado, exigindo, na maioria das vezes, que se realize um discernimento hierárquico em termos de importância, bem como uma ponderação com o intuito de identificar quais são os

indicadores que mais se ajustam na busca dos objetivos determinados (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007).

Corroborando, Garcias (1991) ressalta que os indicadores devem ser utilizados com cautela, visto que os mesmos estão sujeitos à aplicação de diversas leis, podendo assim sofrer uma série de interferências. O autor ainda destaca que a utilização de indicadores é uma metodologia muito conveniente quando se trata da análise do comportamento ambiental, bem como é configurado como um instrumento com grande relevância para a gestão urbana.

Nesse sentido é possível afirmar que os indicadores são essenciais na condução de políticas públicas, bem como no encaminhamento de decisões nos diversos níveis sociais. Não obstante, os indicadores devem representar toda a gama de questões fundamentais de uma determinada região ou local de aplicação, e devem ser utilizados em menor número possível, porém, por outro lado, devem ser amplos e ao mesmo tempo condensados. A criação de indicadores deve possuir um viés participativo, e abarcar sobre as visões regionais, sendo definidos de forma clara, além de serem práticos, de simples reprodução e compreensão (BOSSEL, 1999).

2.2 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

2.2.1 Base legal

A esfera legal brasileira no que concerne aos recursos hídricos é composta, em síntese, pelo Código Florestal, pela Constituição Federal de 1988, e pela Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 –, precedida pelo Decreto Federal 24.643 de 10 de julho de 1934, que criou o Código das Águas e que, conforme citam Mendonça e Santos (2006), está relacionado às questões da água e sua posse. Nesta esfera, Lanna (1997, p. 5), conceitua a gestão dos recursos hídricos como:

Uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos.

O Código Florestal Brasileiro, concebido na sua primeira edição em 1934, e posteriormente editado em 1965, já definia diversos princípios para proteção e preservação do meio ambiente, com o intuito de garantir a saúde e o bem-estar da população brasileira. Dentre estes princípios, alguns deles estavam diretamente ligados aos recursos hídricos, como as “Áreas de Proteção Permanente” (APPs) e “Reserva Legal” (RL), que até então eram expressões inexistentes. No ano de 2009 iniciaram-se as tratativas para atualização do Código Florestal e, em 2012, por meio da Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012, o novo Código Florestal foi sancionado. Este, por sua vez, abarcou em inovações no tangente às áreas de preservação permanente, reserva legal e áreas verdes urbanas, destacando a preocupação com a função de preservação dos recursos hídricos e a estabilidade ecológica (SANTOS FILHO *et al.*, 2015).

A Constituição Federal de 1988, art. 20, III estabelece que são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado da federação, sirvam de limite com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais” (BRASIL, 1988).

Entretanto, antes da promulgação da Constituição Federal de 1988, o país passou por mudanças em diversos aspectos, principalmente no tange à situação dos municípios, seja em termos de legislação, atribuições e grau de autonomia, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Municípios: organização nacional

(Continua)

PERÍODO/ TEXTOS CONSTITUCIONAIS	LEGISLAÇÃO, ATRIBUIÇÕES E GRAU DE AUTONOMIA
Brasil Colônia	As Câmaras atuam como órgãos administrativos e judiciários; constituem a única forma de governo representativo, mas não são consideradas instituições políticas.
Constituição de 1824	Define o processo de eleição e composição das Câmaras, que respondem pelo governo econômico e municipal das cidades e vilas, subordina-as as presidentes das províncias.
Lei Regulamentar de 1828	Concede às câmaras ampla jurisdição sobre serviços públicos; regulamenta as funções municipais e aplicação das rendas.
Ato Institucional de 1834	Atribui ao presidente da província a aprovação de obras de mais de 500 mil-réis; atribui ao Conselho Geral da Província o controle da aplicação das rendas pelas câmaras.
Constituição de 1891	Fixa os princípios da autonomia municipal e da repartição de tributos entre União e estados; surge a “política dos coronéis”.
Reforma Constitucional de 1926	Regulamenta o direito da União de intervir nos estados para proteger a autonomia municipal.

Quadro 2 – Municípios: organização nacional

(Conclusão)

PERÍODO/ TEXTOS CONSTITUCIONAIS	LEGISLAÇÃO, ATRIBUIÇÕES E GRAU DE AUTONOMIA
Anteprojeto de 1933	Autoriza a elaboração de constituições municipais para as capitais estaduais e cidades mais populosas e ricas; autoriza a criação de governos regionais; regulamenta a extinção e restringe a criação de municípios.
Constituição de 1934	Garante a eletividade de prefeitos e vereadores; autoriza a criação de impostos e taxas municipais, a aplicação das rendas e a organização dos serviços municipais.
Constituição de 1937	Atribui a cidadãos eleitos e aos vereadores a escolha dos representantes dos estados na Câmara dos Deputados; autoriza os estados a criar agrupamentos de municípios para a administração de serviços comuns; cria os departamentos estaduais para assuntos municipais.
Constituição de 1946	Amplia a autonomia financeira dos municípios, que passam a ocupar posição relevante no sistema governamental.
Constituição de 1967	Transfere à União e aos estados a organização municipal; assegura a eleição de prefeitos e vereadores, mas transforma a autonomia municipal em meramente operacional; autoriza a União a criar regiões metropolitanas.
Emenda Constitucional de 1969	Amplia as possibilidades de intervenção nos municípios e dá maior destaque às regiões metropolitanas.
Constituição de 1988	Define o município como ente federativo; considera de competência municipal o ordenamento territorial e a criação e/ou supressão de distritos; amplia a participação municipal na repartição tributária; transfere para os estados a competência para criar regiões metropolitanas.

Fonte: Gouvêa (2005).

O entendimento de Costa e Pacheco (2006) é de que a Constituição Federal de 1988 incitou o ressurgimento da independência municipal, decorrida principalmente pelo movimento de democratização como base da escola federativa. Carneiro (2008) afirma que a Constituição Federal de 1988, ao ascender o município como ente federativo, nos moldes da União, estados e do Distrito Federal, trasladou as competências, em termos de tributos e receitas intergovernamentais, para os municípios. No entanto, ao passo que estas novas receitas vieram à tona, a incumbência da formulação e implementação de políticas públicas também surgiu.

Sob o ponto de vista destes arranjos institucionais Camargo (2003) identifica, dentre outros, alguns pontos positivos como a sugestão de descentralização das políticas públicas, as quais geralmente são condensadas nas esferas federal e estadual, além de ser estreitamente subordinadas a alianças político-partidárias. Não suficiente de tal fato, o autor ainda expõe os obstáculos e custos em relação a este modelo político de federalismo trino, fraseologia que foi apropriada do jurista Miguel

Reale, o qual a utilizou com o intuito de ressaltar a diferença entre o federalismo brasileiro do federalismo dual americano, tomado como formador do federalismo mundial.

Saule Júnior (1997) expõe que a segmentação das responsabilidades dos entes federativos foi determinada a partir das competências constitucionais atribuídas à União, estados e municípios, saber: comuns, exclusiva, privativa, concorrente, reservada e suplementar. Diante das competências citadas, esta última – suplementar – é de especial interesse para o município, pois autoriza o mesmo a estabelecer medidas legais em âmbito local sobre esferas de interesse comum e concorrente, tais como educação, cultura, saúde, direito urbanístico, e meio ambiente.

No Quadro 3 estão demonstradas as competências comum, exclusiva e suplementar dos municípios em relação aos demais entes federativos.

Quadro 3 – Competências Constitucionais do município

COMUM (art. 23)	EXCLUSIVA (art. 29, 30 - I, 145, 156, 144 p. 8)	SUPLEMENTAR (art. 30 - II)
<ul style="list-style-type: none"> ● Promover programas de habitação e organizar o saneamento básico; ● Proteger documentos e bens de valor arqueológicos; ● Impedir a evasão, a destruição e a descaracterização bens de valor histórico, artístico ou cultural; ● Proteger o meio ambiente e combater a poluição; ● Preservar as florestas, fauna, flora; ● Combater a pobreza; ● Promover acesso à cultura, educação e a ciência; ● Cuidar da saúde e assistência públicas; ● Registrar, acompanhar e fiscalizar concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais; ● Estabelecer e implantar a educação e a segurança no trânsito. ● Fomentar a produção agropecuária e promover o abastecimento alimentar; ● Monitorar a pesquisa e a exploração de recursos hídricos e minerais; ● Zelar pela guarda da Constituição Federal. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Legislar sobre assunto de interesse local, e organizar o saneamento básico; incluindo as legislações tributária e financeira; ● Capacidade para organizar sua administração; ● Faculdade para instituir a guarda municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Direito urbanístico local; ● Promover o ordenamento territorial mediante planejamento e controle artístico histórico, paisagístico e sítios do uso, parcelamento e ocupação do solo urbano; ● Criar, organizar e suprimir distritos, observada a legislação estadual; ● Promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observadas a legislação e a ação fiscalizadora federal e estadual; ● Responsabilidade por dano ao meio ambiente, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, cultural, turístico e paisagístico local; ● Prestação de serviços locais nas áreas de educação, cultura, ensino e saúde; ● Instituir, arrecadar tributos de sua competência, prestar contas e publicar balancetes; ● Organizar, prestar diretamente serviços públicos ou transferir sua prestação a terceiros por meio de concessão ou permissão dos serviços; ● Manter programas de educação pré-escolar e de ensino fundamental.

Fonte: Lacerda *et al.* (2005, p. 6).

Nesse sentido, no que concerne ao município e à proteção ao meio ambiente, e reforçando o exposto no Quadro 3, Carneiro (2008) cita que a Constituição Federal de 1988 estabeleceu, para os três níveis de governo, competências de cunho legislativo e administrativo, sendo que a proteção ao meio ambiente, de forma geral, e mais especificamente o controle da poluição, foram alocados perante as competências comuns ou concorrentes entre as esferas federal, estadual e municipal. Neste contexto jurídico-legal, Milaré (1999, p. 36) cita:

A Constituição Federal de 1988 fortaleceu os municípios, elevando-os à condição de partícipes da Federação, como entes federativos regidos por leis orgânicas próprias. Mas, de outro lado, o fato de grande maioria da população viver em cidades e grandes aglomerações faz com que deixem de ser de peculiar interesse local muitas questões que anteriormente eram resolvidas apenas no âmbito do município. O grande porte de muitas cidades cria entre elas problemas de vizinhança, antes inexistentes. Por vezes, a cidade, como extensão urbana contínua, extravasa os limites do próprio município, enquadrando vários municípios, conurbados ou não, no desenho de uma única cidade: a metrópole.

Não obstante, Philippi Jr. e Zulauf (1999) destacam que compete aos municípios não somente se apropriar de sua parte de modo claro, mas também de promover e realizar parcerias e acordos de cooperação com as demais esferas de governo – União, estados e municípios – no que tange ao direcionamento de ações orientadas ao bom cumprimento dos princípios constitucionais, visto que a incumbência no trato das questões ambientais é inerente a todos os estados. Nesse sentido, é dever do município assumir a responsabilidade no que tange a criação e avaliação de leis, normas e fundamentos alusivos ao controle, equilíbrio e conservação da qualidade ambiental em seu território. Os autores ainda verificam que o processo de arranjo para um sistema de gestão ambiental municipal dá origem a necessidade de reavaliação do *rol* de políticas públicas até o momento acolhidas, à luz da sustentabilidade. Esta reavaliação irá possibilitar a compreensão do modelo de política ambiental mais indicado para cada município, considerando o contexto regional em que ele está inserido.

Ainda assim, em termos de atribuições, perduram dúvidas a respeito do papel destinado aos municípios pela Constituição no que tange às questões ambientais. Tal alegação é fundamentada ao derredor dos artigos 23 e 24 da Constituição Federal, dado que o primeiro (art. 23) abarca entre os temas de mérito da União, dos estados

e dos municípios, diversos elementos relacionados à proteção ambiental, com destaque para aqueles que se concentram na proteção do meio ambiente e mitigação da poluição, sejam em qualquer um de seus aspectos. Em que pese, o artigo 24 dá a União, estados e municípios a competência concorrente para legislar a respeito de diversos temas, dentre eles o direito urbanístico, o controle da poluição e a proteção do meio ambiente. Por outro lado, o referido artigo não deixa claro a incumbência do município, em termos legislativos, a respeito do tema ambiental, acarretando em interpretações obscuras quanto à competência normativa no tema ambiental (CARNEIRO, 2008).

Carneiro (2008) ainda cita que, quando se trata de uma maior participação municipal na política ambiental, independentemente dos argumentos a favor ou contra, não há dúvidas de que o Plano Diretor, como agregador das leis de uso e ocupação do solo, enquanto dispositivo habitual e rigorosamente de competência municipal, mostra-se como um caminho seguro e proveitoso para a efetividade, em âmbito municipal, da proteção do meio ambiente, sob a condição de que sejam inseridos elementos de cunho socioeconômico, sanitário, cultural e ecológicos na diretiva para ordenamento territorial.

Em acréscimo, apesar do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) ser considerado um instrumento indispensável para colocar em prática a política urbana, as obrigações e o comprometimento da administração municipal não devem se exaurir apenas com o emprego das normas estatutárias relativas à gestão do território municipal. Outras atribuições constitucionais, comuns perante a União, estados e municípios, tal qual aquelas de cunho patrimonial, relativas à preservação de todo *rol* de bens materiais e imateriais que integram os legados ambiental e histórico-cultural local, formam a massa essencial para constituição de um Plano Diretor. Desta forma, cabe ao município adicionar ao seu Plano a normatização ambiental, especialmente as normas abarcadas na Política Nacional do Meio Ambiente e no Código Florestal (LACERDA *et al.*, 2005).

Já a Política Nacional de Recursos Hídricos, mais conhecida como “Lei das Águas”, não obstante à sua função de orientar a gestão dos recursos hídricos no país, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e regulamenta o art. 21, inciso XIX, da Constituição Federal, o qual confere à União instituir o sistema

nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso (BRASIL, 1997).

Ainda se tratando da referida “Lei das Águas”, vale mencionar o art. 1, que trata dos fundamentos nos quais a lei se baseia:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Nesse sentido, ao elucidar os princípios básicos da gestão dos recursos hídricos, Setti *et al.* (2001) classificam a Política Nacional de Recursos Hídricos como arrojada e de grande valor no sentido de ordenamento territorial – quando abordada em sentido amplo – ao tratar da divisão entre o elemento da descentralização em oposição à concentração do poder.

Corroborando com o exposto acima, Tucci, Hespanhol e Cordeiro Netto (2001) ressaltam que houve de fato uma expressiva descentralização no sentido hierárquico, do poder público para a esfera local de bacia hidrográfica, no momento em que a sociedade civil organizada e os usuários de água passaram a efetivar parcerias com o Poder Público, compartilhando assim as tomadas de decisão.

Ainda na mesma linha é importante destacar que, na composição da “Lei das Águas”, buscou-se o estabelecimento de uma diretriz ponderosa, cita-se a integração das gestões ambiental e recursos hídricos, bem como a articulação desta última com o uso e ocupação do solo, levando a consideração de que a efetividade das referidas políticas sejam tomadas como suficientes apenas se houver a inter-relação entre elas. Cabe destacar também de que a inserção da referida lei direciona à predisposição de reavaliação das funções do Estado quando se trata da gestão de bens e serviços (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO, 2001).

Não obstante ao que foi elucidado anteriormente, Porto e Porto (2008) destacam que o Brasil ainda carece de um desenvolvimento institucional no tangente à descentralização da gestão para o nível local aliado à necessidade de articulação

requerida pelo gerenciamento por bacias hidrográficas, e que uma grande dificuldade para tal é a gestão do território.

A magnitude de se adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento vem sendo objeto de discussões de cunho científico em diversas áreas como as ciências naturais, a geologia e, principalmente a hidrologia, desde que as mesmas emergiram durante o século XIX. Segundo Molle (2009), este avanço pode ser tomado como o alicerce na justificativa de idealização destes limites físicos com o intuito político e de gestão.

Nesse sentido, quando se infere à escala nacional, é fato que há uma dissonância entre os limites físicos e administrativos, acarretando assim um agravamento na gestão compartilhada dos recursos hídricos com as esferas nacional, estadual e municipal. Não obstante, tal dificuldade é estendida aos órgãos de saneamento, o setor agrícola, aglomerados urbanos, dentre outros diversos setores, visto que cada um deles exerce sua atividade numa determinada porção da bacia hidrográfica (PORTO; PORTO, 2008).

Porém, não há arcabouço legal que aponte com clareza a relação entre a gestão dos recursos hídricos e o ordenamento territorial. Assim sendo, perduram incertezas quanto ao real papel do município no tangente à formulação e implementação de políticas públicas de impactos nos recursos hídricos, sejam elas prescritas por decretos, leis de uso e ocupação do solo, planos diretores, dentre outros mecanismos legais (CARNEIRO *et al.*, 2010).

Não obstante ao hiato supracitado, Carneiro *et al.* (2010) observam ainda a existência de conflitos relacionados às competências na ocasião de bacias hidrográficas extrapolarem os limites administrativos municipais, especialmente no caso de regiões metropolitanas, visto que não houve um crivo definitivo de gestão destes territórios pela Constituição de 1988, deixando assim a concepção de modelos administrativos como responsabilidade dos Estados.

A gestão dos recursos hídricos na esfera estadual está embasada na normativa temática federal, por meio da Lei nº 12.726, a qual instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

No que tange ao estado do Paraná, Roorda (2005, p. 9) cita:

A evolução da gestão dos recursos hídricos no Estado do Paraná se deu de uma maneira natural, similar a outras regiões e países: iniciou-se com o monitoramento quantitativo, passou pela fase de estudos e levantamentos, inicialmente hidrológicos e posteriormente envolvendo aspectos de qualidade da água e de usos múltiplos, para então se chegar ao início de uma fase propriamente dita de gestão aos moldes concebidos na Lei Federal nº 9.433/97, o que implica em gestão descentralizada, contando com a participação do Poder Público, dos Usuários e da Sociedade Civil com atuação relacionada a recursos hídricos, através da sua representação no Conselho Estadual de Recursos Hídricos e nos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Paraná intenta sequenciar as normas de gerenciamento de recursos hídricos já existentes, e para tal faz uso dos mesmos fundamentos, objetivos, diretrizes, instrumentos, dentre outros objetos na Política Nacional de Recursos Hídricos (PIZAIA *et al.*, 2004). Dentre os fundamentos, adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, ressalta a importância dos usos múltiplos, além de designar a água com um bem natural, dotado de valor econômico e socioambiental, preconizando a necessidade de uma gestão participativa e descentralizada (RAUBER; CRUZ, 2013).

Nesse sentido cabe ao Instituto das Águas do Paraná a função de órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/PR, com o objetivo de oferecer suporte técnico e institucional na aplicação dos instrumentos da referida lei. Não obstante, é de competência do referido órgão exercer a regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico, englobando assim os serviços de abastecimento público, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos, de acordo com os termos da Lei nº 11.445/07, a qual estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico (AGUASPARANÁ, 2017).

Ainda se tratando do AGUASPARANÁ, o mesmo é responsável também pelo planejamento e execução de ações voltadas ao manejo e conservação dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, com o objetivo de manter os padrões de qualidade e quantidade nos termos da Lei nº 9.433/97, além do monitoramento dos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos, e execução de serviços voltados à engenharia, tais como controle de enchente, inundações, degradação de fundos de vales, entre outros (AGUASPARANÁ, 2017).

Em termos qualitativos, Conte *et al.* (2000) destacam que a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), em virtude da diversidade de

fontes poluidoras, foi a pioneira no Brasil a desenvolver um Índice de Qualidade da Água (IQA), baseado em estudos desenvolvidos pela *National Sanitation Foundation*, nos Estados Unidos, em 1970, em que se utilizam indicadores de qualidade da água como oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais (CF), dentre outros, e chegando a um resultado que varia de 0 a 100, no qual é determinada a qualidade da água, conforme Figura 3.

Figura 3 – Escala de qualidade da água

- 00 – 19 → qualidade péssima
- 20 – 36 → qualidade ruim
- 37 – 51 → qualidade aceitável
- 52 – 79 → qualidade boa
- 80 – 100 → qualidade ótima

Fonte: Conte *et al.*, 2000.

Ainda em relação à qualidade da água, notadamente no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, mediante a Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), designou requisitos de qualidade para enquadramento dos corpos d'água no território nacional, em consonância com os usos preponderantes, bem como para o lançamento de efluentes. Segundo Cunha *et al.* (2013), essa resolução, tomada como instrumento jurídico, firmou limites tanto superiores quanto inferiores, no que diz respeito à diversas variáveis a serem tratadas em ambientes de água doce, salina e salobra. A datar da sua vigência, o documento tem servido como base para inúmeras pesquisas científicas, as quais promovem, por diversas vezes, um comparativo entre os resultados alcançados em um determinado ambiente aquático e os limites estipulados para o seu respectivo enquadramento.

Para que as políticas, tanto nacional quanto estadual de recursos hídricos, sejam devidamente implantadas, Mendonça e Santos (2006) ressaltam a necessidade de aprimoramento das estratégias e dos instrumentos de gestão, viabilizando assim a efetividade das políticas voltadas para o setor em questão.

Conforme defendido por Tucci (2008), o planejamento integrado da água no meio urbano deve envolver os instrumentos de desenvolvimento urbano, em que os serviços básicos à população, tais como abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo das águas pluviais sejam colocados a par, e relacionados com a escassez de água e a sua respectiva causa: a ocupação do solo urbano.

Ainda segundo Tucci (2004), a implementação do planejamento integrado esbarra na dificuldade de os municípios deterem uma limitada capacidade institucional para encarar situações e problemas complexos, além da forma setorial como a gestão destes municípios é organizada.

Assim sendo, o surgimento dos princípios do Gerenciamento Integrado de Águas Urbanas se deu pela necessidade de uma abordagem integrada, tendo como foco a cidade e seu respectivo aglomerado. A referida abordagem favorece a constituição de uma estrutura eficaz, no tangente à esfera decisória, com a finalidade de desenvolver ações de acesso à água, em qualidade e quantidade, para os habitantes, e principalmente ações voltadas à mitigação e gestão do risco de escassez hídrica (MITCHELL, 2006).

Em meio a uma gama de sistemas que consideram a bacia hidrográfica como unidade de atuação, a Gestão Integrada das Águas Urbanas é adotada como um modelo de planejamento estratégico, que tem como objetivo permitir a integração entre os serviços de saneamento básico, como a água e o esgotamento sanitário, com a drenagem e o manejo das águas pluviais; do controle da poluição; de outros eventos relacionados à água como as secas, inundações e movimentos de massa; além da prevenção à degradação dos recursos naturais (BAHRI, 2012).

Nos dias de hoje, o conceito de gestão integrada que está sendo mais utilizado, e que será adotado neste trabalho, é estabelecido pelo *Global Water Partnership* e citado por Rahaman e Varis (2005, p. 15):

Processo que promove o desenvolvimento coordenado e gerenciamento da água, do solo e recursos relacionados, a fim de maximizar os resultados econômicos e bem-estar social de forma equitativa sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais.

Segundo Viessman Jr. (2011), o emprego do conceito de Gestão Integrada das Águas Urbanas deve abarcar a gestão dos recursos hídricos e a gestão de uso e ocupação do solo, da concepção de vínculos entre o abastecimento e a qualidade da água, composição de protocolos para a gestão integrada, definição de políticas públicas e a proteção e conservação dos sistemas naturais, além da educação e tecnologia aliada uma participação social efetiva.

Nesta mesma linha, Agudo (2006, p. 88) faz uma inferência quanto à gestão integrada dos recursos hídricos com a questão do ordenamento territorial:

Gestão das águas e ordenamento territorial e urbanístico são inseparáveis. Dificilmente poderá desenhar-se um modelo de gestão sustentável de recursos hídricos sem integrá-lo a um modelo de ordenamento territorial coerente com os modelos de sustentabilidade.

Não obstante aos usos múltiplos dos recursos hídricos – abastecimento público, industrial, agricultura, entre outros – a gestão integrada de bacias hidrográficas urbanizadas engloba a imposição de conexão com os setores não usuários dos recursos hídricos, como o planejamento urbano e de transporte, por exemplo. A constatação destas dimensões de associação institucional perpassa pelo fato de existir uma ligação estrutural que acontece entre os instrumentos de planejamento, neste caso o metropolitano, e o sistema de gestão de recursos hídricos (SILVA; PORTO, 2003).

A esfera da gestão dos recursos hídricos não está apta nem possui legitimidade para incorporar outros setores que, mesmo exercendo uma forte influência sobre os parâmetros quali-quantitativos das águas, não são caracterizados como usuários dos recursos hídricos. Fica claro que, quando há uma lacuna na política urbana metropolitana, é concebível ao órgão gestor da área de proteção do manancial em questão, promover a associação de suas estratégias de ordenamento territorial junto às administrações públicas municipais interessadas. Porém, a dimensão alcançada por medidas desenhadas desta forma fica aquém quando comparadas às medidas realizadas de forma articulada com o sistema de planejamento metropolitano (SILVA; PORTO, 2003).

Nesse sentido, quando se trata da gestão de recursos hídricos, a participação do município junto às agências de bacia tem sido a principal forma de estabelecer um relacionamento com os demais *stakeholders*, sejam públicos ou privados, relacionados com a água. Por outro lado, diversos fatores contribuem para que a atuação destes municípios seja prejudicada, tendo como principal a impossibilidade legal, advinda da Constituição Federal de 1988, da responsabilidade dos municípios sobre os recursos hídricos inseridos em seus territórios, à exceção de determinados

repasse provenientes de convênios de cooperação com os estados ou com a União (CARNEIRO *et al.*, 2010).

A instância metropolitana é a única, e insubstituível visto seu alcance setorial, pelo sistema de gerenciamento de recursos hídricos, que possui legitimidade para constituir um processo de articulação vasto entre as funções públicas que possuem interesses compartilhados na esfera urbano/regional. A indispensável aproximação entre setor de planejamento metropolitano e o sistema de gerenciamento de recursos hídricos perpassa pelo fato da constatação de que a lógica local específica, praticada em bacias hidrográficas urbanizadas, acarreta na ausência de razão no que tange aos investimentos e na gestão dos sistemas setoriais (SILVA; PORTO, 2003).

Segundo Peixoto (2006), há uma forte dificuldade em vincular as temáticas ambiental e urbana. Esta dificuldade está intimamente ligada à história do modo de produção do espaço urbano, bem como os impactos que o mesmo acarreta sobre os recursos naturais e na qualidade das ocupações urbanas. Simultaneamente, no entanto, é possível observar que estas temáticas se direcionam para a sustentabilidade, caracterizada pela necessidade do planejamento e da gestão urbana, que em conjunto podem evitar ou reduzir as variáveis nocivas da urbanização.

Adotando a citação anteriormente exposta como conceito de gestão urbana, o que podemos observar no país é que falta conectividade entre os instrumentos de planejamento de uso e ocupação do solo e de recursos hídricos, o que acarreta em falta de validade e coerência em relação ao planejamento e da legislação urbanística nos municípios brasileiros, evidenciando o grau de informalidade e até mesmo a ilegitimidade na ocupação do solo (CARNEIRO *et al.*, 2010).

Caso não haja um critério ou uma diretriz clara entre os municípios que integram a região metropolitana sobre quais deverão ser as áreas prioritárias no que tange às ações, dada as estratégias compartilhadas de expansão urbana e ordenamento territorial, não existe possibilidade do sistema de gerenciamento de bacia hidrográfica encadear suas ações com esta visão pontual de orientação de expansão e desenvolvimento urbano (SILVA; PORTO, 2003).

2.2.2 O município e seu papel na gestão dos recursos hídricos

Quando se trata de países federativos, compete aos municípios, em termos gerais, funções associadas ao fomento e prestação de serviços públicos locais, além de atividades relacionadas ao planejamento e fiscalização que, em grande parte, estão ligadas à proteção do meio ambiente e à gestão do uso e ocupação do solo e, não obstante, um certo nível de regulação de algumas atividades de cunho socioeconômico (DOUROJEANNI; JOURAVLEV, 1999). Ao tratar especificamente do caso do Brasil, os municípios que possuem uma capacidade de investimento mais elevada, passaram recentemente a absorver também funções voltadas à prestação de serviços sociais de uma forma mais ampla, o que era anteriormente atribuição das esferas nacional e estadual.

Jouravlev (2003) destaca que a partir da década de 1990, houve uma predisposição no que tange à expansão do papel da administração municipal no trato das questões relacionadas ao meio ambiente, ainda que este papel não esteja voltado a ações que demandam autoridade, como monitoramento ou recolhimento de dados, ou até mesmo às funções que exijam um certo nível de autoridade, tais como as funções substantivas, se encaixam em níveis mais baixos, tanto de importância quanto de autonomia na administração municipal.

Ao tratar especificamente da gestão dos recursos hídricos em nível municipal, e conforme já citado anteriormente, a ação municipal inserida nas agências de bacia tem sido uma das poucas formas de relacionamento município-stakeholders (CARNEIRO et al., 2010). No entanto, segundo Castro, Alvarenga e Magalhães Júnior (2005), mesmo com o fato da esfera administrativa municipal se encontrar mais próxima da realidade social, o município não possui know-how para se responsabilizar, de forma isolada, do papel de gestor, em virtude de seu limite administrativo apresentar somente uma pequena percepção da realidade espacial na qual se insere. Os mesmos autores ainda declaram que este fato se torna ainda mais notório quando se trata da gestão dos recursos hídricos, além de alegarem que, diante de uma escala municipal, há uma obscuridade em relação às inúmeras relações ambientais e sociais existentes, as quais, por sua vez, não são congruentes aos limites político-administrativos.

No entanto, Carneiro (2008) destaca a necessidade de reflexão sobre a possível existência de situações particulares nas quais o município detém um maior poder na gestão dos recursos hídricos. Isto posto, o fato de não haver uma clara exposição quanto a natureza e as funções da administração local que, em geral, estão conectadas com deveres administrativos triviais e de fiscalização territorial além da execução de determinadas demandas locais, e deveras pelos municípios, em sua maioria, possuírem limitadas condições financeiras, visto que estes são fortemente dependentes de desembolsos financeiros das esferas governamentais superiores, torna embaraçoso, ou até mesmo inviável a sua participação de maneira mais palpável na gestão dos recursos hídricos.

Neste sentido, em termos de uma limitação financeira, as agências multilaterais de fomento, com algumas exceções, não explicitaram em suas pautas projetos que articulam a gestão dos recursos hídricos com a gestão territorial e de uso do solo, especialmente quando se trata de áreas urbanas. Fato é que são limitadas as experiências relativas às ações já implementadas no tangente à conservação ou preservação da água e ao uso e ocupação do solo frente aos vetores de crescimento urbano (LOW-BEER; CORNEJO, 2002).

Outro fato não menos importante é de que os municípios, por possuírem um caráter essencialmente setorial, acabam por atuar muito pouco como gestores “imparciais” e muito como usuários dos recursos hídricos. Quando se trata da hierarquia institucional da administração local frente aos atores estratégicos com interesse nos recursos hídricos, qualquer fraqueza pode acarretar numa maior vulnerabilidade e numa eventual conversão da gestão das águas para um caráter essencialmente politizado. Esses aspectos se tornam mais graves quando assentados em áreas metropolitanas, nas quais as administrações locais detêm, muitas vezes, interesses e prioridades divergentes, promovendo assim ambientes pouco harmônicos e com reduzido espaço de apoio mútuo. É necessário considerar, adicionalmente, que a bacia hidrográfica é a principal forma física terrestre no contexto do ciclo hidrológico, sendo responsável pela absorção e acumulação do regime pluviométrico. Tal aspecto figura suma importância no tangente à inter-relação e interdependência entre os diversos setores usuários dos recursos hídricos, consolidando, desta forma, a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão dos recursos hídricos (JOURAVLEV, 2003). Dentro deste contexto, a água, sem dúvida,

pode ser vista como uma incontestável representação dessa interdependência, visto que não há como imaginá-la fracionada, desprezando a situação de outros fatores relacionados ao meio ambiente ou suas próprias relações (CASTRO; ALVARENGA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2005).

Apesar de existirem limitações quanto ao envolvimento da administração municipal na gestão dos recursos hídricos, não há hesitação quando se trata da importância da participação da gestão municipal no que tange ao planejamento sobre o ordenamento territorial e o que a mesma decorre sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos. O município tem a responsabilidade de elaborar, aprovar e fiscalizar as ferramentas inerentes ao ordenamento territorial, a exemplo dos planos diretores, lei de uso e ocupação do solo, o zoneamento, a delimitação de zonas urbanas, industriais e de preservação ambiental, o planejamento viário, bem como qualquer atividade que acarreta em algum impacto sobre os recursos hídricos, especialmente quando se trata de bacias hidrográficas urbanizadas. Um item de suma importância dentro da esfera que compete à administração municipal se refere ao fato de que o planejamento relativo ao uso e ocupação do solo está sob sua alçada, sendo que esta competência foi reforçada pela Estatuto da Cidade. Assim sendo, começa a se construir a possibilidade de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, a qual deve galgar, de forma articulada, pelos objetivos, metas e diretrizes estipulados tanto nos planos de recursos hídricos quanto nos planos de ordenamento territorial (CARNEIRO, 2008).

Por outro lado, o país nos mostra uma realidade bem diferente, com uma desarticulação entre instrumentos de planejamento e gestão de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo. Tal fator pode estar relacionado com a falta de credibilidade do planejamento imposto à legislação urbanística nos municípios brasileiros, onde se ressalta o alto grau de informalidade, bem como a ilegitimidade que por muitas vezes se observa no que tange à ocupação do solo (CARNEIRO, 2008). Tucci (2004) ressalta que para colocar em prática o planejamento integrado, a maior dificuldade encontrada está abarcada na reduzida capacidade institucional da administração local para encarar os diferentes desafios, de ordem técnica e interdisciplinar, além da forma com que a gestão do município está sistematizada.

Não obstante, cabe destacar que existem diferenças entre os perfis municipais. À medida que nos grandes centros urbanos pode-se observar uma maior eficiência

por parte das administrações públicas, grande parte em virtude do acesso à informação de qualidade, além de contar com uma legislação moderadamente atualizada, ao passo que nos demais municípios, com destaque para aqueles localizados em regiões periféricas dos municípios polo, pode-se observar uma legislação obsoleta que se intensifica pela carência de informações atualizadas e fundamentadas sobre os processos de ordenamento urbano, além do município dispor de um corpo técnico aquém das necessidades exigidas para o setor (IBGE, 2002).

Esta realidade desigual entre os perfis municipais é destacada por Carneiro (2008) como um bloqueio para tornar as estruturas de gestão de recursos hídricos mais efetivas e também para o auxílio mútuo entre os municípios que compartilham dos mesmos interesses. No entanto, a resolução de problemas que dizem respeito à deterioração dos recursos hídricos em áreas urbanizadas não poderá ser resolvida, única e exclusivamente, por meio da adoção de novas tecnologias, por mais eficientes que as mesmas se apresentem. A utilização objetiva de técnicas convencionais dentro da esfera da engenharia sanitária e ambiental, combinada com as diversas iniciativas existentes no âmbito do planejamento e gestão territorial e de recursos hídricos, representaria um grande avanço no tangente à preservação e conservação de mananciais de abastecimento.

Segundo Maricato (2001), quando é analisada a situação das regiões metropolitanas do país, no tangente aos loteamentos ilegais, a autora ressalta que são nestas áreas em que as condições de saneamento são desfavoráveis na maioria dos casos, tendo como motivos a inexistência de redes de esgotamento sanitário, ou quando as mesmas existem, possuem uma eficiência reduzida quando comparadas às áreas formais da cidade. O crescimento destas áreas com infraestrutura desfavorável, localizadas muitas vezes na beira de córregos, várzeas inundáveis e áreas de proteção de mananciais acarreta na deterioração dos recursos hídricos, implicando desta forma na piora da qualidade ambiental da região como um todo.

Desta forma, o confronto da problemática inerente à conservação dos recursos hídricos nas áreas que englobam as regiões metropolitanas perpassa pela integração da população na cidade normatizada, ou seja, aquela capaz de cumprir todas as normas urbanísticas, e também por assegurar a esta população o acesso a uma infraestrutura de qualidade. Tais questões são fundamentais quando se questiona a dificuldade na gestão dos serviços de infraestrutura de saneamento no país. Outro

ponto importante destacado pela autora figura em que o montante de intervenções falhas mostra que a disponibilização de infraestrutura de qualidade nestas áreas é uma tarefa difícil, exigindo uma ação integrada por parte do poder público e que, sem a qual, a perspectiva de sucesso se torna praticamente inviável (CARNEIRO, 2008).

Em termos de instrumentos de gestão, o estado do Paraná, por meio da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA), dispõe do documento intitulado “Recomendações para Elaboração do Plano Municipal para a Gestão dos Recursos Hídricos” (PARANÁ, 2008), o qual determina para o âmbito municipal, quando na elaboração dos planos municipais de gestão de recursos hídricos, que sejam considerados:

A caracterização do território do município do ponto de vista social, econômico e ambiental, adotando a bacia hidrográfica e sub-bacias como unidades de planejamento;
O estabelecimento de políticas e diretrizes orientadas à proteção das águas em sua jurisdição;
A indicação de alternativas de aproveitamento e controle de recursos hídricos, a serem considerados no(s) plano(s) de bacia hidrográfica correspondente(s).

Não obstante, o referido documento ainda ressalta que na elaboração do Plano Municipal de Recursos Hídricos a bacia hidrográfica deve ser tomada como unidade territorial de planejamento, bem como deverá ser englobada um *rol* de diretrizes que, de forma tangível, sejam comuns a todos os municípios que compõe a bacia hidrográfica que está sendo estudada, possibilitando desta forma um planejamento integrado, com o intuito de padronizar as ações de cunho ambiental e territorial (PARANÁ, 2008).

Nesse sentido, como forma de auxílio ao aprimoramento e subsídio à implementação dos instrumentos de gestão, a adoção de indicadores ambientais entra em foco.

2.2.3 Indicadores de recursos hídricos

Segundo Magalhães Junior (2007), a partir dos anos 1990 a Organização das Nações Unidas (ONU) iniciou a busca por indicadores com o intuito de avaliar o nível

de sustentabilidade das políticas e ações ambientais. Desde então a entidade busca “incorporar as modernas tendências de avaliação do nível de conformidade dos modelos de desenvolvimento nacionais em relação aos modernos padrões de sustentabilidade” (MAGALHÃES JUNIOR, 2007, p. 180).

Ainda segundo Magalhães Junior (2007), estão em destaque os indicadores relacionados aos índices de serviços de água, esgoto e resíduos sólidos. Na esfera ambiental, os destaques focam nos recursos hídricos renováveis ($m^3/hab./ano$), exploração de água doce ($m^3/hab./ano$ e % dos estoques disponíveis) e taxa média de desmatamento ($\%/ano$).

Nesta mesma linha, a OCDE (2003) destaca que a exploração excessiva e a degradação da qualidade do meio ambiente geram pressões sobre os recursos hídricos. Desta forma é necessário estabelecer uma ligação intrínseca entre o montante hídrico captado e as taxas de recarga, com o intuito de assegurar uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

Desta forma, com o intuito de subsidiar a escolha pelos indicadores que serão trabalhos posteriormente, Magalhães Júnior (2007) cita quais são os indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil, conforme apontado no Quadro 4.

Quadro 4 – Indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil: Recursos Hídricos

DIMENSÃO	INDICADORES
Precipitação	Precipitação média anual (mm)
Demandas relativas ao abastecimento público	Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas (% dos estoques hídricos)
	Índice de consumo médio da água fornecida via rede geral ($m^3/hab. servido$)
Proteção de mananciais	Proteção de mananciais (%protegida adequadamente)
Índices integrados de qualidade	Qualidade da água (IQA)

Fonte: adaptado de Magalhães Júnior, 2007.

Com base na problemática da urbanização, as prioridades para a gestão integrada dos recursos hídricos podem ser resumidas na associação entre os sistemas de gestão de recursos hídricos com a gestão inerente ao controle de uso e

ocupação do solo. O retraimento dos processos de deterioração dos mananciais passa, nesse sentido, por uma articulação considerável com o desenvolvimento urbano e com a possibilidade de habitações para a população metropolitana de baixa renda, o que foge naturalmente da esfera, ou da atribuição da gestão dos recursos hídricos como tal (SILVA; PORTO, 2003).

2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Os municípios brasileiros, ao decorrer da marcha de urbanização, foram se desenvolvendo no sentido oposto às margens dos rios, utilizando os corpos hídricos principalmente para suprir a demanda de água da população, para geração de energia, processos de produção em geral, transporte, e como meio de carrear os esgotos gerados (SANCHES, 2007). Segundo Marinato (2008), esta dilatação urbana ocorreu de forma não planejada e sem controle, acarretando desta maneira o uso e ocupação do solo desordenado, ao mesmo tempo que, no tangente aos corpos d'água e o desdém a eles atribuídos, ocorreu pela degradação dos recursos hídricos, refletida nos dias atuais.

Segundo Tucci (2004), atualmente, quando se trata do gerenciamento de recursos hídricos em áreas urbanizadas, subentende-se que haja uma aproximação, e por consequência, uma integração indissociável com os planos de desenvolvimento urbano. O autor ainda destaca que esta abordagem deve considerar o Plano de Desenvolvimento Urbano como uma centralidade frente aos aspectos que tratam da coleta e tratamento de esgotos, drenagem urbana, inundações ribeirinhas, uso e ocupação do solo, e a proteção de mananciais – estes dois últimos temas diretamente ligados a este trabalho –, de forma integrada, tal como disposto na Figura 4.

Figura 4 – Planejamento hídrico urbano: Uma visão integrada



Fonte: adaptado de Tucci, 2004.

O crescimento inerente das cidades, segundo apontado por Gouvêa (2005), foi via de regra desordenado e em plena situação de caos, deixando latente a inocuidade de grande parte dos programas e projetos realizados sem qualquer tipo de integração com outros setores, desenvolvidos partindo de uma ideia errônea de que o planejamento urbano pode ser particionado e setorizado sem comprometer o desenvolvimento do sistema quando visto de maneira global. O autor ainda enfatiza que a cidade deve ser vista, em termos de planejamento, não somente como um sistema específico, mesmo labiríntico como característica intrínseca, mas como uma fatia de um sistema maior, seja ele de escala regional ou nacional, formado por múltiplos subsistemas, tais como o transporte, a habitação, meio ambiente, saneamento básico, entre outros, e que os mesmos podem se interligar e se inter-relacionar, ensejando desta forma um tratamento integrado e multissetorial.

Quando se trata da aproximação entre o planejamento do uso do solo à gestão dos recursos hídricos, Carneiro (2008) cita que “o planejamento integrado das

políticas públicas não deve ignorar a necessidade da delimitação do perímetro efetivamente urbano na bacia”. Esta afirmativa assenta-se no fato de que somente áreas que possuem uma infraestrutura consolidada devem ser objeto de políticas públicas de adensamento populacional e expansão urbana nos planos diretores municipais.

Assim sendo, quando os desafios inerentes aos mais diversos setores, tais como o saneamento básico, o transporte, meio ambiente, são combinados com um processo de uso e ocupação urbano abundante, os mesmos acabam por se desenrolar em problemas de ordem urbana que clamam por tratamento específico dentro da gestão dos recursos hídricos (CARNEIRO, 2008).

Não obstante a um estudo e uma clara compreensão de quais são as necessidades e diretrizes básicas para que haja uma gestão integrada do uso e ocupação do solo, é de extrema relevância que este “instrumento regulador” de tais diretrizes possua a chamada “força de Lei”, visto que há uma certa predisposição por parte dos municípios para o não cumprimento de normas e regras, gerando assim um complicador para o alcance dos objetivos previamente traçados. Em acréscimo, destacam também a necessidade de se estabelecer padrões e regras congruentes, além de orientações de cunho técnico para subsidiar a aplicação das mesmas, adicionalmente a um planejamento que alie liderança e cooperação (HANNA; WEBBER; SLOCOMBE, 2007).

Um destes instrumentos reguladores se trata do zoneamento urbano. Pereira (2000) cita que a Alemanha foi precursora na utilização do zoneamento como ferramenta para organização do espaço urbano, utilizando pela primeira vez no final do século passado. Na época, os gestores municipais tinham em mente que, ao adotar parâmetros urbanísticos tais como o controle sobre o uso e ocupação e densidade populacional, haveria um maior controle sobre a questão da especulação imobiliária e, por consequência, a ocupação em área mais suscetíveis seria menor.

Segundo Wilhelm (1976, p. 47), a legislação que trata do uso do solo é denominada como um dispositivo disciplinador. O autor ainda ressalta que:

Dentro de uma óptica controladora a ênfase será posta na perfeição, residirá na eficiência de sua execução e de se evitar a burla. Dentro de uma óptica democrática, a ênfase residirá na adaptabilidade a novas situações, às formas de sua correção gradual.

Segundo Carneiro (2008), a lei de uso e ocupação do solo, ou Lei de Zoneamento, quando trata do território municipal, estipula o grau de rigidez das diferentes zonas, além de determinar, para as referidas zonas, os usos adequados e as regras para uso e ocupação do solo. Nesta mesma linha aparece outra forma de definição de usos, intitulada Área de Especial Interesse, e que, diferentemente das zonas delimitadas no zoneamento trivial, dão consentimento à normatização *ad-hoc* sobre áreas específicas de um determinado espaço territorial, ou seja, ao passo que o zoneamento possui diretrizes gerais para as zonas delimitadas, as áreas especiais determinam diretrizes mais aprofundadas e específicas sobre um determinado território.

Ao tratarmos especificamente do Brasil, Feldman (2001, p. 44) aponta que:

A partir dos anos 30, esboça-se na legislação de uso e ocupação do solo uma ruptura com a concepção centrada na edificação e fortemente marcada pela visão higienista que se inicia com os Códigos de Posturas do final do século XIX. Essa ruptura se dá, fundamentalmente, com a introdução de elementos reguladores de abrangência urbanística e de uma visão de urbanismo que se justifica explicitamente em termos econômicos. Parte dessa mudança se verifica com a introdução do zoneamento abrangente no conjunto da cidade.

Segundo Pereira (2000), as décadas de 1970 e 1980 foram surpreendentes no tangente ao emprego de instrumentos, tanto teórico quanto práticos, de planejamento urbano municipal e regional, ou urbanismo, com uma veemência sem precedentes. O autor evidencia que houve a criação dos órgãos com o intuito de gerenciar e custear as despesas do planejamento urbano municipal, em especial sobre aqueles que constituíam regiões metropolitanas.

Em termos gerais, segundo Wilhelm (1976, p. 175), o objetivo do urbanismo é:

Analisar criticamente a realidade do espaço da vida urbana, oferecer uma visão desejável e possível, propor e instrumentar uma estratégia de mudança. Esta estratégia deveria ser acompanhada pelos instrumentos necessários para induzir e conduzir a alteração da realidade proposta. [...] Inegavelmente, boa parte do que ocorre nas cidades é disciplinado por esses instrumentos normativos; é esta uma das formas de conduzir alterações quando já existe uma prévia motivação. A legislação urbana corriqueira, como a lei de uso do solo, a lei de loteamentos e o código de edificações, tem o escopo de restringir, limitar, normalizar a dinâmica urbana, conduzindo a elaboração coletiva do produto desta dinâmica.

Instituídos as devidas diretrizes e parâmetros de uso e ocupação do solo pelo zoneamento, e guardadas as particularidades relativas aos critérios sobre as áreas especiais, há que se ressaltar que estes parâmetros podem ser diferenciados para cada tipologia de uso permitida, ou seja, podem existir, para uma mesma zona, parâmetros diferentes para usos comerciais e residenciais, por exemplo. Um destes parâmetros, que é de extrema importância frente ao crescimento urbano, se trata da taxa de impermeabilização, na qual está intrínseca a atenção frente à gestão dos recursos hídricos (CARNEIRO, 2008).

No entanto, para que os estados e municípios tenham uma base sólida para legislar sobre os territórios que lhes competem, há um aparato legal bastante consolidado, e que partiu, basicamente, da Constituição Federal de 1988. Este aparato legal está explicitado adiante.

2.3.1 Base legal

A Constituição Federal de 1988 prevê a política de desenvolvimento urbano em seus arts. 182 e 183, conforme já destacado na problemática do presente trabalho, e que a mesma deve ser desenvolvida pelo ente municipal por meio de critérios e diretrizes consolidadas num instrumento legal.

Segundo consta no art. 30 da Constituição Federal, é atribuição dos municípios estipular leis que tratam sobre assuntos locais, além de propiciar o correto ordenamento territorial. Desta forma, conforme cita Carneiro (2008), a consolidação do zoneamento, a gestão sobre o parcelamento, bem como a consolidação dos parâmetros das zonas, entre outros critérios, é de responsabilidade do município. O autor ainda destaca que toda a gama legal existente que se refere ao meio ambiente construído possui reflexos diretos sobre o meio ambiente natural, ou seja, quando na defesa do arranjo urbanístico, que está sob responsabilidade do município, a proteção ambiental está intrínseca, e ambas estão diretamente relacionadas com o bem estar, em termos de qualidade de vida, dos cidadãos inseridos no meio em questão.

Outro instrumento legal, não menos importante, é a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a qual trata sobre o parcelamento do solo urbano, foi traduzida como um instrumento inovador, visto a atenção dispensada sobre o ordenamento

territorial urbano, estabelecendo critérios e parâmetros mínimos para as áreas públicas (BARREIROS; ABIKO, 1998). Os autores ainda destacam a relevância de dois itens da referida lei: o primeiro deles trata da abrangência a nível nacional; e o segundo por estabelecer critérios que posteriormente vieram a regular e parametrizar as legislações nos níveis estadual e municipal. Não obstante, a referida lei se sustenta até os dias atuais como o grande modelo urbanístico do país, visto que, após a expansão urbana ocorrida após 1980, determinou uma gama de alterações na esfera legal estadual e municipal.

Em termos municipais, quando tratamos do assunto que envolve a problemática água e uso do solo, nota-se que há um crescente no envolvimento de atores estratégicos como a sociedade civil e autoridades competentes no que tange à proteção, preservação e recuperação dos recursos hídricos. Nesta linha se insere o Estatuto da Cidade, instituído pela Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001, a qual apresenta em suas diretrizes a garantia de moradia digna e o direito a um meio ambiente equilibrado nas cidades.

A política urbana do Estatuto da Cidade tem como objetivo garantir o desenvolvimento íntegro do papel social da cidade, e pode ser decomposto em quatro grupos distintos: promover a soberania popular na gestão municipal; dispor instrumentos de regulação fundiária; mitigar a pressão imobiliária; e garantir o equilíbrio nos núcleos urbanos no que tange às esferas social, econômica e ambiental (BASSUL, 2002).

Não obstante, o Estatuto da Cidade atesta, dentre outras diretrizes gerais, a necessidade de incluir as questões ambientais ao estipular os critérios de cunho ambiental para a política urbana, conforme determinado no art. 2º da referida lei.

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

VIII – adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;

Em consonância com o Estatuto da Cidade, e alinhado com a problemática do presente trabalho, está o Estatuto da Metrópole, instituído pela Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, e que, segundo seu art. 1º.

Estabelece diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas e em aglomerações urbanas instituídas pelos Estados, normas gerais sobre o plano de desenvolvimento urbano integrado e outros instrumentos de governança interfederativa, e critérios para o apoio da União a ações que envolvam governança interfederativa no campo do desenvolvimento urbano.

Segundo Martins de Sá (2017), o Estatuto da Metrópole permeia o cuidado com o desenvolvimento regional, no sentido do rastreio ao interesse mútuo, tanto em aglomerações urbanas quanto em regiões metropolitanas. Este instrumento surgiu da necessidade de uma complementação legal, munindo assim o país com uma regulamentação que, por meio de ações práticas e incessantes, promovam a articulação e a ordenação das ações tomadas pelas administrações que possuem interesses em comum e que, por necessidade, devam ser compartilhadas.

Frente a tais justificativas é que se teceu o Estatuto da Metrópole que, segundo Brasil (2004, p. 18), tem vistas a:

Viabilizar os meios de produção da Política Nacional de Planejamento Regional Urbano, mediante a criação do Sistema Nacional de Planejamento e Informações Regionais Urbanas. Ele tem por finalidade agilizar a execução de ações regionais urbanas, previstas na Constituição Federal, sem a necessidade de regulamentações complementares, porém carentes de uma proposta de articulação funcional e operacional no âmbito da União.

Não obstante, “algumas das mais importantes funções públicas de interesse comum (FPICs) que se fazem presentes e estruturam o espaço metropolitano: uso do solo, saneamento básico e transporte público/mobilidade urbana” (Costa e Marguti, 2014, p. 2).

Complementarmente, ainda em termos de interesses comuns, Martins de Sá (2017) cita que a União, os estados e os municípios, quando circundam sob a mesma unidade territorial, seja ela região metropolitana ou aglomeração urbana, têm a incumbência de partilhar responsabilidades no tangente ao arranjo e planificação das funções públicas de interesse comum.

Dentro deste contexto de arranjo, desenvolvimento e planejamento territorial, é imprescindível a adoção do interesse comum em detrimento do unitário. O interesse comum aqui adotado se refere ao conjunto de municípios inseridos numa mesma unidade territorial, os quais devem possuir preferência sob os interesses de um único ente federativo. Esta ideia de preferência do interesse comum sob o unitário parte do modelo administrativo, no qual predomina o interesse público sobre o privado, adaptado para esfera pública, ou para qualquer atividade nela contida, e cujo efeito, quando proveniente de apenas um município, seja inviável ou alérgico para qualquer outro município adjacente. Assim sendo, o desenvolvimento integrado deverá contemplar: orientações para as funções públicas de interesse comum, incluindo a determinação de quais são as ações prioritárias em relação aos investimentos, bem como o planejamento territorial, tido como o macrozoneamento, da unidade territorial na qual os municípios se inserem. Além destas, cabe determinar também a orientação no tangente à articulação dos entes municipais em relação ao uso e ocupação do solo; orientações em relação às políticas públicas afetas ao território em tela; além da determinação das áreas destinadas à proteção e preservação ambiental e que, por consequência, configuram-se como áreas de restrição à ocupação urbana (MARTINS DE SÁ *et al.*, 2017).

2.3.2 O município e seu papel na gestão urbana

Ao adentrar no nível municipal, mais especificamente no município de Piraquara, onde se localizada a área de estudo da presente pesquisa, é necessário destacar alguns instrumentos legais que são pertinentes, e que darão mais sustentação para aplicação da metodologia e suporte na elaboração dos resultados e conclusão.

Nesta linha, entre os instrumentos que são de responsabilidade da gestão municipal, um dos mais importantes é o Plano Diretor Municipal. Tal como estabelecido no art. 182 da Constituição Federal:

§ 1º O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

§ 2º A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor.

Em termos de uso e ocupação do solo o Plano Diretor Municipal de Piraquara, instituído pela Lei nº 854/2006, tem como uma de suas finalidades desenvolver as base legal de uso e ocupação do solo, tanto urbano quanto rural, com o objetivo de organizar as funções sociais do município, de forma a garantir a qualidade de vida da população, considerando os pilares social, econômico e ambiental (PIRAQUARA, 2006).

Quando se trata de meio ambiente e recursos hídricos o Plano Diretor Municipal de Piraquara tem como princípios a preservação e recuperação do ambiente, seja ele natural ou construído, além de ressaltar a gestão ambiental, citando que a mesma possui como premissa a conservação dos recursos naturais, dando atenção especial aos recursos hídricos e sua proteção (PIRAQUARA, 2006).

Assim sendo, a obrigação de frear a continuação das ocupações irregulares sobre as áreas de proteção ambiental acarretou no ressurgimento de discussões em torno dos instrumentos legais no tangente à preservação de mananciais, alterando assim o padrão já estipulado, e engessado, de controle adequado do uso e ocupação do solo. Este movimento culminou na aprovação da Lei Estadual nº 12.248/98, intitulada “Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC”, e que carrega consigo diversos instrumentos de gestão, dentre eles o Conselho Gestor dos Mananciais (CGM), o qual se configura como um campo de decisões partilhadas entre diversas instituições, e que tem como dever a análise e aprovação das propostas de ações sobre a área de mananciais (PRESTES, 2010).

Complementarmente ao exposto anteriormente, a Lei Estadual nº 12.248/98, a qual cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC, tem os seguintes objetivos, citados em seu art. 1º:

- I - assegurar as condições essenciais à recuperação e preservação dos mananciais para o abastecimento público;
- II - integrar as ações dos vários órgãos e esferas do poder público estadual, municipal e iniciativas de agentes privados;
- III - compatibilizar ações de proteção ao meio ambiente e de preservação de mananciais de abastecimento público com política de uso e ocupação do solo e com o desenvolvimento socioeconômico, sem prejuízo dos demais usos múltiplos;

IV - empreender as ações de planejamento e gestão das bacias hidrográficas de mananciais segundo preceitos de descentralização e participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades;

V - propiciar a instalação de instrumentos de gestão de recursos hídricos, preconizados pela Lei Federal nº 9.433/97, no âmbito dos mananciais da Região Metropolitana de Curitiba (PARANÁ, 1998).

A referida lei ainda cita, em seu art. 2º - parágrafo II, que integram o Sistema sobre o qual trata o art. 1º,

II - Unidades Territoriais de Planejamento - UTPs, compostas pelas sub-bacias contribuintes dos mananciais de interesse da RMC, para facilitar o planejamento, aglutinando municípios com especificidades a serem trabalhadas conjuntamente (PARANÁ, 1998).

Complementarmente, o art. 8º cita que:

Nas Unidades Territoriais de Planejamento serão criadas áreas de intervenção, com o objetivo de assegurar as condições ambientais adequadas à preservação dos mananciais, mediante a preservação e recuperação do ambiente natural e antrópico e do efetivo controle de processos de degradação e de poluição ambiental (PARANÁ, 1998).

Na linha do que foi anteriormente exposto, e no sentido pleno de conservação e proteção dos mananciais hídricos da região metropolitana de Curitiba, há ainda outro instrumento de suma importância, criado especificamente para a bacia hidrográfica do rio Piraquara, objeto da pesquisa em tela. Trata-se do decreto de criação da Área de Proteção Ambiental na área de manancial da bacia hidrográfica do rio Piraquara, intitulada APA Estadual do Piraquara, a qual tem como objetivo a proteção e conservação do ambiente natural ali presente, com foco na qualidade e quantidade de água destinada ao abastecimento público da região (PARANÁ, 1996). O referido decreto ainda cita, no seu art. 6º, as proibições e restrições na área em questão.

Art. 6º - Na APA Estadual do Piraquara ficam proibidas ou restringidas:

I - A implantação de atividades industriais potencialmente poluidoras, capazes de afetar ou colocar em risco os mananciais de água;

II - O exercício de atividades capazes de provocar erosão das terras ou assoreamento de coleções hídricas;

III - A realização de obras de terraplanagem e a abertura de canais, quando essas iniciativas importarem em sensível alteração das condições ecológicas locais;

IV - O desenvolvimento de atividades minerárias capazes de afetar ou colocar em risco a qualidade da água do manancial;

V - O uso de agrotóxicos e outros biocidas em desacordo com as normas ou recomendações instituídas no Plano de Manejo (PARANÁ, 1996).

Diante de todo o aparato legal anteriormente exposto, pode-se afirmar que os municípios possuem uma gama de instrumentos que podem ser aplicados de forma integrada, favorecendo assim a gestão dos recursos hídricos. Porém, conforme destaca Carneiro (2008), tais instrumentos são, por hora, reféns da incapacidade técnica e administrativa local no que tange à utilização e aplicação de todo este aparato legal. O autor ainda cita que, por outro lado, há um risco iminente no que tange à flexibilização das diretrizes de uso e ocupação do solo, aumentando a independência local e gerando situações mais críticas de ingerências, consentindo à administração local aspectos que devem ser gerenciados pela esfera federal, bem como de não considerar determinados aspectos das áreas urbanas no arcabouço jurídico ambiental. Martins de Sá *et al.* (2017) afirma que permanece a necessidade de observar e estimular a coletividade gestora, ou seja, que os municípios de uma mesma região, realizem ações pensadas em torno do bem comum. Tal aparato legal se faz necessário para, além das especificidades relativas ao uso e ocupação do solo anteriormente descritos, identificar, minimizar ou até mesmo mitigar as fragilidades de uso e ocupação do solo na bacia em questão.

2.3.3 Fragilidades de uso e ocupação do solo

Segundo Oliveira, Rodrigues e Rodrigues (2008), a identificação das fragilidades em bacias hidrográficas se configura como uma importante função do planejamento territorial, pois permite uma orientação mais adequada ao tipo de uso do solo, tendo como objetivo a redução dos impactos provenientes da ocupação desordenada.

Em termos territoriais, a degradação e a falta de planejamento, ou até mesmo quando o planejamento é realizado de forma inadequada, podem provocar desde efeitos nocivos ao meio ambiente, como o comprometimento dos recursos hídricos,

até gerar riscos graves à população local, seja no sentido de segurança ou de conforto ambiental (PELLIZZARO *et al.*, 2008).

Assim sendo, a identificação das fragilidades nos ambientes naturais, sejam elas potenciais ou aparentes, possibilita aos gestores urbanos uma elucidação das diretrizes e ações que devem ser tomadas num determinado espaço físico, configurando um planejamento mais adequado à gestão do território (SPRÖL; ROSS, 2004). Conforme citado por Santos (1997), “o termo fragilidade do meio pode aparecer como ambiente de risco ou risco ambiental, o qual define-se como perigo ou possibilidade de perigo ou perda”.

Um destes riscos ambientais é a erosão que, segundo Fendrich *et al.* (1997), é “um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, subsolo e rocha em decomposição, pelas águas, ventos ou geleiras”. O autor ainda afirma que a erosão é causada principalmente pela perda da cobertura vegetal, face às atividades antrópicas como a implantação de pastagens, retirada de madeira, cultivos diversos de modo inadequado, e a execução de projetos imobiliários sem os devidos cuidados em relação às normas de conservação do solo.

A cobertura vegetal possui, em grau superior a qualquer outro componente físico, influência direta sobre as taxas de escoamento superficial e erosão, ou seja, quanto maior for o índice de cobertura vegetal, menor será a erosão. Esta por sua vez pode ser refletida, em virtude do mau uso do solo, de forma imediata ou até mesmo depois de um longo período de condições severas, as quais estão aliadas à questões inerentes à área estudada, tais como a geomorfologia, clima, geomorfologia e o regime hidrológico. As condições severas de uso do solo, aliadas às declividades, são intituladas pendentes, e são tomadas como fatores causadores da erosão. Outro fator de importância significativa nos processos erosivos é o tipo de solo, sendo os solos arenosos, pouco coesivos e porosos os mais suscetíveis à erosão (FENDRICH *et al.*, 1997).

São diversas as tipologias de erosão, como a erosão por embate, a laminar, em córregos, ou em sulcos. No caso da bacia hidrográfica do rio Piraquara, a erosão laminar, que segundo Fendrich *et al.* (1997), “caracteriza-se pelo desgaste laminar causado pelas enxurradas que deslizam como um lençol desgastando a superfície do solo, suave e uniformemente em toda a sua extensão”, já pode ser observada em determinados locais, visto às características favoráveis da bacia para que tal fato

ocorra, como o uso e ocupação do solo inadequado e as taxas de declividade acentuadas, conforme detalhado no item de “Caracterização da Área de Estudo”, adiante apresentado. No entanto ainda não existem dados ou estudos específicos sobre o tema, tornando a bacia do rio Piraquara ainda mais fragilizada.

Estas fragilidades são de suma importância quando na realização de planejamento para determinada área, especialmente àquelas de mananciais de abastecimento. No entanto, pela inexistência de dados específicos sobre este tema na bacia hidrográfica do rio Piraquara, esta questão não será abordada nesta pesquisa, deixando assim uma lacuna para possíveis estudos futuros. Da mesma forma que foi abordado no capítulo que trata sobre a gestão dos recursos hídricos, a adoção de indicadores com o intuito de suprir uma parcela das deficiências e dificuldades na gestão do uso e ocupação do solo entra em foco..

2.3.4 Indicadores de uso e ocupação do solo

Assim como os corpos hídricos possuem a função de integração entre os diversos ambientes da paisagem terrestre, eles também são receptores dos poluentes da atmosfera e, principalmente, daqueles provenientes das tipologias de uso do solo. Quando se trata de qualidade da água, esta por sua vez decorre de inúmeras condições, tais como as climáticas, hidrológicas e as biológicas, porém todas elas têm o tipo de uso e manejo do solo como motor para o nível de qualidade da água em bacias hidrográficas (HUNSAKER; JACKSON; SIMCOCK, 1998).

Maricato (2000) cita que em paralelo ao avanço proveitoso relativo a fatores como a esperança de vida ao nascer, e principalmente à redução dos índices de crescimento demográfico, o desenvolvimento urbano no Brasil retrata ainda diversos e antigos danos, principalmente no tangente aos indicadores de predação urbana, poluição do ar e ambiental e, de forma mais incisiva, nos indicadores relativos aos recursos hídricos e uso e ocupação do solo.

Da mesma forma que os indicadores de recursos hídricos, Magalhães Júnior (2007) destaca quais são os indicadores ambientais mais valorizados, e potencialmente úteis à gestão das águas no Brasil, em termos de uso e ocupação do solo. O autor ainda cita que tais indicadores foram escolhidos dentre uma gama de 18

indicadores, e divididos em quatro classes de importância, os quais refletem os temas principais da gestão da água no país. Dentre estas classes, uma delas diz respeito à “Gestão Integrada de Solos/água/vegetação, e estão dispostos conforme apontado no Quadro 5.

Quadro 5 – Indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil: Uso e ocupação do solo

DIMENSÃO	INDICADORES
Pressões sobre os estoques hídricos: Urbanização e concentração populacional	Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural (hab./km ²)
	Urbanização e infraestrutura sanitária (%)
	Índice de impermeabilidade do solo (% de área impermeabilizada)
Cobertura Vegetal	Índice de cobertura vegetal natural existente por bioma (%)
	Índice de cobertura vegetal plantada existente por bioma (%)

Fonte: adaptado de Magalhães Júnior, 2007.

Os indicadores de uso e ocupação do solo, bem como os indicadores de recursos hídricos destacados anteriormente serão base para a composição da metodologia de pesquisa, descrita na sequência.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada a metodologia que foi adotada para o desenvolvimento da presente pesquisa, com base na sequência descrita na Figura 1. Esta pesquisa é classificada como um estudo de caso, o qual caracteriza-se como um estudo rico, com a utilização de um ou mais objetos, possibilitando um conhecimento amplo e detalhado de determinado local (GIL, 2008).

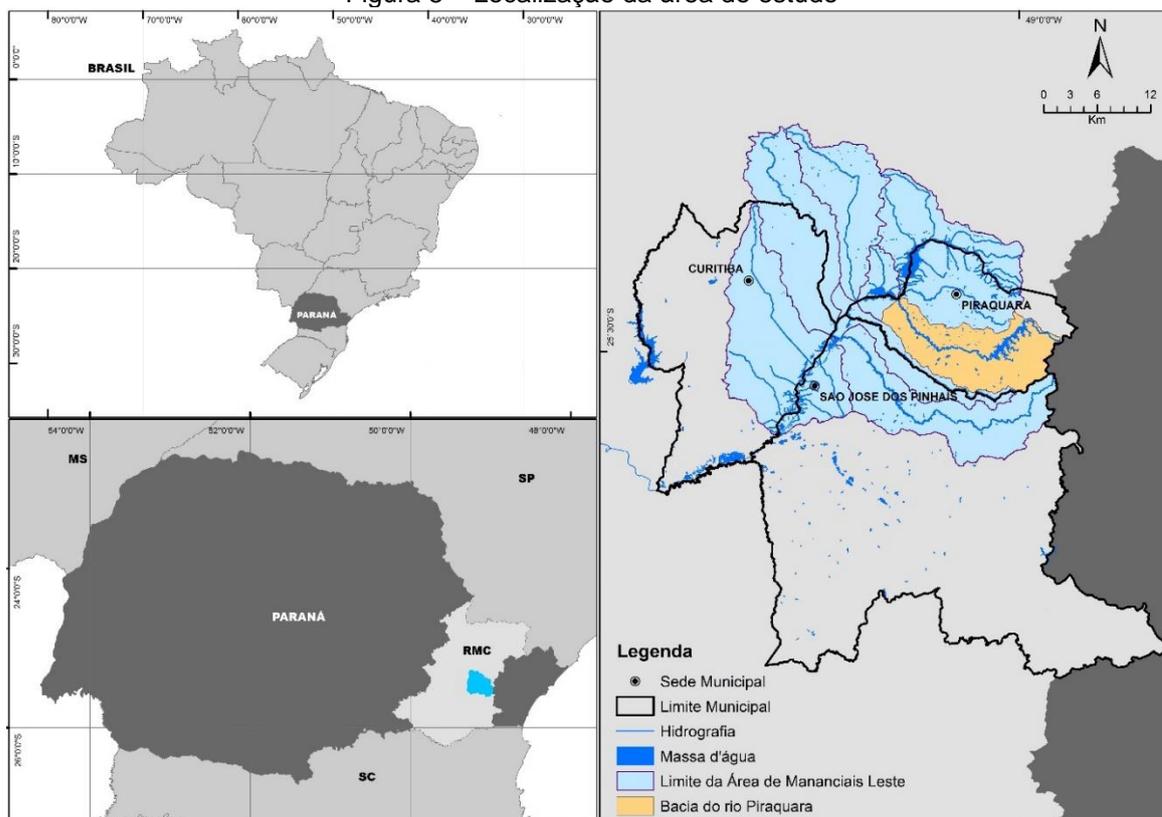
O item a seguir, denominado “Caracterização da área de estudo”, descreve algumas características da área de estudo, a bacia do rio Piraquara. Na sequência estão apresentados e detalhados os métodos da pesquisa, com o objetivo de responder à questão-problema bem como os objetivos geral e específicos da pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta etapa consiste na caracterização da área de estudo, mais especificamente a bacia do rio Piraquara, a qual servirá de base para as inferências da metodologia apresentada na sequência.

A área de estudo, conforme já citado anteriormente na justificativa de elaboração desta pesquisa, está inserida na área de mananciais leste da Região Metropolitana de Curitiba, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Localização da área de estudo



Fonte: AGUASPARANÁ (2018), adaptado pelo autor.

A bacia do rio Pirajuara se localiza no primeiro planalto paranaense e está integralmente inserida no município de Pirajuara, ocupando em torno de 43% do território municipal. Suas nascentes se localizam a oeste da Serra do Mar, já sua foz está localizada no rio Iraí. As cabeceiras da bacia englobam a área de mananciais da Serra, considerada a unidade de conservação mais antiga do estado (MARQUES, 2004).

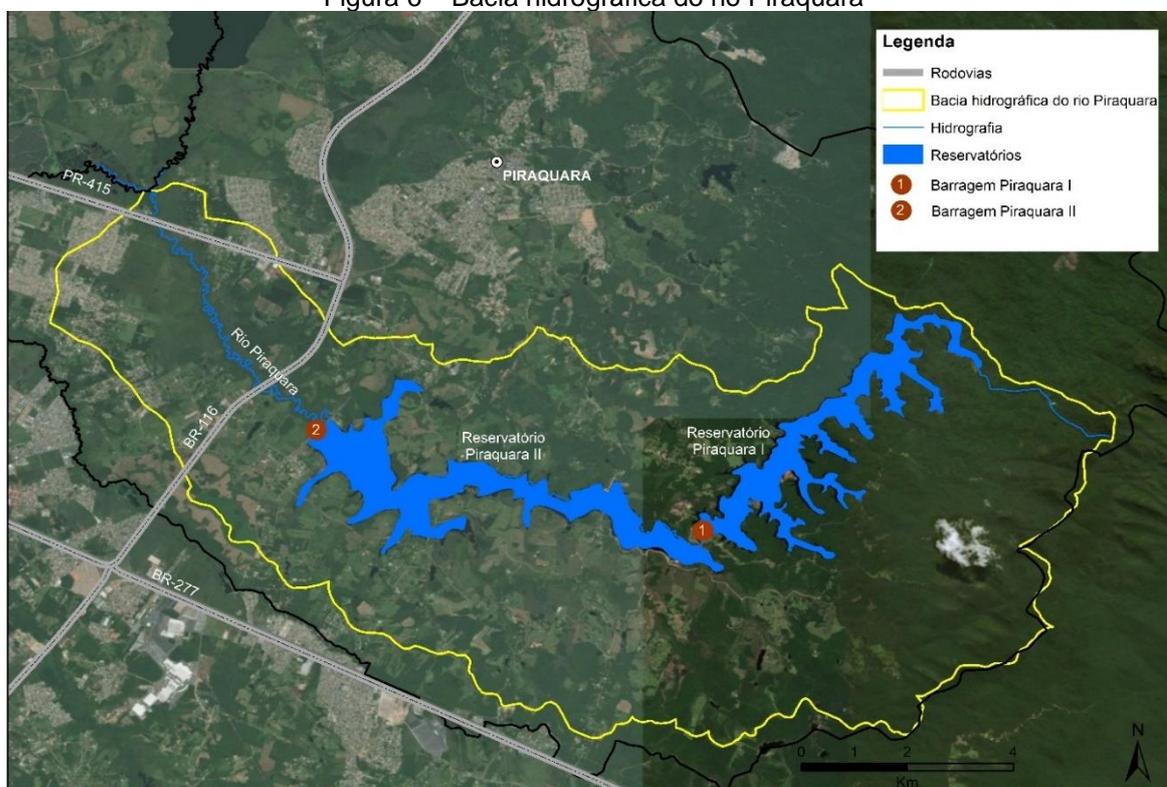
Em termos de regularização de vazão², segundo Tucci (1997), poderá existir um determinado período do ano em que a vazão natural do curso d'água não será suficiente para atender a demanda, necessitando, portanto, realizar a regularização de vazão por meio de um reservatório. Assim sendo, Giacchini (2016) destaca que a regularização de vazão se trata de um estudo hidrológico que proporciona o

² Segundo Barbosa Junior (2016), a regularização de vazões é um processo que tem como intuito o melhor aproveitamento dos recursos hídricos superficiais. Para tal, é necessário realizar o represamento de um corpo d'água, por meio da construção de barragens. São diversas as necessidades que levam a realização da regularização de vazão, tais como o atendimento à demanda para abastecimento público, a irrigação, a geração de energia, o controle de cheias, controle de sedimentos, entre outros.

armazenamento o volume excedente de água durante o período chuvoso, com o intuito de contrabalançar o déficit do período seco.

Nesse sentido, segundo Piraquara (2016), as águas da bacia do rio Piraquara são regularizadas por meio da barragem Cayuguava ou Piraquara I, com área de 3,3 km², e uma bacia hidrográfica de 27 km², acrescentando deste modo 600 L/s ao sistema. Segundo o IAP (2017), há ainda a barragem de Piraquara II, inaugurada em setembro de 2008 com o intuito de incrementar o volume de água destinado à Região Metropolitana de Curitiba. Seu reservatório é formado pelas águas advindas do reservatório Piraquara I, tendo seu local de captação à jusante do reservatório do Iraí, na Estação de Tratamento de Água Iraí (ETA). Em termos quantitativos, o reservatório em questão possui um volume de 20,8.10⁶ m³, além de possui uma área de drenagem de aproximadamente 58 km². De acordo com Piraquara (2016), os dois reservatórios possuem juntos uma vazão de 1.200 L/s, o que representa cerca de 37,5% dos 3.200 L/s produzidos pelas barragens localizadas na área de mananciais leste da RMC. A Figura 6 detalha a localização da bacia hidrográfica do rio Piraquara.

Figura 6 – Bacia hidrográfica do rio Piraquara

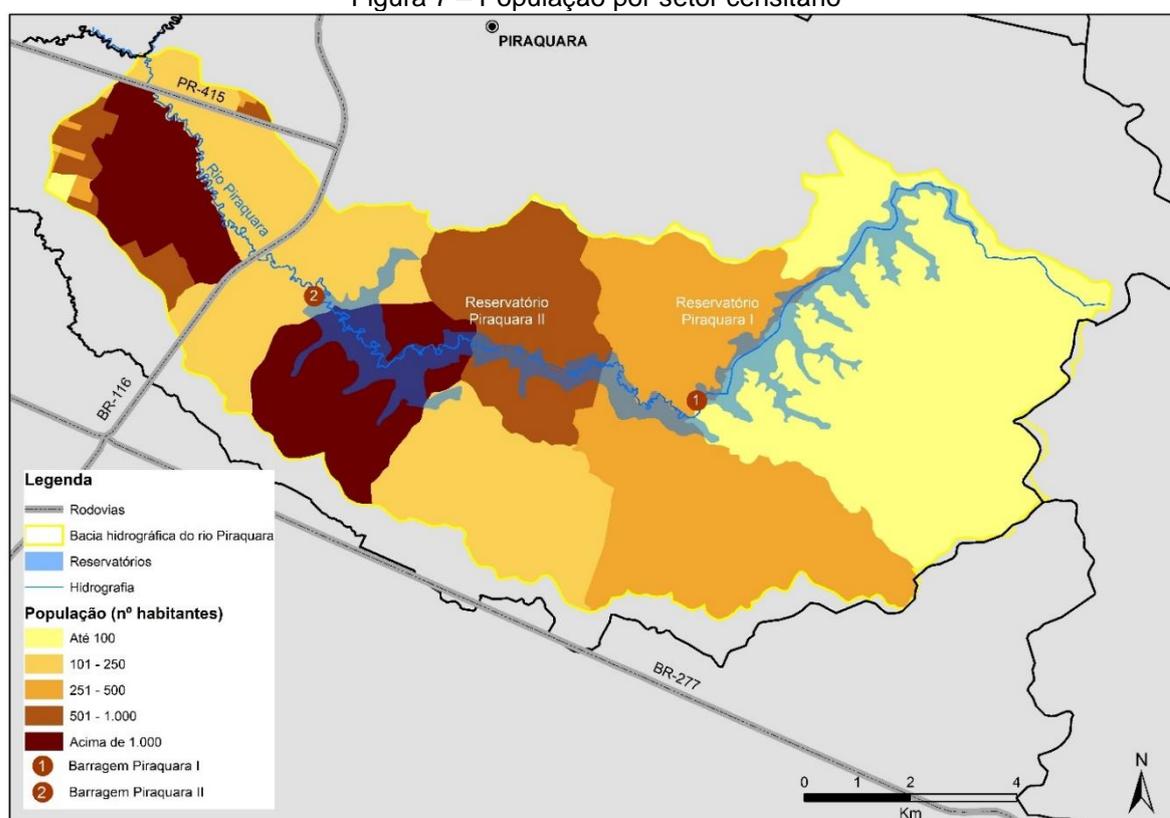


Fonte: o autor, 2018. Imagem de satélite: Google Maps, 2018.

Quando se trata de contingente populacional, a bacia hidrográfica do rio Piraquara conta com cerca de 14.367 habitantes. Este total foi estimado por meio de

Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a partir dos setores censitários disponibilizados pelo IBGE, em arquivos vetoriais, os quais contêm a informação do número de pessoas residentes em cada setor. Inseridos na bacia do rio Piraquara há 31 setores censitários, dos quais quatro são considerados urbanos, e 27 considerados rurais. Porém os limites administrativos dos setores censitários não coincidem com os limites hidrológicos da bacia hidrográfica. Para superar este fator foram calculadas as densidades demográficas de cada setor censitários e, por meio de SIG, foi feito um corte dos mesmos, de modo que somente a porção interna dos setores à bacia fosse mantida. Posteriormente foi calculada a nova área de cada um dos setores censitários, e multiplicada pela densidade inicial, resultando então na população efetiva dentro da bacia hidrográfica. Desta forma, chegou-se a uma população urbana de 1.342 habitantes e uma população rural de 13.025 habitantes, totalizando os 14.367 habitantes totais. A Figura 7 ilustra o efetivo populacional na bacia hidrográfica do rio Piraquara.

Figura 7 – População por setor censitário



Fonte: AGUASPARANÁ (2018); IBGE (2010), adaptado pelo autor.

Em termos de uso do solo, a bacia do rio Piraquara possui, segundo dados cartográficos do AGUASPARANÁ (2018), e que passaram por SIG, cerca de 39,9%

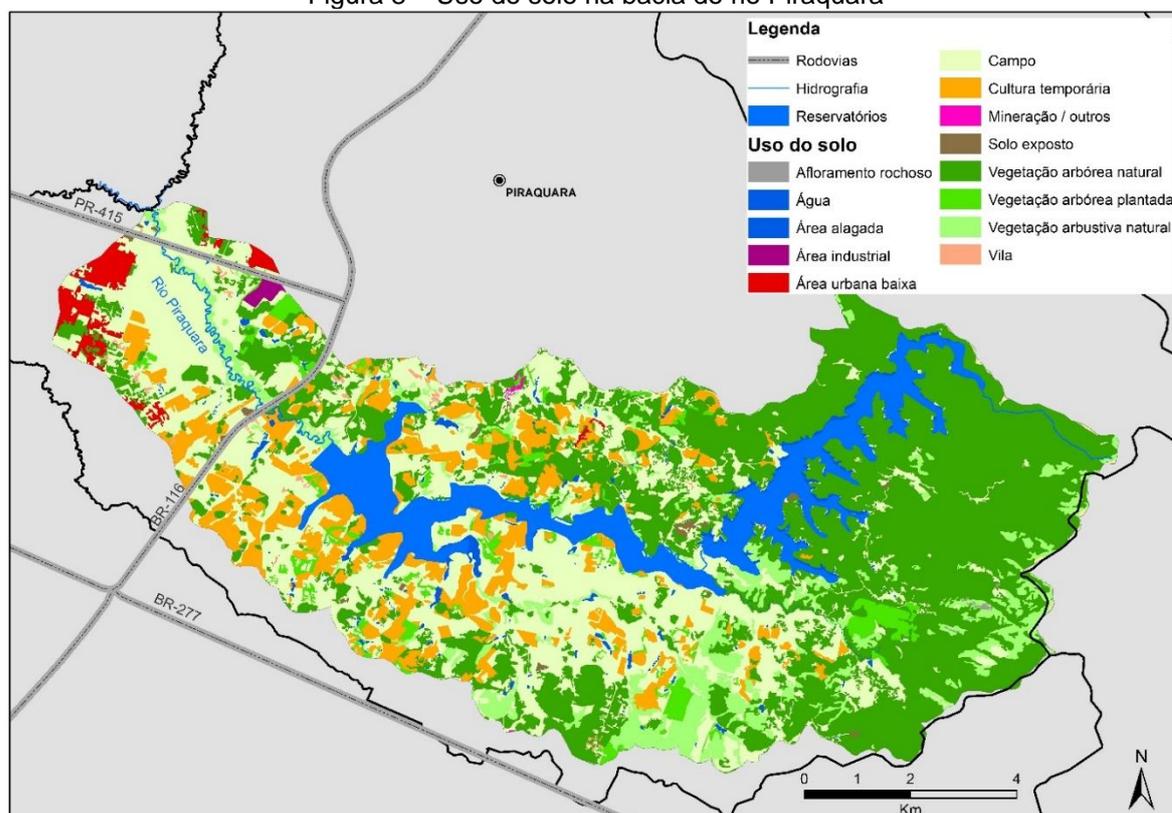
do seu território ocupado por vegetação arbórea natural, 31,7% ocupado por campos, e 10,8% com culturas temporárias, totalizando cerca de 82% do território. Pelo fato de a bacia possuir um caráter ambiental, chama a atenção o fato de existirem áreas destinadas à agricultura e mineração na bacia. O Quadro 6 apresenta a caracterização do uso do solo na bacia do rio Piraquara, e a Figura 8, na sequência, ilustra cartograficamente a bacia em termos de uso do solo.

Quadro 6 – Uso do solo na bacia do rio Piraquara

Uso do solo	Área (Km ²)	% da área total
Água	4,7	4,5%
Área alagada	0,1	0,0%
Área industrial	0,2	0,2%
Área urbana baixa	1,4	1,4%
Campo	32,9	31,7%
Cultura temporária	11,2	10,8%
Mineração/outras	0,0	0,0%
Solo exposto	0,4	0,4%
Vegetação arbórea natural	41,5	39,9%
Vegetação arbórea plantada	2,8	2,7%
Vegetação arbustiva natural	8,5	8,1%
Vila	0,3	0,3%
Total	104,1	100,0%

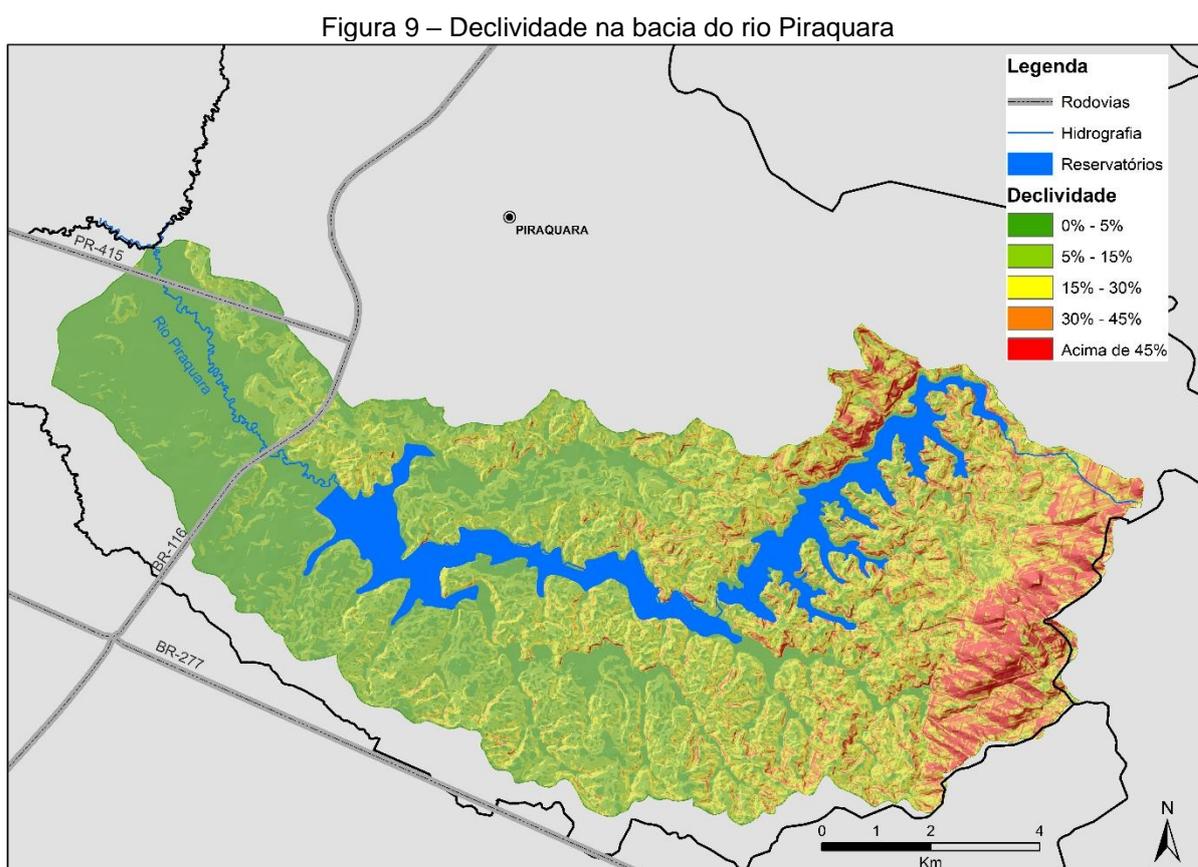
Fonte: AGUASPARANÁ (2018), adaptado pelo autor.

Figura 8 – Uso do solo na bacia do rio Piraquara



Fonte: AGUASPARANÁ (2018), adaptado pelo autor.

A bacia hidrográfica do rio Piraquara possui ainda uma característica de grande importância na questão do planejamento. A declividade, que quando somada às outras características citadas anteriormente, refletem a situação física da bacia, e servem como base para a determinação de diretrizes de uso e ocupação do território, além de subsidiar a elaboração das análises e conclusão da presente pesquisa. A declividade da bacia do rio Piraquara está representada na Figura 9.



3.2 MÉTODOS DA PESQUISA

A presente pesquisa foi subdividida em quatro métodos específicos:

- I. **Método 1:** Seleção de indicadores (Método 1a); Seleção de sub-indicadores (Método 1b) e; Quantificação dos sub-indicadores (Método 1c);
- II. **Método 2:** Modelo de avaliação intermediária;
- III. **Método 3:** Avaliação dos sub-indicadores;
- IV. **Método 4:** Modelo Pressão-Estado-Resposta.

Estes métodos, quando integrados, retratam os resultados da bacia do rio Piraquara e subsidiam a formulação da conclusão da pesquisa.

3.2.1 Seleção de indicadores

Conforme citado por Santos (2004), o processo de construção de indicadores deve obedecer a estruturas conceituais de referência, isto é, conjuntos de ideias, regras e relações contextuais que constituem o pano de fundo para a seleção e estudo e exame dos indicadores. As estruturas conceituais são importantes para organizar, apresentar a informação e definir o espectro de temas a ser considerado. Assim, uma das primeiras tarefas consiste na definição da estrutura conceitual de modo que se possa direcionar a atenção e esclarecer o que deve ser medido, o que esperar da medição ou monitoramento e que tipos de indicadores utilizar.

Ao observar os indicadores propostos, Wilhelm (1976) cita que a realidade não é tão evidente, particularmente quando o planejamento é considerado como um instrumento de aferição à variação da realidade. Isto posto, o planejamento surgiu, partindo das bases teórica e profissional, dos anseios em monitorar as formas como a sociedade vem se transformando e do dever em fortalecer os recursos que se mostravam deficientes pelo viés do incremento da eficiência. Nesse sentido, em virtude de o futuro não ser considerado como finito, ao mesmo tempo fica inviável ao planejamento a incumbência de definir quais serão as decisões que devem ser tomadas pelo homem num horizonte pré-definido. Desta forma, conceitua-se:

Planejar é o processo contínuo de tomar decisões, empreendedoras e atuais de forma sistemática e com o melhor conhecimento possível de sua futurabilidade, organizando os esforços necessários para efetivar as decisões e avaliando periodicamente os resultados destas decisões, face às expectativas, por meio de uma realimentação, igualmente organizada e sistemática (WILLHEIM, 1976, p. 50).

De modo a organizar de uma forma sistemática os indicadores, tanto de recursos hídricos como de uso e ocupação do solo, Wilhelm (1976) propõe a utilização de uma matriz de pertinências, que aqui será intitulada como Matriz Relacional de Indicadores (Método 1a) – Quadro 7 –, cujo nome remete do fato de englobar

indicadores e relações adequados ao problema que está sendo analisado. Em síntese, a matriz em questão mostra quais indicadores, daqueles previamente elucidados na fundamentação teórica, se relacionam entre si, e quais são os que possuem o maior número de relacionamentos, os quais serão devidamente justificados e tomados como foco das análises deste trabalho.

Quadro 7 – Matriz relacional de indicadores

INDICADORES		Gestão de recursos hídricos (Quadro 4)					Uso e ocupação do solo (Quadro 5)					Quantidade de relações
		Precipitação média anual	Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas	Índice de consumo médio da água fornecida via rede geral	Proteção de mananciais	Qualidade da água	Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural	Urbanização e infraestrutura sanitária	Índice de impermeabilidade do solo	Índice de cobertura vegetal natural existente por bioma	Índice de cobertura vegetal plantada existente por bioma	
Gestão de recursos hídricos (Quadro 4)	Precipitação média anual	●	●			●	●	●	●	●	4	
	Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas	●	●	●		●	●				5	
	Índice de consumo médio da água fornecida via rede geral		●	●		●	●	●			5	
	Proteção de mananciais				●	●	●	●	●	●	6	
	Qualidade da água	●	●	●	●	●	●	●	●	●	7	
Uso e ocupação do solo (Quadro 5)	Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural	●	●	●	●	●	●	●	●	●	8	
	Urbanização e infraestrutura sanitária	●	●	●	●	●	●	●	●	●	8	
	Índice de impermeabilidade do solo			●	●	●	●	●			5	
	Índice de cobertura vegetal natural existente por bioma	●			●	●	●				4	
	Índice de cobertura vegetal plantada existente por bioma	●			●	●	●				4	
Quantidade de relações		4	5	5	6	7	8	8	5	4	4	

Fonte: o autor, 2018.

Visto o exposto no Quadro 7, os grupos de indicadores que possuem a maior quantidade de relacionamentos entre si são o “Qualidade da água”, inserido no tema de recursos hídricos, e a “Uso e ocupação do solo” e o “Urbanização e infraestrutura sanitária”, ambos inseridos no tema de uso e ocupação do solo. No Quadro 8 estão relacionados os indicadores citados e a justificativa relacional entre eles, ou seja, de que forma tais indicadores estão diretamente ligados, consolidando assim a escolha dos mesmos para a continuidade da presente pesquisa.

Quadro 8 – Relação entre indicadores

(Continua)

INDICADORES	RELAÇÕES		
	Qualidade da água	Uso e ocupação do solo	Urbanização e infraestrutura sanitária
Precipitação média anual	Maiores índices pluviométricos aumentam a vazão nos cursos d'água, favorecendo a diluição de efluentes	-	-
Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas	A qualidade da água influencia o nível de captação das águas para abastecimento público, pois quanto melhor o índice de qualidade, menor o custo de tratamento.	A maior densidade demográfica implica em necessidade de atendimento à demanda de água, e consequentemente o aumento no índice de captação superficial e subterrânea.	Quanto maior a incidência de áreas urbanizadas, há uma tendência de aumento nos índices de captação de água, com o intuito de suprir a demanda.
Índice de consumo médio da água fornecida via rede geral	Diretamente relacionado com o indicador anterior, o maior índice de captação em virtude da melhor qualidade da água, favorece a inserção de redes de distribuição, e consequentemente o aumento no consumo médio de água fornecida pela rede.	Diretamente ligado com o índice de captação, quanto maior a densidade demográfica, maior será a necessidade de expansão da rede de abastecimento, e consequentemente um aumento no consumo médio da água fornecida pela rede.	Áreas urbanizadas exigem infraestrutura. A rede de abastecimento público está incluída nessa necessidade, acarretando assim num aumento do consumo médio fornecido pela rede.
Proteção de mananciais	A qualidade da água influencia diretamente a proteção de mananciais, principalmente no que tange ao lançamento de efluentes dos diversos setores usuários. Isto acontece, prioritariamente, aos rios que já estão enquadrados em classes, tendo os lançamentos de efluentes dificultando a permanência na classe estipulada.	Formas inadequadas de uso e ocupação do solo, ou ocupações irregulares comprometem a preservação das áreas de mananciais, principalmente em função da inexistência de infraestrutura de saneamento.	Há uma relação direta entre os dois indicadores. A urbanização crescendo significa um aumento de área urbana. Quando ocorre o aumento da área urbana, sem o devido controle, há o risco de que as áreas ocupadas exerçam influência sobre os mananciais próximos, acarretando numa proteção deficitária.
Qualidade da água		Quando o ordenamento territorial é fragilizado, por meio de ocupações irregulares, ocupações em áreas de proteção, entre outros, há uma tendência de piora nos índices de qualidade da água em meios urbanos quando a densidade demográfica aumenta, ou quando o ordenamento territorial é fragilizado, por meio de ocupações irregulares, ocupações em áreas de proteção, entre outros. Esta piora ocorre por meio da insuficiência das redes coletoras de esgoto, da falta de tratamento, do lançamento irregular de efluentes domésticos, e da capacidade limitada que os corpos hídricos têm para diluição dos efluentes das estações de tratamento de esgotos. Estas situações inferem na piora dos índices de qualidade da água.	A urbanização deve vir acompanhada de infraestrutura adequada, tanto de abastecimento público quanto de esgotamento sanitário. A falta de infraestrutura sanitária acarreta no carreamento de efluentes para os corpos d'água, piorando assim os níveis de qualidade da água.

Quadro 8 – Relação entre indicadores

(Conclusão)

INDICADORES	RELAÇÕES		
	Qualidade da água	Uso e ocupação do solo	Urbanização e infraestrutura sanitária
Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural			A urbanização e a infraestrutura fundiária devem ser adequadas a cada uma das categorias de uso e ocupação do solo, em virtude das diferentes intensidades e tipologias de potenciais poluidores.
Urbanização e infraestrutura sanitária			
Índice de impermeabilidade do solo	A impermeabilização de áreas urbanas acarreta num rápido escoamento da poluição difusa para os corpos d'água, tendo como consequência a piora nos índices de qualidade da água.	As taxas de impermeabilização urbanas devem ser determinadas a partir de cada tipologia de uso e ocupação do solo, visto que cada uso produz diferentes intensidades de poluição, seja ela difusa ou pontual.	A impermeabilização de áreas urbanas exige mais dos dispositivos de infraestrutura sanitária, visto que o carreamento de sedimentos para os corpos d'água se dá com uma velocidade maior, exigindo assim tratamento de volumes de água maiores e com maior eficiência.
Índice de cobertura vegetal natural existente por bioma	-	O Zoneamento pode determinar áreas de preservação ambiental, as quais podem se referir às matas nativas. Deste modo o índice de cobertura vegetal natural pode se manter estável.	A urbanização, quando é realizada de forma correta, favorece a manutenção do índice de cobertura vegetal natural, seja por restringir as ocupações em áreas de preservação, ou por inibir as ocupações irregulares.
Índice de cobertura vegetal plantada existente por bioma	-	O Zoneamento pode determinar áreas para recuperação florestal, inferindo assim num aumento progressivo da cobertura vegetal.	Da mesma forma que o indicador anterior, a urbanização, quando é realizada de forma correta, favorece a manutenção e o aumento do índice de cobertura vegetal plantada, seja por restringir as ocupações em áreas de conservação, ou por inibir as ocupações irregulares.

Fonte: o autor, 2018.

3.2.2 Seleção de sub-indicadores

Com o intuito de aprofundar as análises sobre a gestão dos recursos hídricos e sobre a gestão do uso e ocupação do solo, dentro de cada um dos três grupos de indicadores foram selecionados sub-indicadores (Método 1b), os quais serão

avaliados e irão compor um modelo agregado de avaliação, e que irá direcionar as análises finais deste estudo.

Desta forma, com o intuito de subsidiar a escolha pelos sub-indicadores que serão trabalhados posteriormente, Magalhães Júnior (2007) destaca que com a ideia de averiguar quais seriam as informações mais importantes para os Comitês de Bacias Hidrográficas no país, foi desenvolvido um modo de avaliação por meio de indicadores, baseado na Técnica Delphi. Os resultados desta avaliação consistem basicamente na determinação de diferentes níveis de prioridade e relevância dos indicadores, seguindo critérios preestabelecidos.

O autor ainda cita que a avaliação foi realizada por meio da estruturação de um painel composto por 51 especialistas, originários das diferentes regiões do país, os quais avaliaram uma gama de 64 indicadores. A seleção destes indicadores foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica sobre o tema, em nível nacional e internacional, e a apuração dos indicadores que foram expostos à avaliação foi realizada de acordo com suas características, capacidade de síntese e fácil elucidação de informações em nível local, o qual, segundo o autor, é entendido como aqueles inseridos dentro da realidade municipal. Não obstante, os especialistas do painel sintetizaram uma escala de ponderação dos indicadores avaliados, atribuindo pesos para cada um deles. Os indicadores considerados como prioritários receberam peso maior; os indicadores classificados como muito importantes recebem peso intermediário; e os indicadores classificados como importantes receberam peso menor.

Ainda segundo o autor, “Os indicadores prioritários sinalizam, por sua vez, as primazias de ação e as lacunas de dados na realidade nacional de gestão da água.” (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007, p. 331). A sintetização dos indicadores com os maiores índices de valorização no painel, bem como os seus respectivos pesos, está apresentada no Quadro 9. Diante desta afirmativa, justifica-se o uso dos pesos para os indicadores utilizados nesta pesquisa, os quais servirão para auxiliar a avaliação da situação atual da bacia hidrográfica do rio Piraquara.

Quadro 9 – Indicadores com maiores índices de aprovação segundo os níveis local e nacional

DIMENSÃO	INDICADORES DO PAINEL	NÍVEL LOCAL
		Peso
Pressão sobre os estoques e a qualidade hídrica	Densidade Populacional total, urbana, rural (hab./km ²)	3,58
	Índice de Urbanização (%)	2,43
Pressões relativas às demandas hídricas Pressões relativas à poluição	Índice de captação de água para abastecimento urbano (m ³ /hab.)	3,25
	Índice de captação de água para irrigação (m ³ /ha)	2,24
	Índice de lançamento de matéria orgânica nas águas (g DBO/hab./dia)	2,36
Estado qualitativo da água	Índice de utilização de P na agricultura (kg/hab. ou kg/ha)	2,01
	Taxa de conformidade da água em relação à DBO (% de amostras)	2,97
Estado quantitativo dos estoques hídricos	Taxa de conformidade da água segundo OD (% de amostras)	2,80
	Índice de toxicidade ³ de águas superficiais (média anual e regra dos 90%)	2,70
	IQA - Índice de qualidade para as águas superficiais (média anual e regra dos 90%)	2,63
	Vazões de estiagem com x dias consecutivos e x anos de recorrência (l/s/km ² ou m ³ /hab./ano)	2,44
Estado dos meios aquáticos	Coefficiente de escoamento superficial (precipitação/vazões ⁴)	2,04
	Índice de cobertura vegetal (%)	3,61
Coleta, tratamento e disposição de efluentes líquidos e resíduos sólidos	Índice de tratamento de esgotos coletados (%)	3,18
	Índice de tratamento de esgotos em relação à água consumida (%)	2,34
	Índice de coleta de esgotos em relação à água consumida (%)	2,05
	Índice de atendimento urbano de coleta de esgotos (% pop.)	2,29
	Índice de lixo corretamente disposto (% do volume coletado disposto em aterros sanitários)	2,93

Fonte: adaptado de Magalhães Júnior, 2007.

³ Índice de Toxicidade: Criado pela National Sanitation Foundation, em 1970, com base em seu próprio IQA. É calculado por meio da integração de dois parâmetros do IQA: os pesticidas e os elementos tóxicos. Quando encontrados acima do limite permissível pelos padrões de potabilidade do Serviço Americano de Saúde Pública, o coeficiente dicotômico é 0, assim como o IQA. Caso contrário, o coeficiente é 1. Os elementos tóxicos mais considerados são: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo, índice de fenóis, mercúrio, níquel, selênio e zinco.

⁴ De acordo com Tucci (2000), o método mais utilizado para calcular a vazão de projeto em pequenas áreas, como em bacias hidrográficas urbanas, é o método racional, o qual utiliza a equação $Q = C.i.A$, a qual relaciona a vazão sobre precipitação, ao contrário do que é apontado por Magalhães Júnior (2007), e disposto no Quadro 9.

No entanto, para que a pesquisa fosse passível de ser realizada, algumas adaptações foram necessárias, porém sem prejudicar a qualidade da pesquisa em tela. Nesse sentido, foram escolhidos três sub-indicadores para compor cada um dos três grupos de indicadores – Qualidade da água; Uso e ocupação do solo; e Urbanização e infraestrutura sanitária –, que foram selecionados a partir da Matriz Relacional de Indicadores, apresentada anteriormente no Quadro 7. A escolha foi realizada de acordo com a disponibilidade de dados, nível de importância, ou pela relação com a área estudada. Tal assertiva é exposta por Braga *et al.* (2009), quando citam que os indicadores devem ser escolhidos pela sua relevância, nível de conexão local, além da disponibilidade de dados e que possuam a capacidade de aferições temporais.

No Quadro 10 estão apresentados os sub-indicadores escolhidos, bem como o indicador do painel de especialista do qual os mesmos variaram, além do peso adotado, segundo apresentado no Quadro 9.

Quadro 10 – Sub-indicadores escolhidos para análise

INDICADORES (Quadro 7)	INDICADORES DO PAINEL (Quadro 9)	SUB-INDICADORES ESCOLHIDOS (Adaptados do Quadro 9)	NÍVEL LOCAL
			Peso
Qualidade da água	IQA - Índice de qualidade para as águas superficiais (média anual e regra dos 90%)	Índice de Qualidade do Reservatório (IQAr)	2,63
	Coeficiente de escoamento superficial (precipitação/vazões)	Índice Pluviométrico (mm)	2,04
	IQA - Índice de qualidade para as águas superficiais (média anual e regra dos 90%)	Permanência de Enquadramento (% de vezes dentro da classe)	2,63
Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural	Densidade Populacional total, urbana, rural (hab./km ²)	Densidade Urbana (hab./ha)	3,58
	Densidade Populacional total, urbana, rural (hab./km ²)	Densidade Rural (hab./ha)	3,58
	Índice de cobertura vegetal (%)	Índice de Cobertura Vegetal Natural (%)	3,61
Urbanização e infraestrutura sanitária	Índice de Urbanização (%)	Índice de Urbanização (%)	2,43
	Índice de captação de água para abastecimento urbano (m ³ /hab.)	Índice de Abastecimento Urbano de Água (% da população atendida)	3,25
	Índice de tratamento de esgotos coletados (%)	Índice de Tratamento de Esgotos Coletados (% da população atendida)	3,18

Fonte: adaptado de Magalhães Júnior, 2007.

3.2.3 Quantificação dos sub-indicadores

Para cada um dos sub-indicadores dos três grandes grupos de indicadores – Qualidade da Água, Uso e Ocupação do Solo, e Índice de Urbanização –, foram atribuídas metodologias para obtenção das informações e de normalização das mesmas, e que são apresentadas na sequência. A quantificação destes indicadores (Método 1c) foi realizada por meio de dados secundários oficiais, dispostos em instituições governamentais e de ensino, tanto públicas quanto privadas, e sua normalização será de 0 até 1, sendo 0 atribuído ao pior índice, e 1 para o melhor. Os sub-indicadores, relacionados no Quadro 11 e detalhados na sequência, compõe um modelo de avaliação, que servirá de base para a avaliação final deste trabalho.

Quadro 11 – Indicadores e sub-indicadores

INDICADORES (Quadro 7)	SUB-INDICADORES ESCOLHIDOS (Quadro 10)
Qualidade da água	Índice de Qualidade do Reservatório (IQAr)
	Índice Pluviométrico (mm)
	Permanência de Enquadramento (% de vezes dentro da classe)
Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural	Densidade Urbana (hab./ha)
	Densidade Rural (hab./ha)
	Índice de Cobertura Vegetal Natural (%)
Urbanização e infraestrutura sanitária	Índice de Urbanização (%)
	Índice de Abastecimento Urbano de Água (%)
	Índice de Tratamento de Esgotos Coletados (%)

Fonte: o autor, 2018.

3.2.3.1 Qualidade da água

1. Índice de Qualidade do Reservatório (IQAr)

Segundo Magalhães Júnior (2007), o Índice de Qualidade da Água, se configura como um sistema de classificação da qualidade da água por meios numéricos. De acordo com o IAP (2017), quando se trata de monitoramento da qualidade da água, o Instituto Ambiental do Paraná possui um método que incorpora uma sistemática de baixo custo e racional, baseada em critérios científicos sólidos e que são viáveis em termos de execução. Este método tem como objetivo inteirar-se

das características de cada reservatório, em termos qualitativos atuais bem como sua tendência temporal. Nesse sentido, o IAP produziu um modo de classificação para os reservatórios, com o intuito de difundir as informações sobre qualidade da água, apontando, sempre que for preciso, ações relativas à saneamento e manejo, com vistas à melhoria da qualidade das águas dos ecossistemas envolvidos (IAP, 2017).

Nesse sentido, o referido instituto define classes, segundo apontado no Quadro 12, e que foram normalizadas, sendo o melhor índice correspondendo a 1 e o pior índice sendo 0.

Quadro 12 – Classes de qualidade dos reservatórios

DEFINIÇÃO	CLASSES	IQAR	NORMALIZAÇÃO
Não Impactado a Muito Pouco Degradado	I	$IQAR < 1,5$	1,0
Pouco Degradado	II	$1,5 < IQAR < 2,5$	0,8
Moderadamente Degradado	III	$2,5 < IQAR < 3,5$	0,6
Criticamente Degradado a Poluído	IV	$3,5 < IQAR < 4,5$	0,4
Muito Poluído	V	$4,5 < IQAR < 5,5$	0,2
Extremamente Poluído	VI	$> 5,5$	0

Fonte: adaptado de IAP, 2017.

A média dos índices do período analisado (2009-2013), para o reservatório de Piraquara II, escolhido por estar localizado mais próximo do local da captação para abastecimento público, será incluída na classificação por interpolação, na qual o $IQAR \leq 1,5$ corresponde a 100%. O resultado normalizado, de 0 a 1, será multiplicado pelo peso de 2,63, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

II. Índice Pluviométrico

As informações a respeito dos índices pluviométricos foram obtidas mediante consulta às séries históricas das estações pluviométricas de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), por meio do portal *Hidroweb*. Diante das informações disponíveis nas estações pluviométricas, optou-se por utilizar aquelas estações que se localizam mais próximas aos reservatórios da área de estudo e que continham séries históricas consistentes. A Figura 10 a seguir mostra a localização das estações pluviométricas utilizadas.

da média estipulada. O resultado normalizado, de 0 a 1, será multiplicado pelo peso de 2,04, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

III. Permanência de Enquadramento

A avaliação da qualidade da água nos rios que compõe a bacia hidrográfica do rio Piraquara foi realizada conforme metodologia disposta pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2009), com adaptações para que fossem passíveis de inserção no modelo proposto para este trabalho.

O referido instituto utiliza o método AIQA – Avaliação Integrada da Qualidade da Água –, para avaliação da qualidade da água dos cursos d'água. Esta metodologia consiste na medição de 26 parâmetros físico-químicos, 2 microbiológicos, e 1 ecotoxicológico. Este método se baseia no método MPC – Programação por Compromissos (UNESCO, 1987), e tem como resultado a avaliação por classes, seguindo os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Seguindo tais critérios, o IAP determinou as classes de qualidade conforme AIQA, apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13 – Classes de qualidade conforme AIQA

CLASSE DE QUALIDADE	COMPATIBILIDADE CLASSES CONAMA	AIQA
Muito Boa	Classe 1	AIQA < 0,2
Boa	Classe 2	0,2 < AIQA < 0,4
Pouco Poluída	Classe 3	0,4 < AIQA < 0,6
Medianamente Poluída	Classe 3	0,6 < AIQA < 0,8
Poluída	Classe 4	0,8 < AIQA < 1,0
Muito Poluída	Fora de Classe	1,0 < AIQA < 1,2
Extremamente Poluída	Fora de Classe	> 1,2

Fonte: adaptado de IAP, 2017.

Segundo IAP (2009), o rio Piraquara está enquadrado em Classe 2. Nesse sentido, a avaliação deste sub-indicador se dará pela contabilização do número de vezes, em porcentagem (%), numa esfera de 43 medições em quatro estações diferentes, em que o número de medições esteve fora da Classe 2 estipulada. O resultado normalizado, de 0 a 1, será multiplicado pelo peso de 2,63, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

3.2.3.2 Uso e ocupação do solo

I. Densidade Urbana

O vínculo entre áreas que possuem altas densidades populacionais, decorrendo assim em altos índices de impermeabilização, são amplamente utilizados como auxílio à tomada de decisão em termos de urbanização. Nesse sentido, Campana e Tucci (1994) desenvolveram estudos relevantes para as cidades de Curitiba, Porto Alegre e São Paulo, com o intuito de ressaltar a importância na relação entre densidade populacional e áreas impermeáveis no tangente ao planejamento da infraestrutura urbana das cidades associado ao crescimento populacional. Os autores citam que as áreas impermeabilizadas reduzem a evapotranspiração, aumentam o escoamento superficial, além de diminuir consideravelmente a capacidade de recarga de aquíferos, os quais respondem por uma parcela do volume de água nos corpos hídricos superficiais. Tais estudos revelaram que locais em que as densidades populacionais superam 40 habitantes por hectare (hab./ha), há um agravante nos problemas relacionados ao escoamento superficial e drenagem urbana, exigindo desta forma um planejamento mais categórico, com o intuito de mitigar possíveis prejuízos de ordem socioeconômica e, principalmente, ambiental.

Nesse sentido a quantificação dos dados de densidades urbanas foi realizada considerando o número de setores censitários em que a densidade urbana não ultrapassa o limite estipulado de 40 habitantes por hectare, em relação ao total de setores urbanos, que na bacia do rio Piraquara contabilizam quatro. O resultado normalizado, de 0 a 1, será multiplicado pelo peso de 3,58, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

II. Densidade Rural

Da mesma forma que a densidade urbana, a quantificação dos dados de densidades rurais foi realizada considerando o número de setores censitários em que a densidade rural não ultrapassa o limite estipulado de 40 habitantes por hectare, em relação ao total de setores rurais, que na bacia do rio Piraquara contabilizam 27 (vinte e sete). O resultado normalizado, de 0 a 1, será multiplicado pelo peso de 3,58, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

III. Índice de Cobertura Vegetal Natural

Para a mensuração do índice de cobertura vegetal foram utilizados os dados de remanescentes florestais do bioma Mata Atlântica para todo o Brasil (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014). Utilizando técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), estes dados foram separados e quantificados para a bacia do rio Piraquara. Tais técnicas compreendem o georreferenciamento dos dados, utilizando o *software* ArcGIS, primeiramente utilizando a função *Project*, com a finalidade de projetar os dados para a correta localização geográfica, resultando em um arquivo vetorial projetado para o sistema SAD 1969 UTM Zone 22S. Na sequência o arquivo vetorial foi recortado para a área da bacia, utilizando a função *Clip*. Por fim, calculou-se a área de remanescentes de mata atlântica na bacia, utilizando a função *Calculate Geometry*, resultando na área total de remanescentes, em quilômetros quadrados (Km²), para a bacia do rio Piraquara. A quantificação se dá pela área de cobertura vegetal natural remanescente dividida pela área total da bacia, tendo o resultado já normalizado de 0 a 1, onde 1 corresponde ao melhor índice e 0 ao menor, será multiplicado pelo peso de 3,61, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

3.2.3.3 Urbanização e infraestrutura sanitária

I. Índice de Urbanização

Conforme Magalhães Júnior (2007), o Índice de Urbanização pode ser entendido como a porcentagem da população da área urbana em relação à população total. Desta forma, a quantificação do índice se dá na divisão direta do contingente populacional urbano pela população total, resultando em uma porcentagem. Para este caso especificamente, para que o resultado possa ser inserido na escala de avaliação corretamente, o mesmo terá que ser o invertido, ou seja, quanto menor o índice de urbanização, melhor o resultado. O resultado normalizado, de 0 a 1, será multiplicado pelo peso de 2,43, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

II. Índice de Abastecimento Urbano de Água

Para a mensuração do índice de abastecimento urbano de água foram utilizados os dados provenientes do Plano Municipal de Saneamento Básico de Piraquara (PIRAQUARA, 2016), o qual disponibiliza os valores citados de forma direta. Este valor, apresentado no referido documento em porcentagem (%), já normalizado de 0 a 1, onde 1 corresponde ao melhor índice e 0 ao menor. Este valor será multiplicado pelo peso de 3,25, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

III. Índice de Tratamento de Esgotos Coletados

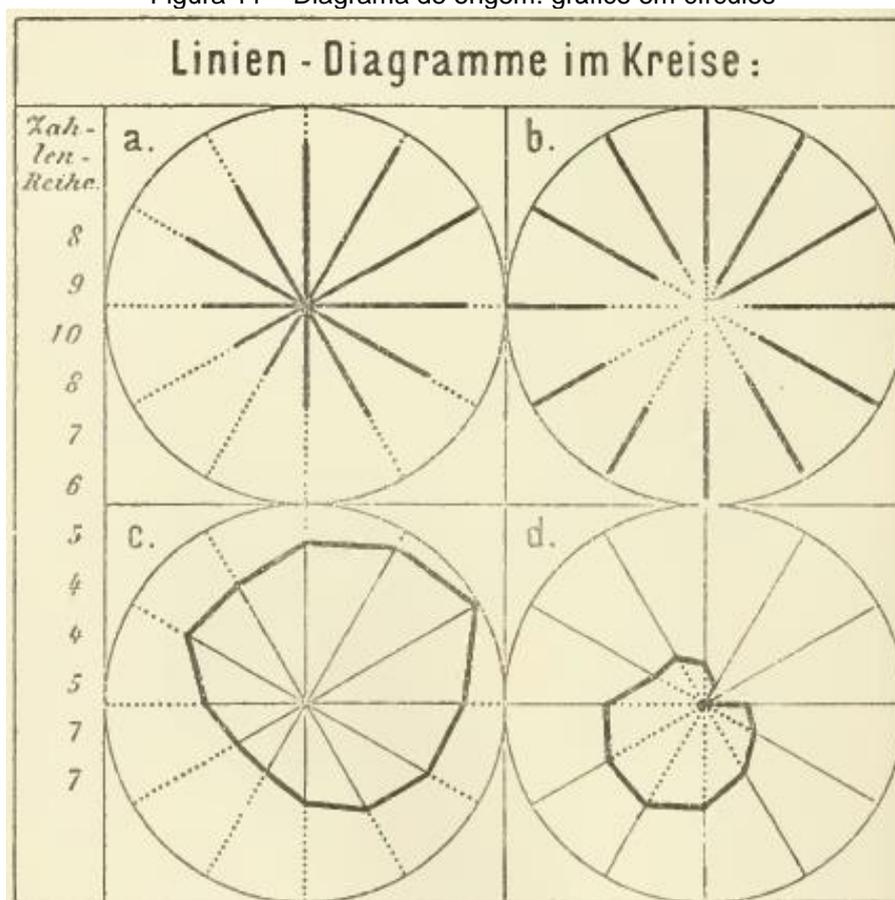
Para a mensuração do índice de tratamento de esgotos coletados foram utilizados, da mesma forma que o sub-indicador anterior, os dados provenientes do Plano Municipal de Saneamento Básico de Piraquara (PIRAQUARA, 2016), o qual disponibiliza os valores citados de forma direta. Este valor, apresentado no referido documento em porcentagem (%), já normalizado de 0 a 1, onde 1 corresponde ao melhor índice e 0 ao menor. Este valor será multiplicado pelo peso de 3,18, conforme já determinado anteriormente (Quadro 10), para avaliação posterior.

3.2.4 Modelo de avaliação intermediária

Considerando todo o exposto anteriormente, e de forma complementar à avaliação dos indicadores anteriormente relacionados, os valores obtidos para cada um dos sub-indicadores relacionados anteriormente serão dispostos num modelo intitulado “Avaliador Intermediário Local” (Método 2), desenvolvido em *software* Excel. O modelo em questão se trata de um gráfico de radar, em que os resultados dos sub-indicadores são plotados em escala já normalizada, variando de 0 a 1, no qual 0 corresponde ao pior índice e 1 corresponde ao melhor índice, com o intuito de proporcionar uma visão global da área de estudo. Este tipo de modelo foi utilizado pela primeira vez, até onde se tem conhecimento, por Von Mayr (1877), tendo sido aperfeiçoado ao longo dos anos. Segundo o autor, as frações dos raios, do centro ou da borda, são os comprimentos das retas, cujo tamanho é proporcional aos números. Exemplos de linhas de diagramas são ilustrados na Figura 11. No caso de a e c, o

centro é a origem, em b e d, a borda é o ponto de partida das retas, que, como raios e de diferentes origens, representam as diferenças de número das séries estatísticas. Para a e d, a ilustração só é feita pelos diferentes tamanhos dos raios. Para c e d, a linha de conexão entre os pontos finais/terminais é a mesma.

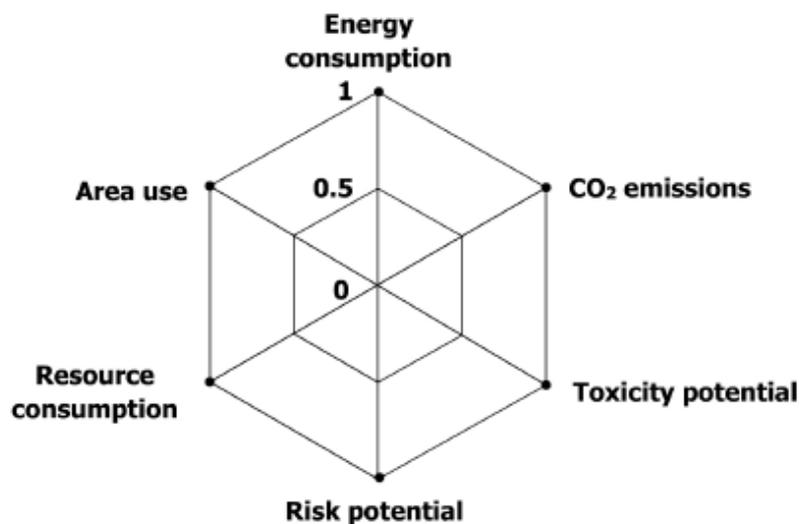
Figura 11 – Diagrama de origem: gráfico em círculos



Fonte: Von Mayr, 1877.

O modelo de Von Mayr foi passando por uma série de adaptações até chegar na questão ambiental. Neste aspecto, a avaliação foi denominada por Bidoki *et al.* (2006), de “*Environmental Fingerprint*” que, quando traduzida literalmente, significa “impressão digital ecológica”, a qual destaca o resultado do impacto ambiental. Segundo os autores, cada categoria de impacto ambiental é normalizada de modo que o pior caso em cada categoria seja atribuído ao valor zero e os outros recebam um valor relativo entre zero e um (Figura 12). Assim sendo, os parâmetros ecológicos são retratados num gráfico do tipo “radar”, sendo sua eficiência mostrada por meio de valores comparativos normalizados, rejeitando assim os valores absolutos em virtude da sua falta de representatividade analítica.

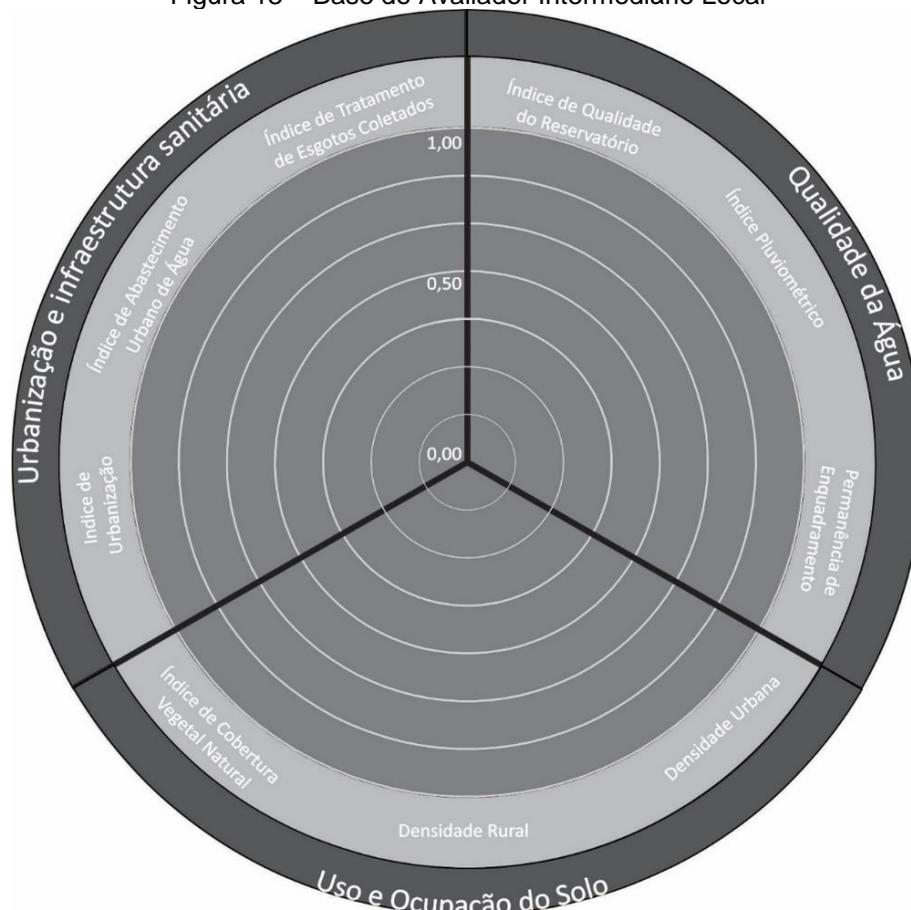
Figura 12 – Pirâmide de informações



Fonte: Bidoki *et al.*, 2006.

Desta forma o modelo foi aperfeiçoado para ser utilizado no presente trabalho com o intuito de intermediar a avaliação de sub-indicadores ambientais, tal como disposto na Figura 13.

Figura 13 – Base do Avaliador Intermediário Local



Fonte: o autor, 2018.

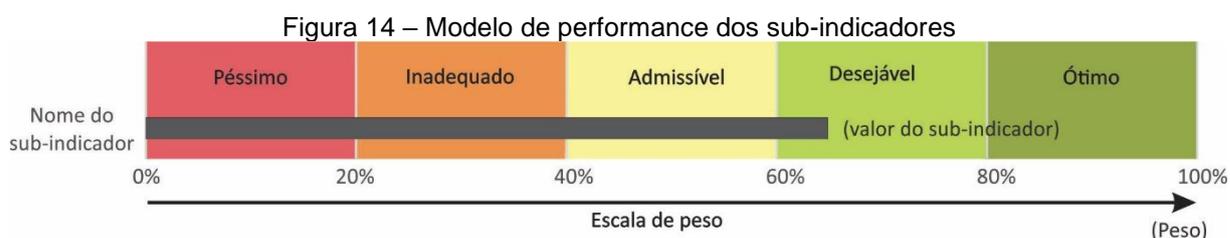
Com base na Figura 13, faz-se necessária uma consideração sobre o significado do Avaliador Intermediário Local, que se dá pelo entendimento do círculo. Em síntese, quanto mais o círculo estiver preenchido, significa que a região estudada está mais próxima do ideal. Com estes índices inseridos no avaliador local, será possível observar quais são os sub-indicadores que necessitam de uma melhor atenção, ou seja, aqueles em que a “fatia” correspondente está menor, e conseqüentemente qual o grupo de indicadores que está mais deficitário, e que demandam um maior esforço, por parte dos gestores urbanos, no que tange à melhora dos valores observados. Esta tomada de decisão em relação à melhoria no grupo de indicadores deve ser tomada em conjunto pelos gestores de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo.

Por outro lado, de forma a subsidiar ainda mais as respostas, ou tomadas de decisão pelos órgãos gestores, os sub-indicadores foram submetidos a uma avaliação mais criteriosa, complementar ao modelo apresentado, e que leva em consideração os pesos adotados anteriormente. Esta avaliação está descrita na sequência.

3.2.5 Avaliação dos sub-indicadores

Não obstante à avaliação pelo Avaliador Intermediário Local, com o intuito de não apresentar apenas uma avaliação superficial em relação aos sub-indicadores, foi realizada uma avaliação (Método 3) utilizando um critério de performance dos sub-indicadores, os quais foram plotados numa escala que varia de 0% (Péssimo) a 100% (Ótimo), onde 100% corresponde ao peso do sub-indicador.

O valor do sub-indicador corresponde ao valor observado no Avaliador Intermediário Local multiplicado pelo seu respectivo peso, e que será plotado na escala apresentada na Figura 14.



Fonte: o autor, 2018.

Na referida escala, o péssimo é caracterizado por algo que é o pior possível. O ruim se caracteriza por algo que é de má qualidade, ou que apresenta defeitos. Admissível é considerado como aquilo que se pode aceitar ou pode ser tolerado. O desejável é entendido como algo que possui particularidades e/ou características esperadas. Por último, o ótimo é tomado como algo excessivamente bom ou que tem um excelente desempenho.

Com esta escala definida, e com os resultados nela observados, é possível verificar quais sub-indicadores são mais significativos dentro da bacia hidrográfica do rio Piraquara. Esta aferição fica mais evidente quando são comparados sub-indicadores com valores muito próximos, porém com pesos diferentes, e quando são plotados na escala apresentada apresentam uma avaliação bem diferenciada.

Esta avaliação será realizada individualmente para cada sub-indicador, e posteriormente por grupo de indicadores: Qualidade da Água, Uso e Ocupação do Solo, e Urbanização e Infraestrutura Sanitária. Para os referidos grupos, o valor do indicador corresponde ao somatório dos valores dos sub-indicadores pertencentes ao respectivo grupo, e o peso do grupo corresponde ao somatório dos pesos dos sub-indicadores pertencentes ao mesmo grupo.

A avaliação pelos referidos grupos será de grande relevância na tomada de decisão pelos gestores de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo, dando a opção de elaborarem cenários com os sub-indicadores relacionados, podendo considerar assim o componente financeiro para a tomada de decisão final. Assim sendo, não necessariamente o sub-indicador que possui um valor mais baixo deve ser o primeiro a receber melhoria, devendo haver um equilíbrio entre os três componentes: valor do sub-indicador; peso; orçamento (elaborado pelos órgãos gestores).

Posteriormente à avaliação final dos sub-indicadores, as suas composições, que formam os três grupos de indicadores base deste estudo – Qualidade da Água, Uso e Ocupação do Solo, e Urbanização e Infraestrutura Sanitária –, serão inseridos no modelo Pressão-Estado-Resposta (PER), o qual está descrito na sequência.

3.2.6 Modelo Pressão-Estado-Resposta

A sustentabilidade quando analisada sob a ótica ambiental tem como principal preocupação a ação degradadora do homem sobre o meio ambiente e seu respectivo impacto. Tal ação é intitulada como capital natural, ou seja, dentro desta perspectiva, a produção primária, disponibilizada pelo meio ambiente, configura-se como um dos pilares para a humanidade (RUTHERFORD, 1997). Sob esta abordagem que ambientalistas criaram o modelo intitulado Pressão-Estado-Resposta (PER) para tratar de indicadores ambientais e demais áreas.

O modelo Pressão-Estado-Resposta (PER), formulado pelo *Statistic Canada* e adotado pela *Organization for Economic Cooperation and Development – OECD*⁵, é o mais recomendado na apresentação de indicadores relacionados às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (OCDE, 1993).

Quando o assunto remete a indicadores ambientais, uma série de abordagens foram realizadas por meio de um sistema de médias, em torno de temas como a água, o solo e recursos, por exemplo, ou adotando um sistema de metas, empregados uma referência legal como propósito dos indicadores. No entanto, na contemporaneidade, a publicação periódica realizada pela OCDE se configura como a principal fonte de indicadores ambientais, abastecendo um sistema de monitoramento ambiental para os países membros da entidade (VAN BELLEN, 2005).

Segundo Van Bellen (2005), o referido sistema faz uso do modelo *pressure, state, response* (PSR), o qual é visto como um dos mais importantes na esfera internacional. O sistema foi criado com base no sistema *stress, response*, o qual é aplicado, como uma primeira aferição de indicadores, em ecossistemas. Não obstante, o sistema deixa subentendida uma relação de causalidade entre os diversos elementos que compõe a metodologia.

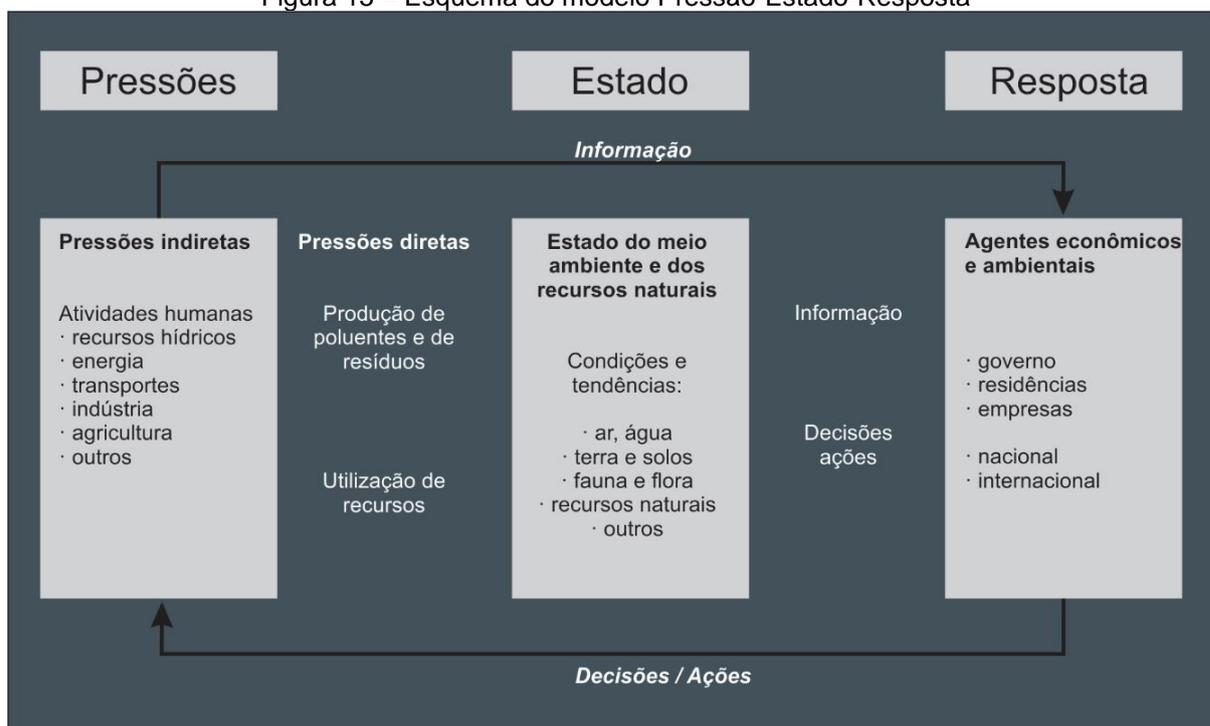
O modelo em questão assenta-se no fato de que a abordagem das questões ambientais está sujeita a uma causalidade, onde as ações antrópicas exercem pressões sobre o meio ambiente (PRESSÃO), tendo como consequência a alteração de seu estado quali-quantitativo (ESTADO). Como forma de (RESPOSTA), a

⁵ Tradução: Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OCDE).

sociedade se concentra na elaboração de políticas ambientais, econômicas e sociais (BRIGUENTI, 2005).

Corroborando, Van Bellen (2005) cita que os indicadores que sinalizam as pressões ambientais (P) retratam as pressões antrópicas que são aplicadas no meio ambiente, o que engloba também os recursos naturais. Já os indicadores de estado (E) representam a qualidade ambiental, bem como a qualidade e quantidade dos recursos naturais. Deste modo, quando verificados os objetivos da política ambiental, os mesmos são refletidos por estes indicadores de estado, os quais possuem como característica a capacidade de destacar a conjuntura ambiental bem como seu progresso temporal. Complementarmente, os indicadores de resposta (R) expressam a dimensão e a veemência com a qual a sociedade responde às alterações e às atenções que o meio ambiente anseia. Em suma, os indicadores de resposta refletem a disposição, seja de um ente individual ou de uma sociedade, em prevenir ou mitigar os efeitos adversos do homem sobre o meio ambiente, com o intuito de interrupção ou possível reversão das avarias ambientais já executadas, e também para preservação e conservação do meio ambiente de forma geral (VAN BELLEN, 2005). A Figura 15 exemplifica a explanação anterior.

Figura 15 – Esquema do modelo Pressão-Estado-Resposta



Fonte: o autor, com base em OCDE, 2003.

3.2.7 Forma de utilização do PER

Como forma de operacionalização do programa de indicadores da OCDE foram estruturados conjuntos de indicadores, com cada um deles respondendo por objetivos específicos. Estes indicadores podem ser utilizados nas diversas esferas de governo, e a níveis nacional e internacional, como forma de estabelecer relatórios sobre o estado do meio ambiente, além de mostrar os desempenhos ambientais e os progressos alcançados no que tange ao desenvolvimento sustentável (OCDE, 2003). Conforme já citado anteriormente, estes indicadores podem servir como base para o planejamento, elaboração de diretrizes de cunho ambiental, esclarecimento de objetivos políticos e definição de prioridades.

Para Dahl (1997), como instrumento inerente à tomada de decisões, para sobre a utilização de indicadores alguns desafios, principalmente no que tange a dispor um retrato real da situação da sustentabilidade, não obstante da incerteza e da complexidade, de maneira simples. Há ainda, de acordo com o mesmo autor, a questão das diferenças entre os países, seja de ordem cultural, social ou dos diferentes graus de desenvolvimento, tomados como elementos fundamentais na construção de indicadores.

Não obstante às dificuldades supracitadas, e tendo que a sustentabilidade é definida por uma série de fatores – de ordem ambiental, socioambiental, e institucional – e que todos devem ser contemplados de forma simultânea, levanta-se a dificuldade de que não existe a possibilidade de mensurar a sustentabilidade em sua forma plena, tomando como base uma determinada escala levando em consideração apenas um indicador que se refira a apenas um aspecto. Esta afirmativa determina que, ao realizar a avaliação de sustentabilidade, há necessidade de utilização de um conjunto de indicadores (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Utilizando como premissa de que os indicadores foram criados para examinar o desempenho ambiental, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável, foram criados três grupos direcionais de indicadores, referindo-se cada um a objetivos claros (OCDE, 2003), como segue:

- Conjunto de Indicadores Setoriais: Indicadores para integrar a variável ambiental nas políticas setoriais;

- Indicadores Derivados da Contabilidade Ambiental: Indicadores para integrar a variável ambiental nas políticas econômicas;
- Corpo Central de Indicadores: Indicadores para acompanhar os progressos alcançados em matéria de meio ambiente.

Segundo OCDE (2003) todos os três grupos de indicadores supracitados estão intimamente ligados, porém no âmbito desta pesquisa, o grupo de indicadores utilizado será o “Corpo Central de Indicadores Ambientais”, o qual sintetiza em um seleto número de indicadores um leque diversificado de temas ambientais, além de possuir um caráter singular adotado em diversos países membros da OCDE. Outra característica importante do Corpo Central de Indicadores é que consta em sua síntese um inventário de diversos temas ambientais comuns aos diversos países parceiros da OCDE, em que para cada um deles foram determinados indicadores de pressão, estado e resposta, conforme ilustrado no Quadro 14.

Quadro 14 – Estrutura do Corpo Central de Indicadores da OCDE

Grupos de temas		Indicadores		
		Pressão	Estado	Resposta
Capacidade de suporte do meio ambiente	1. Mudança climática			
	2. Destruição da camada de ozônio			
	3. Eutroficação			
	4. Acidificação			
	5. Contaminação tóxica			
	6. Qualidade do meio ambiente urbano			
	7. Biodiversidade			
	8. Paisagens culturais			
	9. Resíduos			
Capacidade produtiva do meio ambiente	10. Recursos hídricos			
	11. Recursos florestais			
	12. Recursos haliêuticos			
	13. Degradação dos solos			
Categoria suplementar	14. Indicadores socioeconômicos, setoriais e de base			

Fonte: o autor (2018).

Os temas relacionados à capacidade de suporte do meio ambiente são inerentes às questões de qualidade ambiental. Já os temas relacionados à capacidade produtiva do meio ambiente dizem respeito ao aspecto dos recursos naturais. A

terceira categoria, intitulada “suplementar”, contempla aqueles indicadores que não fazem parte de um tema específico, mas não podem ser dispensados em qualquer situação de análise ambiental, e foi concebida com o intuito de integrar os indicadores setoriais no Corpo Central de Indicadores. Neste grupo pode-se citar o aumento demográfico ou o crescimento econômico, consideradas variáveis ou forças motrizes de ordem geral, além de outros relativos a tendências setoriais, gastos públicos voltados ao meio ambiente, ou que possuem relação direta com a opinião pública. Todos os temas das três categorias citadas são relativos às percepções locais e podem evoluir constantemente, ou seja, não podem – e nem devem – ser considerados consolidados ou exaustivos.

Por estes motivos, os indicadores e sub-indicadores foram escolhidos para contemplar as três categorias citadas, e assim abordar de uma forma mais ampla a questão ambiental da bacia do rio Piraquara. Esta avaliação se dará pela aplicação da metodologia Pressão-Estado-Resposta, por meio de uma ficha de avaliação, exemplificada na sequência, e que permitem apontar as respostas dos órgãos gestores para os problemas encontrados na área de estudo.

3.2.7.1 Ficha de avaliação de indicadores

A Figura 16 exemplifica o modelo de ficha que será utilizada para detalhar o indicador e suas relações. A ficha contém a descrição do indicador utilizado; a unidade de medida em que foi realizada a análise; a metodologia para chegar no resultado; a relação de indicadores com os quais se relaciona; a meta a alcançar caso o indicador esteja abaixo do ideal; a periodicidade de verificação; e a fonte de informação.

A ficha de avaliação tem como finalidade explicitar os relacionamentos entre os sub-indicadores utilizados na avaliação com a situação atual – pressões – da bacia hidrográfica do rio Piraquara, além de fazer uma ponte com a conclusão do trabalho, a qual será diretamente ligada aos resultados encontrados, alertando para quais as políticas públicas – respostas – que os gestores urbanos devem aplicar com o intuito de melhoramento da região estudada.

Figura 16 – Ficha de avaliação PER

Grupo de Temas	Grupo integrante do Quadro 13		
Nome	Sub-grupo integrante do Quadro 13 Nome do Grupo de Indicadores		
Descrição	Descrição sumária do indicador		
Sub-indicadores componentes	Pressão	Tipo Estado	Resposta
	Nome Sub-indicador 1		
	Nome Sub-indicador 2		
	Nome Sub-indicador 3		
Sub-indicadores relacionados	Relação de sub-indicadores que se relacionam com o grupo do indicador avaliado		
Metas a alcançar	Metas para melhorar o indicador, de acordo com instrumentos legais.		
Avaliação do Grupo	Apresenta os gráficos de avaliação intermediária e final de cada um dos Grupos de Indicadores		

Fonte: adaptado de DGA (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA PESQUISA

Esta etapa, iniciada como Fase 2 no contexto do presente trabalho, compreende a coleta, a seleção e a análise de dados referentes aos sub-indicadores relacionados nos aspectos metodológicos. Posteriormente a esta fase, inicia-se a Fase 3, correspondente ao processamento dos referidos dados, com a aplicação das metodologias de avaliação e também a consolidação dos resultados.

4.1 RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS SUB-INDICADORES

Considerando a metodologia explicitada no capítulo anterior, o resultado para cada um dos sub-indicadores está apresentado na sequência, consolidando assim a Fase 3 da pesquisa.

4.1.1 Qualidade da Água

I. Índice de Qualidade do Reservatório (IQAr)

A média dos índices do período analisado (2009-2013), para a qualidade da água do reservatório Piraquara II, apontou um valor de 3,26. Isto significa, dentro da escala de avaliação, que o reservatório tem uma média de classificação como “Moderadamente Degradado”. Este valor, dentro da escala interpolada, encontra-se em 64,8% do total, o que representa 0,648 quando normalizado de 0 a 1, e que será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 2,63, resulta em 1,71, o qual será utilizado na avaliação final.

II. Índice Pluviométrico

Conforme método detalhado anteriormente, a média de meses consecutivos em que a pluviosidade se apresenta abaixo da média é de 3,6 meses. Após a análise dos 267 períodos anuais, contabilizou-se que em 121 deles há mais períodos de estiagem – número de meses consecutivos de pluviosidade abaixo da média –, ou

seja, no período analisado, em 54,68% há períodos de estiagem abaixo da normalidade. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 0,546, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 2,04, resulta em 1,12, o qual será utilizado na avaliação final.

III. Permanência de Enquadramento

Para este sub-indicador, e seguindo o método de quantificação detalhado anteriormente, o resultado aponta que em 41 das 43 medições realizadas no período de 2005 a 2009 a qualidade do rio Piraquara está fora da Classe 2 determinada. Isto nos mostra que em apenas 4,65% das medições este resultado está dentro dos padrões aceitáveis. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 0,046, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 2,63, resulta em 0,12, o qual será utilizado na avaliação final.

4.1.2 Uso e ocupação do solo

I. Densidade Urbana

Segundo o método de aferição destacado anteriormente, na bacia hidrográfica do rio Piraquara há 2 setores censitários urbanos com densidade populacional acima de 40 hab./km², ou seja, 50,0% dos setores urbanos possuem esta característica. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 0,500, o qual será inserido no modelo intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 3,58, resulta em 1,79, o qual será utilizado no modelo de avaliação final.

II. Densidade Rural

Segundo o método de aferição destacado anteriormente, na bacia hidrográfica do rio Piraquara há 11 (onze) setores censitários rurais com densidade populacional acima de 40 hab./km², ou seja, em 59,3% dos setores rurais a densidade está dentro do padrão estipulado. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 0,593, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 3,58, resulta em 2,12, o qual será utilizado na avaliação final.

III. Índice de Cobertura Vegetal Natural

O resultado para este sub-indicador, seguindo o método de quantificação deste discriminado anteriormente, apontou que na bacia hidrográfica do rio Piraquara há apenas 26,6% de cobertura vegetal natural. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 0,266, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 3,61, resulta em 0,96, o qual será utilizado na avaliação final.

4.1.3 Urbanização e infraestrutura sanitária

I. Índice de Urbanização

Segundo o método de aferição destacado anteriormente, o índice de urbanização na bacia hidrográfica do rio Piraquara resultou em 9,34%, ou seja, muito pouco urbanizada. Seguindo o método destacado, quanto menor a urbanização, melhor o resultado. Assim sendo, quando invertemos o resultado, o índice de urbanização fica com valor final de 90,66%. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 0,907, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 2,43, resulta em 2,20, o qual será utilizado na avaliação final.

II. Índice de Abastecimento Urbano de Água

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Piraquara aponta que o índice de abastecimento urbano de água no município é de 100%, ou seja, que a totalidade das pessoas residentes na área urbana da bacia são atendidas pela rede de abastecimento de água. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 1,0, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 3,25, resulta em 3,25, o qual será utilizado na avaliação final.

III. Índice de Tratamento de Esgotos Coletados

Da mesma forma que o sub-indicador anterior, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Piraquara aponta que o índice de tratamento de esgotos coletados no município é de 100%, ou seja, que a totalidade do esgoto que é coletado

pela rede de esgoto é tratado. Este valor normalizado de 0 a 1 representa 1,0, o qual será inserido no modelo de avaliação intermediário. Este valor, quando multiplicado pelo seu fator de peso de 3,18, resulta em 3,18, o qual será utilizado na avaliação final.

4.2 AVALIAÇÃO INTERMEDIÁRIA

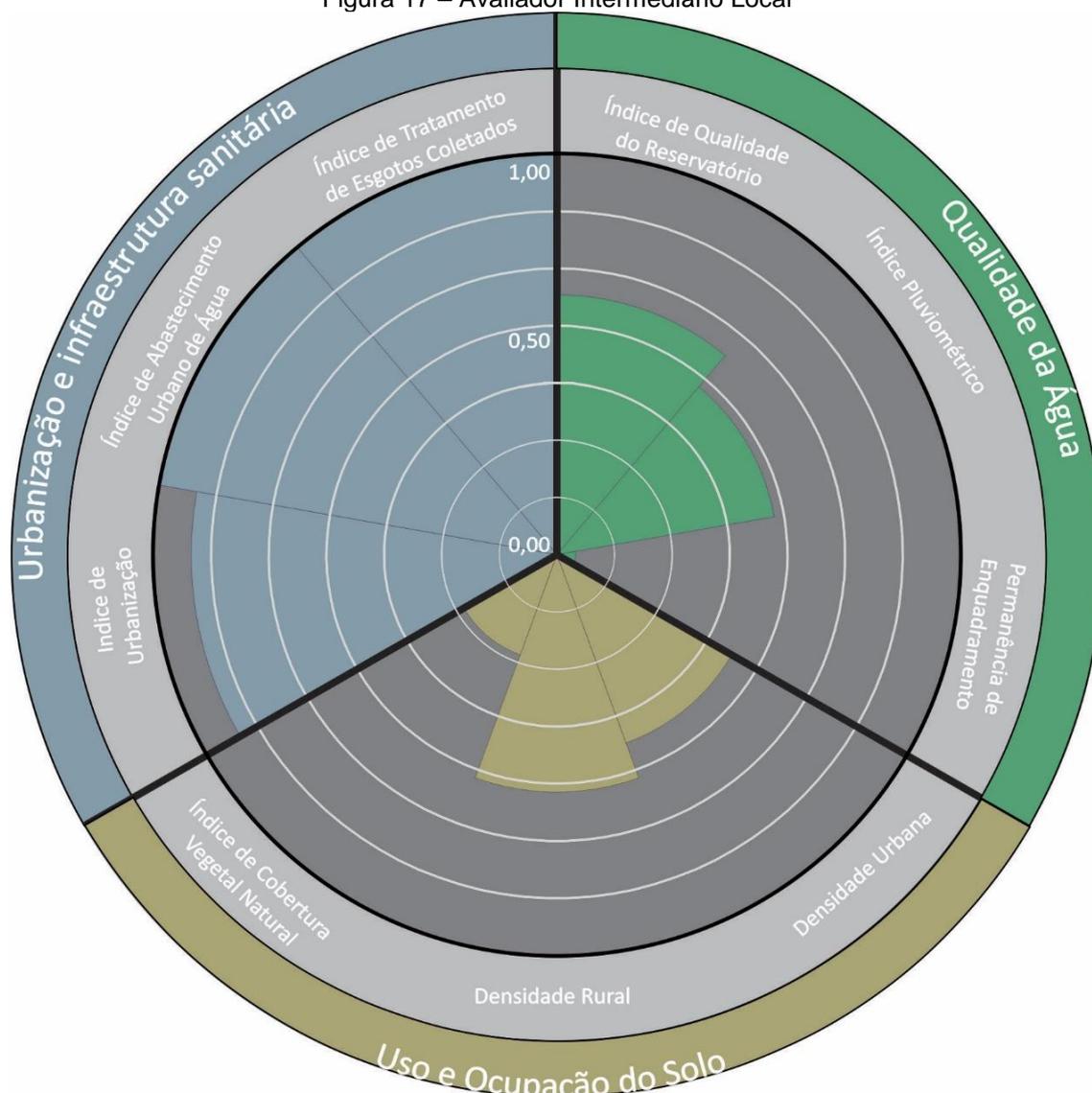
De forma a consolidar a avaliação dos sub-indicadores anteriormente relacionados, os mesmos foram dispostos no modelo “Avaliador Intermediário”, com o intuito de obter uma visão mais global dos resultados alcançados. Os valores normalizados de cada um dos sub-indicadores selecionados estão apresentados no Quadro 15, e inseridos no modelo supracitado (Figura 17).

Quadro 15 – Resultado dos sub-indicadores

INDICADORES	SUB-INDICADORES	UNIDADE DE MEDIDA INICIAL	VALOR NORMALIZADO (0 a 1)
Qualidade da água	Índice de Qualidade do Reservatório (IQAr)	IQAR	0,65
	Índice Pluviométrico (mm)	mm	0,55
	Permanência de Enquadramento (% de vezes dentro da classe)	%	0,05
Uso e ocupação do solo	Densidade Urbana (hab./ha)	Hab./ha	0,50
	Densidade Rural (hab./ha)	Hab./ha	0,59
	Índice de Cobertura Vegetal Natural (%)	%	0,27
Urbanização e infraestrutura sanitária	Índice de Urbanização (%)	%	0,91
	Índice de Abastecimento Urbano de Água (%)	%	1,0
	Índice de Tratamento de Esgotos Coletados (%)	%	1,0

Fonte: o autor, 2018.

Figura 17 – Avaliador Intermediário Local



Fonte: o autor, 2018.

Com os resultados observados no Avaliador Intermediário Local é possível afirmar, de forma superficial, que os sub-indicadores “Permanência de Enquadramento”, “Índice de Cobertura Vegetal Natural”, e “Densidade Urbana”, são os mais fragilizados perante o modelo utilizado. Já os sub-indicadores de “Índice de Tratamento de Esgotos Coletados”, “Índice de Abastecimento Urbano de Água”, e “Índice de Urbanização”, todos pertencentes ao grupo de Urbanização e Infraestrutura Sanitária, foram os que obtiveram os melhores resultados perante o modelo utilizado. Não obstante, a avaliação complementar está disposta na sequência.

4.3 AVALIAÇÃO FINAL

De forma a facilitar o entendimento dos resultados dos sub-indicadores, os mesmos foram sintetizados no Quadro 16, assim como os resultados dos grupos de indicadores e da bacia do rio Piraquara como um todo.

Quadro 16 – Síntese dos resultados dos sub-indicadores

INDICADORES	SUB-INDICADORES	PESO	VALOR FINAL	IDENTIFICAÇÃO
Qualidade da Água	Índice de Qualidade do Reservatório	2,63	1,71	Figura 18
	Índice Pluviométrico	2,04	1,12	
	Permanência de Enquadramento	2,63	0,12	
	TOTAL	7,30	2,94	Figura 19
			40,3%	
Uso e Ocupação do Solo	Densidade Urbana	3,58	1,79	Figura 20
	Densidade Rural	3,58	2,12	
	Índice de Cobertura Vegetal Natural	3,61	0,96	
	TOTAL	10,77	4,87	Figura 21
			45,2%	
Urbanização e Infraestrutura sanitária	Índice de Urbanização	2,43	2,20	Figura 22
	Índice de Abastecimento Urbano de Água	3,25	3,25	
	Índice de Tratamento de Esgotos Coletados	3,18	3,18	
	TOTAL	8,86	8,63	Figura 23
			97,4%	
Bacia do rio Piraquara	TOTAL GERAL	26,93	16,45	Figura 24
			61,1%	

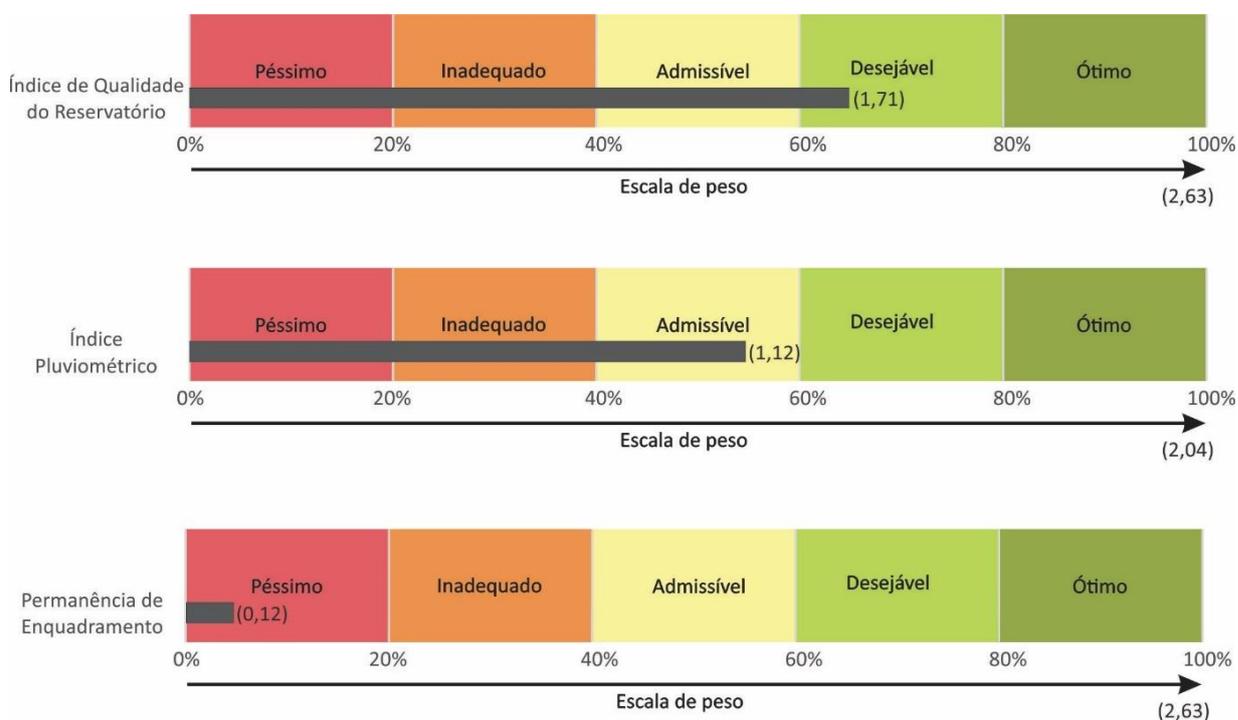
Fonte: o autor, 2018.

Os sub-indicadores integrantes dos três grandes grupos de indicadores – Qualidade da Água, Uso e Ocupação do Solo, e Índice de Urbanização –, e relacionados no quadro anterior, foram plotados na escala de performance, e os resultados estão apresentados a seguir.

4.3.1 Qualidade da Água

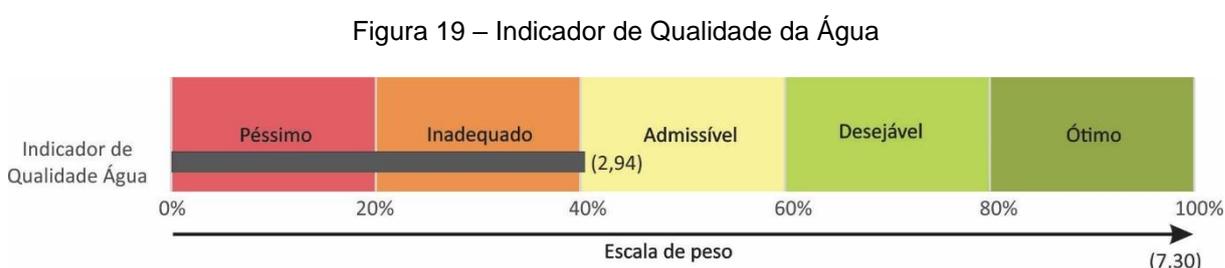
O resultado dos sub-indicadores de Qualidade da Água aponta uma heterogeneidade, ou seja, uma variância grande dos valores finais, quando analisamos do ponto de vista da performance, diante das escalas apresentadas. O sub-indicador de Qualidade da Água do Reservatório foi o que apresentou o melhor resultado individual, tendo sua classificação final como “desejável”. Quando analisamos o sub-indicador do Índice Pluviométrico, a situação é intermediária, considerada “pobre” na escala de avaliação. Já quando analisamos o sub-indicador de Permanência de Enquadramento a situação é considerada “péssima”, em virtude da grande quantidade de medições com resultados considerados fora da classe de enquadramento estabelecida. As avaliações dos sub-indicadores relacionados estão apresentadas na Figura 18.

Figura 18 – Sub-indicadores de Qualidade da Água



Fonte: o autor, 2018.

Já quando analisamos os sub-indicadores sob a ótica integrada no grupo de qualidade da água, ou seja, considerando o somatório dos resultados dos sub-indicadores frente ao peso total do grupo, a análise aponta uma situação fragilizada, considerada “pobre” na escala de avaliação, porém muito próximo do limiar mais baixo (Figura 19). Desta forma, pequenas alterações negativas em qualquer um dos sub-indicadores do grupo deve levar à uma mudança de classificação do grupo, passando para “ruim” sua avaliação final.

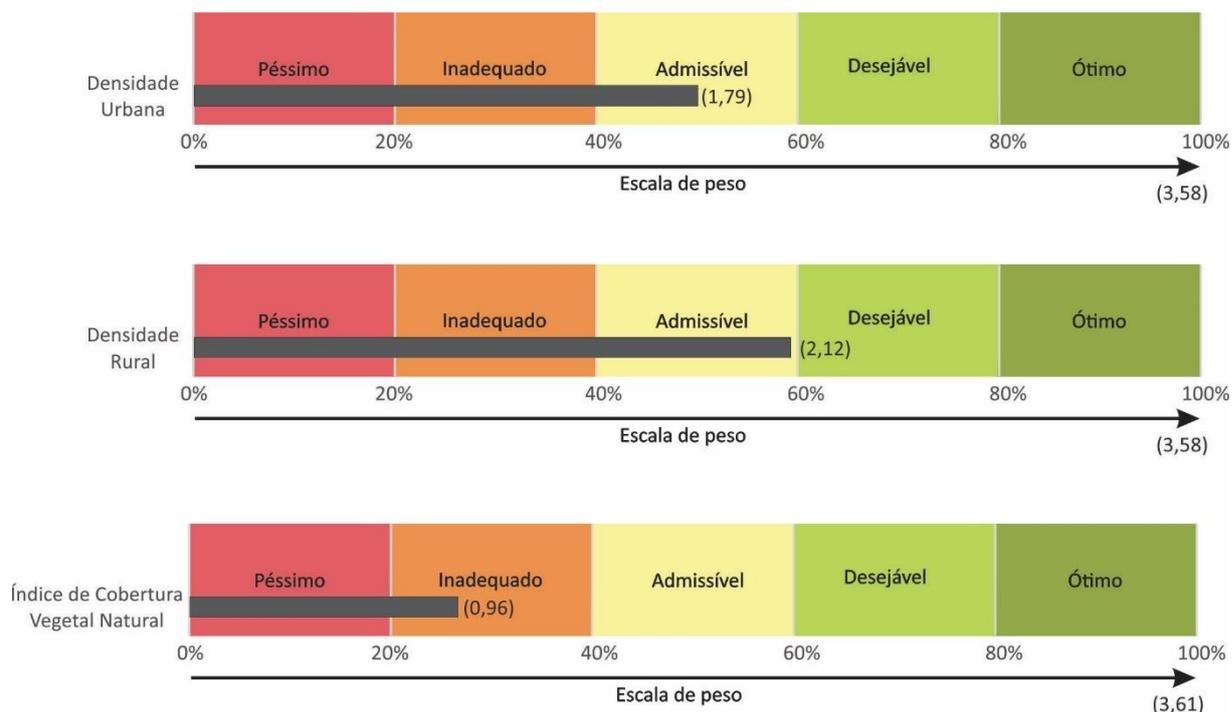


Fonte: o autor, 2018.

4.3.2 Uso e ocupação do solo

O resultado dos sub-indicadores de Uso e Ocupação do Solo apontam situações diferenciadas, porém de uma forma geral não muito boas. O sub-indicador de densidade urbana apresentou um resultado final intermediário, tendo sua classificação final como “pobre”. Da mesma forma, o sub-indicador de densidade rural também figura numa posição intermediária na escala de avaliação, um pouco melhor do que o sub-indicador anterior, porém ainda classificado como “pobre”. Quando analisamos o índice de cobertura vegetal natural a situação é a mais vulnerável do grupo, tendo sua avaliação final classificada como “ruim”. As avaliações dos sub-indicadores relacionados estão apresentadas na Figura 20.

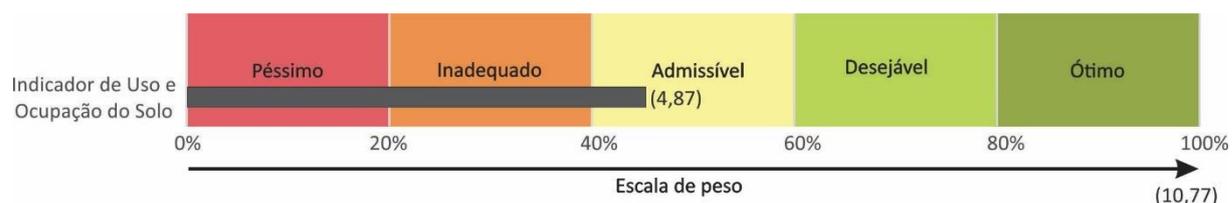
Figura 20 – Sub-indicadores de Uso e Ocupação do Solo



Fonte: o autor, 2018.

A avaliação do grupo de Uso e Ocupação do Solo se apresentou “pobre” na escala de avaliação (Figura 21). Esta classificação se dá principalmente pelo índice de cobertura vegetal, o qual possui o maior peso no referido grupo, e tendo o seu valor final baixo, acarreta em uma depreciação do grupo como um todo.

Figura 21 – Indicador de Uso e Ocupação do Solo



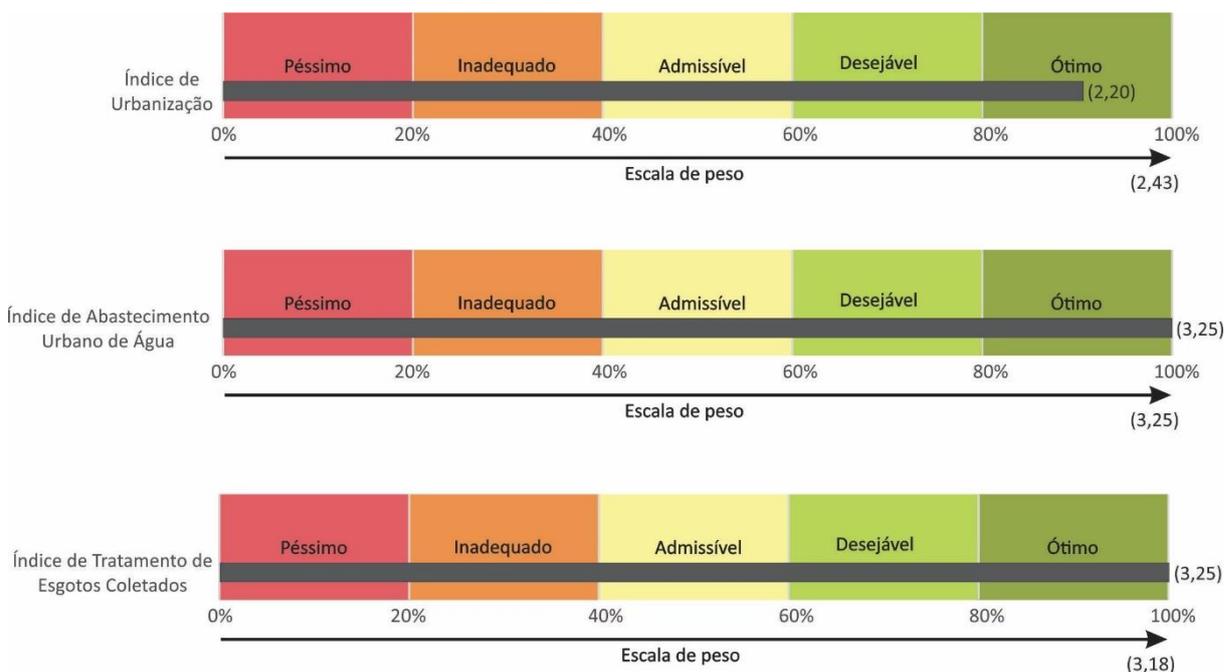
Fonte: o autor, 2018.

4.3.3 Urbanização e infraestrutura sanitária

O resultado dos sub-indicadores de Urbanização e Infraestrutura Sanitária se mostraram os mais positivos dentre todos os demais sub-indicadores analisados. O índice de urbanização teve sua classificação final como “ótima”, devido à pouca

presença de população urbana na bacia. Quando analisamos o índice de abastecimento urbano de água e o índice de tratamento de esgotos coletados, os dois sub-indicadores se apresentaram com a melhor classificação dentre todos os demais, classificados como “ótimos”, com 100% do peso total atingido. As avaliações dos sub-indicadores relacionados estão apresentadas na Figura 22.

Figura 22 – Sub-indicadores de Urbanização e Infraestrutura Sanitária



Fonte: o autor, 2018.

A análise do grupo de indicadores de urbanização e infraestrutura sanitária se mostrou o mais positivo diante dos outros dois grupos analisados, sendo classificado como “ótimo” (Figura 23). Esta classificação se dá em virtude da composição dos três sub-indicadores que se mostraram bem positivos em suas classificações individuais.

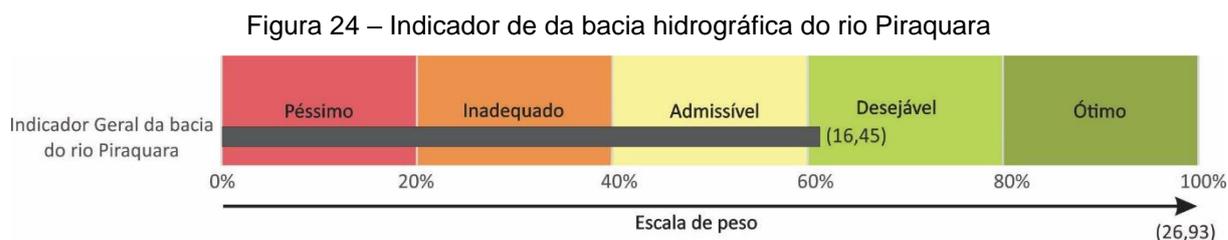
Figura 23 – Indicador de Urbanização e Infraestrutura Sanitária



Fonte: o autor, 2018.

Quando analisamos a bacia hidrográfica do rio Piraquara como um todo, ou seja, realizando a composição dos três grupos de indicadores elencados, a situação

obteve classificação final como “desejável”, porém muito próxima do limiar baixo da categoria, o que faz como que uma pequena alteração negativa em algum sub-indicador que possua um peso mais significativo acarrete em rebaixamento para a classificação “admissível”, deixando a bacia do rio Piraquara em sinal de alerta, conforme ilustrado na Figura 24.

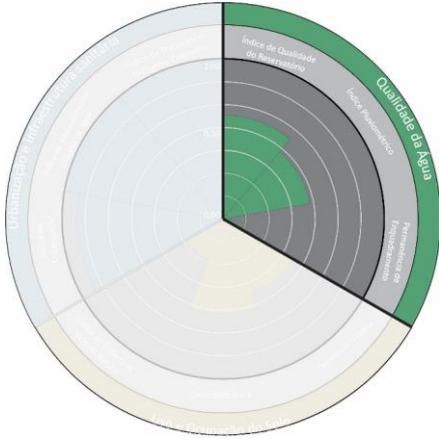


Fonte: o autor, 2018.

4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA

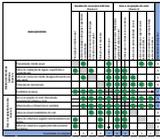
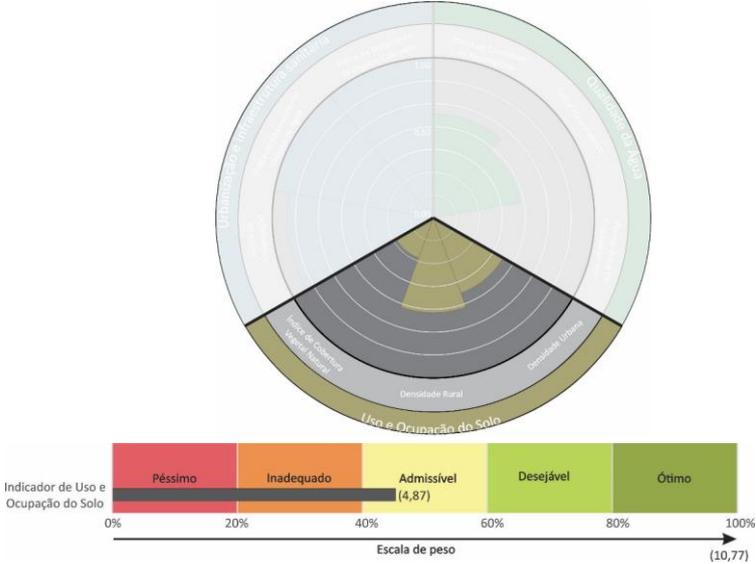
Além das avaliações apresentadas anteriormente, busca-se a ressaltar a relevância do modelo Pressão-Estado-Resposta como subsídio para a formulação de diretrizes tanto para a esfera dos recursos hídricos quanto para a de uso e ocupação do solo. A aplicação da metodologia Pressão-Estado-Resposta (Método 4) é realizada por meio das fichas de avaliação, resultante da junção dos métodos 1, 2 e 3 desta pesquisa. As fichas para cada um dos indicadores (Qualidade da Água, Uso e Ocupação do Solo, e Urbanização e Infraestrutura Sanitária) estão apresentadas na sequência. Tais fichas apresentam informações que vão desde o nome do grupo de temas ao qual o indicador faz parte; a descrição do sub-indicador; os sub-indicadores do grupo, indicando se os mesmos se tratam de uma pressão, um estado ou uma resposta; os sub-indicadores aos quais ele se relaciona diretamente; as metas a alcançar, consideradas “RESPOSTAS”, e tomadas como sugestão para os órgãos gestores, os quais devem reagir às respostas; além de uma avaliação geral do grupo, apresentando os resultados do mesmo. Adicionalmente, é apresentada uma ficha de avaliação geral, a qual trata da bacia hidrográfica do rio Piraquara como um todo, por meio da agregação de todos os sub-indicadores e indicadores apresentados ao longo da pesquisa.

Figura 25 – Ficha de avaliação 1: Qualidade da Água

Grupo de Temas	Capacidade produtiva do meio ambiente		
Nome	10. Recursos hídricos		
Nome	Qualidade da Água		
Descrição	Este indicador apresenta em síntese a situação da qualidade da água na bacia do rio Piraquara. O monitoramento da qualidade, tanto dos reservatórios Piraquara I e II quanto dos cursos d'água, é realizado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). A pluviosidade é medida pelas estações de monitoramento operadas pela Agência Nacional de Águas (ANA).		
Sub-indicadores componentes	Pressão	Tipo*	Resposta
Índice de Qualidade do Reservatório		Estado	
Índice Pluviométrico		X	
Permanência de Enquadramento		X	
		X	
			*Fonte: DGA (2000)
Sub-indicadores relacionados		Precipitação média anual; Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas; Índice de consumo médio da água fornecida via rede; Proteção de mananciais (%protegida adequadamente); Impermeabilização de áreas urbanas (%); Índice de cobertura vegetal natural; Índice de cobertura vegetal plantada.	
(Ver Quadro 7)			
Metas a alcançar - Sugestões (RESPOSTA)	<p>Índice de Qualidade do Reservatório:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Subir do nível "Moderadamente Degradado" para o nível "Pouco Degradado" em 2 anos; 2. Subir do nível "Pouco Degradado" para "Não Impactado a Muito Pouco Degradado" em 5 anos, mantendo a classe em pelo menos 50% do tempo; 3. Manter o nível "Não Impactado a Muito Pouco Degradado" em pelo menos 80% do tempo. <p>Permanência de Enquadramento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Chegar a Classe 2 nas quatro estações de monitoramento e manter a classe em pelo menos 50% do tempo. 2. Manter a Classe 2 em pelo menos 80% do tempo. 3. Manter a Classe 2 em 100% do tempo. <p>Obs.: O monitoramento dos índices, tanto de qualidade do reservatório quanto de qualidade do rio Piraquara, devem ser realizados mensalmente.</p>		
Avaliação do Grupo	 <p>Indicador de Qualidade Água</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>Escala de peso (7,30)</p> <p> Péssimo Inadequado Admissível Desejável Ótimo </p>		

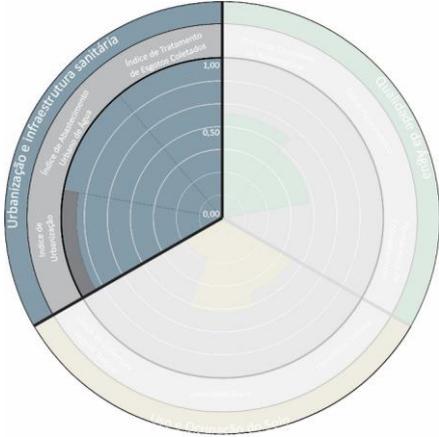
Fonte: o autor, 2018.

Figura 26 – Ficha de avaliação 2: Uso e ocupação do solo

Grupo de Temas	Capacidade produtiva do meio ambiente		
Nome	13. Degradação dos solos Uso e Ocupação do Solo		
Descrição	Este indicador apresenta em síntese a situação do nível de ocupação na bacia do rio Piraquara. As densidades, tanto urbana quanto rurais, demonstram o quantitativo populacional em relação à área ocupada. O índice de cobertura vegetal demonstra o grau de conservação natural em que a bacia se encontra.		
Sub-indicadores componentes	Pressão	Tipo* Estado	Resposta
Densidade Urbana		X	
Densidade Rural		X	
Índice de Cobertura Vegetal Natural		X	
			*Fonte: DGA (2000)
Sub-indicadores relacionados		Precipitação média anual; Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas; Índice de consumo médio da água fornecida via rede; Proteção de mananciais (%protegida adequadamente); Qualidade da água; Impermeabilização de áreas urbanas (%); Índice de cobertura vegetal natural; Índice de cobertura vegetal plantada.	
(Ver Quadro 7)			
Metas a alcançar - Sugestões (RESPOSTA)	<p>Densidade Urbana</p> <p>1. Limitação à expansão urbana, com o intuito de manter as densidades encontradas no mesmo nível.</p> <p>Densidade Rural</p> <p>1. Limitação à expansão rural, com o intuito de manter as densidades encontradas no mesmo nível.</p> <p>2. Incentivo a recuperação de matas ciliares, com proposta de manutenção de pelo menos 35% de áreas de preservação permanente, por propriedade, no prazo de 5 anos.</p> <p>Índice de Cobertura Vegetal Natural</p> <p>1. Aumento do índice de cobertura para 30% no prazo de 2 anos</p> <p>2. Aumento do índice de cobertura para 35% no prazo de 5 anos.</p>		
Avaliação do Grupo	 <p>Indicador de Uso e Ocupação do Solo</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>Escala de peso (10,77)</p>		

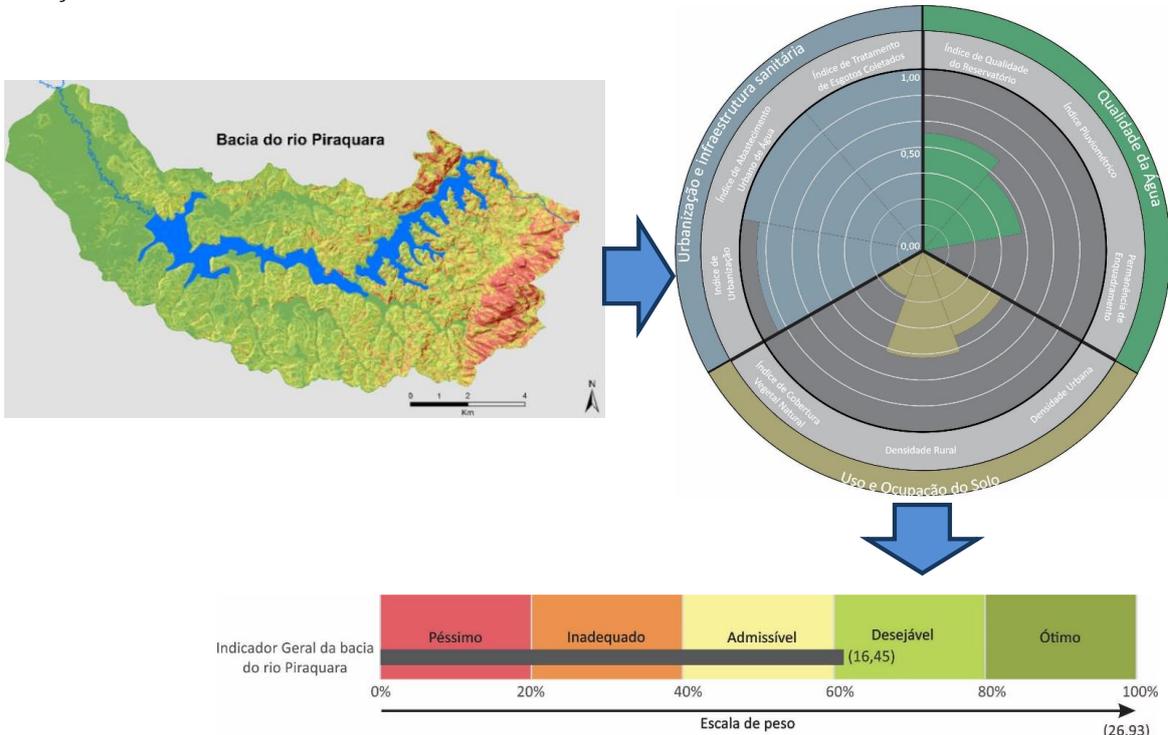
Fonte: o autor, 2018.

Figura 27 – Ficha de avaliação 3: Urbanização e infraestrutura sanitária

Grupo de Temas	Capacidade de suporte do meio ambiente 6. Qualidade do meio ambiente urbano		
Nome	Urbanização e Infraestrutura Sanitária		
Descrição	Este indicador apresenta em síntese o nível de qualidade urbana na bacia do rio Piraquara. O Índice de urbanização mostra o quanto da bacia é urbanizada, ou seja, quanto do efetivo populacional total é caracterizado como urbano. O índice de abastecimento de água mostra o quanto da população urbana é atendida por rede de abastecimento de água. Já o índice de tratamento de esgotos mostra o quantitativo desta população que possui o serviço de tratamento de esgoto.		
Sub-indicadores componentes	Pressão	Tipo* Estado	Resposta
Índice de Urbanização	X		
Índice de Abastecimento Urbano de Água			X
Índice de Tratamento de Esgotos Coletados			X
			*Fonte: DGA (2000)
Sub-indicadores relacionados (Ver Quadro 7)	 <p>Precipitação média anual; Índice de captação de águas superficiais e subterrâneas; Índice de consumo médio da água fornecida via rede; Proteção de mananciais (%protegida adequadamente); Qualidade da água; Uso e ocupação do solo: Densidade populacional urbana e rural; Impermeabilização de áreas urbanas (%); Índice de cobertura vegetal natural; Índice de cobertura vegetal plantada.</p>		
Metas a alcançar - Sugestões (RESPOSTA)	<p>Índice de Urbanização</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Manutenção da situação atual do índice por, pelo menos, 5 anos. <p>Índice de Abastecimento Urbano de Água</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Manutenção do índice atual; 2. Extensão da cobertura de atendimento para as áreas rurais. <p>Índice de Tratamento de Esgotos Coletados</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Manutenção do índice atual; 2. Aumento do índice de coleta de esgotos para 80% nos próximos 5 anos; 3. Aumento do índice de coleta de esgotos para 100% nos próximos 10 anos. 		
Avaliação do Grupo	 <p>Indicador de Urbanização e Infraestrutura Sanitária</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>Escala de peso</p> <p>(8,63)</p> <p>(8,86)</p>		

Fonte: o autor, 2018.

Figura 28 – Ficha de avaliação 4: bacia do rio Piraquara

Nome	Síntese da bacia do rio Piraquara		
Descrição	Apresenta o indicador síntese da bacia do rio Piraquara, resultante da agregação dos 9 sub-índices pertencentes aos 3 grupos de indicadores base desta pesquisa.		
Indicador componente	Pressão	Tipo Estado X	Resposta
	Indicador da bacia do rio Piraquara		
Indicadores e Sub-índices relacionados	Qualidade da Água Índice de Qualidade do Reservatório Índice Pluviométrico Permanência de Enquadramento	Uso e Ocupação do Solo Densidade Urbana Densidade Rural Índice de Cobertura Vegetal Natural	Urbanização e Infraestrutura sanitária Índice de Urbanização Índice de Abastecimento Urbano de Água Índice de Tratamento de Esgotos Coletados
Avaliação Geral	 <p>Indicador Geral da bacia do rio Piraquara</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>Péssimo Inadequado Admissível Desejável Ótimo</p> <p>Escala de peso (26,93)</p>		
Metas a alcançar - Sugestões (RESPOSTA)	Indicador da bacia do rio Piraquara <ol style="list-style-type: none"> Integração dos órgãos gestores de recursos hídricos e uso e ocupação do solo; Integração das políticas públicas inerentes aos dois setores; Aplicação e fiscalização do cumprimento das políticas públicas atuais; Proposta de criação de instrumentos de gestão intermunicipais; Políticas de incentivo à preservação e conservação dos recursos naturais da bacia; Criação de dispositivos que possam frear ou minimizar o avanço da mancha urbana na direção da bacia. 		

Fonte: o autor, 2018.

4.5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A discussão de resultados adiante apresentada diz respeito às três fichas de avaliação presentes no *item 4.1.4 Aplicação da metodologia Pressão-Estado-Resposta*, as quais foram agrupadas sobre os três grupos de indicadores base desta pesquisa: Qualidade da água, Uso e ocupação do solo, e Urbanização e Infraestrutura Sanitária, além da ficha de avaliação geral da bacia hidrográfica do rio Piraquara.

Os resultados apresentados na “Ficha de avaliação 1”, a qual trata do indicador de Qualidade da Água, dizem respeito aos sub-indicadores de “Índice de Qualidade do Reservatório”; “Índice Pluviométrico”, e “Permanência de Enquadramento”, sendo todos caracterizados como sub-indicadores de Estado.

Para este grupo é possível avaliar que o “Índice de Qualidade do Reservatório” apresentou um grau de situação desejável, apesar de ter sido classificado como “moderadamente degradado” na escala de classes de qualidade dos reservatórios. Este fato pode ser reflexo da grande quantidade de água existente nos dois reservatórios em questão, o que facilita a diluição de efluentes, sejam eles domésticos ou de outras fontes pontuais e difusas, acarretando em uma melhor avaliação dos parâmetros que compõe o índice em questão. No entanto, caso as pressões sobre este sub-indicador se intensifiquem, há uma forte tendência para que o mesmo apresente números piores nos próximos anos. As pressões mais significativas são a demanda pelos recursos hídricos, provenientes de grande parte da RMC, à qual a bacia do rio Piraquara disponibiliza suas águas para os diversos setores usuários; a supressão da vegetação no entorno do reservatório, ocasionada por diversos fatores como a utilização da área para agricultura e pecuária; e a pressão imobiliária para ocupação dos terrenos, visto a área ser favorável à construção de chácaras e áreas de lazer.

Nesse sentido, vale ressaltar a necessidade de melhorias relacionadas a este sub-indicador, com o intuito da conservação dos mananciais. Tais melhorias podem ser realizadas tomando como subsídio a questão do poluidor-pagador, o qual consiste na obrigação do poluidor se responsabilizar pelos custos de reparação dos danos ambientais por ele causados, e também a questão do usuário-pagador, que consiste no usuário dar uma contrapartida pelo direito de uso de um recurso natural, com vistas a uma gestão sustentável. Este último já é preconizado na Política Nacional de

Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), por meio do instrumento de cobrança pelo uso de recursos hídricos. Em consonância, a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), estabelece nos seus princípios a questão do poluidor-pagador. Não obstante, a referida lei estabelece ainda o princípio do protetor-recebedor, o qual se configura na compensação financeira por serviços ambientais, ou seja, proporciona aos atores sociais o recebimento de uma importância em troca de práticas protecionistas ao meio ambiente. Uma das formas mais conhecidas é o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), o qual preconiza que todo ente que promove alguma tipologia de serviço de proteção ao meio ambiente, e que desta forma beneficia a sociedade, deve receber por ela. Desta forma, atividades de proteção ao meio ambiente devem ser objeto de incentivo aos proprietários de terras na área da bacia hidrográfica do rio Piraquara, beneficiando não somente a população inerente à ela, mas também a população da RMC que depende das águas da bacia.

Diretamente relacionado ao sub-indicador anterior, a avaliação do “Índice Pluviométrico” permeia sob a melhora no índice de qualidade do reservatório quando há um aumento na quantidade de chuvas, auxiliando a manutenção do volume do reservatório em níveis ótimos, facilitando assim a diluição de efluentes. O resultado deste sub-indicador apontou uma situação admissível na escala de avaliação, o que pode estar ligado à falta de estações pluviométricas, e que poderia sintetizar um resultado mais preciso para a área da bacia em questão. Outro fator que pode estar relacionado com os índices pluviométricos são as pressões sobre este sub-indicador, como a urbanização na área da bacia, o que aumenta a impermeabilização do solo, reduzindo assim a evapotranspiração, e reduzindo os índices pluviométricos e, da mesma forma que o sub-indicador anterior, a supressão vegetal acarreta no aumento da velocidade de escoamento superficial da água, dificultando também a evapotranspiração.

Já a análise do sub-indicador “Índice de Qualidade da Água”, o qual avaliou a porcentagem de tempo de permanência do rio na classe 2 estipulada, obteve o pior resultado no grupo, sendo classificado como péssimo na escala de avaliação. Este fato está diretamente ligado ao indicador anterior, visto que a redução nos índices pluviométricos dificulta a diluição de efluentes nos corpos d’água. Este fato é maximizado pelos cursos d’água se apresentarem com comprimentos de talvegue pequenos, e conseqüentemente baixas vazões, fazendo com que a carga de efluentes

chegue em níveis elevados ao rio Piraquara. Estas cargas são, em sua grande maioria, domésticas, e provenientes das inúmeras chácaras e áreas de lazer que estão localizadas no entorno do reservatório, e que despejam seus efluentes *in natura* nos corpos d'água afluentes do rio Piraquara. Este fato, configurado como uma das principais pressões antrópicas na área, já foi ressaltado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Piraquara, citando que 55% da população residente em áreas rurais do município de Piraquara não possui suas residências ligadas à rede de esgotamento sanitário (PIRAQUARA, 2016). Esta situação é reflexo da impossibilidade técnica-financeira da implantação de redes de coleta de esgoto em áreas rurais, ou seja, em virtude das baixas populações e grandes distâncias, a implantação destes sistemas acaba não sendo viável.

Quando os três sub-indicadores são avaliados em conjunto, formando assim o indicador de Qualidade da Água, a escala de avaliação aponta um valor admissível, porém muito próximo do limite inferior, ou seja, qualquer variação negativa para este indicador pode leva-lo a uma avaliação considerada inadequada. Nesse sentido, a gestão compartilhada e alinhada entre as esferas de recursos hídricos e uso e ocupação do solo entra em foco, buscando o cumprimento da legislação inerente a cada um dos setores, no entanto sem superposições que possam afetar um ou outro, e também que supere o recorte local, e empodere as comunidades locais, promovendo justiça socioambiental.

Desta forma, para que haja uma melhora no resultado dos sub-indicadores avaliados, e conseqüentemente para o indicador de qualidade da água, é que as metas foram traçadas, sendo que o cumprimento das mesmas depende exclusivamente de uma gestão alinhada entre os dois setores envolvidos. Esta afirmação indica que não é possível melhorar a qualidade da água, seja ela no reservatório ou nos cursos d'água que nele deságuam, sem que a gestão territorial seja realizada de forma correta e eficiente. Para tal, as metas estipuladas na “Ficha de avaliação 1” servem como sugestão aos órgãos gestores, seja no cumprimento dos níveis de atendimento ou no tempo de execução das mesmas.

Os resultados apresentados na “Ficha de avaliação 2”, a qual trata do indicador de Uso e ocupação do solo, dizem respeito aos sub-indicadores de “Densidade Urbana”; “Densidade Rural”, e “Índice de Cobertura Vegetal Natural”, sendo todos caracterizados como sub-indicadores de Estado.

Os sub-indicadores de “Densidade Urbana” e “Densidade Rural” apresentaram classificação “admissível” na escala de avaliação, com uma variação mais positiva para a densidade rural. Esta avaliação mediana pode estar relacionada principalmente à aproximação das áreas ocupadas no entorno do reservatório.

Conforme já ressaltado na fundamentação teórica, a área da bacia hidrográfica do rio Piraquara é respaldada pelo decreto que criou a APA Estadual do Piraquara, a qual tem como objetivo a proteção e conservação do ambiental natural ali presente. Assim sendo, a área deveria estar protegida e conservada em seu estado extremo, visto a importância municipal e regional que a bacia hidrográfica em questão possui. Cabe destacar também que alguns usos existentes na bacia e que são proibidos pelo decreto de criação da APA, como a agricultura, com a implantação de culturas temporárias, as quais fazem, por muitas vezes, a utilização de agrotóxicos, e ocupando cerca de 10,8% da área total da bacia, e a mineração, que apesar de não possuir uma área significativa na bacia, é um uso proibido pelo decreto.

Na análise do sub-indicador de “Índice de Cobertura Vegetal Natural” é notável a avaliação negativa, considerado na escala de avaliação como “inadequado”. Este fato está diretamente relacionado com os dois sub-indicadores anteriores, pertencentes ao mesmo grupo. Esta relação é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior for o avanço na urbanização da bacia, menor será o índice de cobertura vegetal. Para que este fato não ocorra, é necessária uma maior atuação do poder público na bacia, fazendo com que a legislação existente seja cumprida à risca em ambas as esferas, a de recursos hídricos e a territorial, e de forma integrada.

Quando os três sub-indicadores são avaliados em conjunto, formando assim o indicador de Uso e Ocupação do Solo, da mesma forma que o indicador de Qualidade da Água a escala de avaliação aponta um valor admissível, o que ressalta a necessidade de melhoria na gestão da bacia, com o intuito de melhorar os sub-indicadores deste grupo. Nesta linha, em termos de resposta dos órgãos gestores, e como forma de inibir as pressões antrópicas envolvidas, como exemplo a pressão imobiliária, a própria criação da APA Piraquara já se configura como um avanço, no entanto há necessidade de aplicação das restrições e proibições da mesma, principalmente em termos de fiscalização das ocupações nas imediações do reservatório, e campanhas que incentivem os proprietários a realizarem ações de preservação e conservação ambiental, tais como o Pagamento por Serviços

Ambientais (PSA), tal como já descrito anteriormente no indicador de qualidade da água.

Os resultados apresentados na “Ficha de avaliação 3”, a qual trata do indicador de Urbanização e infraestrutura sanitária, dizem respeito aos sub-indicadores de “Índice de Urbanização”, caracterizado como uma pressão; e o “Índice de Abastecimento Urbano de Água” e “Índice de Tratamento de Esgotos Coletados”, caracterizados como sub-indicadores de Resposta.

Os sub-indicadores de “Índice de Abastecimento Urbano de Água” e “Índice de Tratamento de Esgotos Coletados” obtiveram as melhores classificações dentre todos os sub-indicadores avaliados, incluindo aqueles dos outros dois grupos, tendo sido considerados “Ótimos” na escala de avaliação. Este fato é, em parte, devido aos grandes aportes investidos no município na área de saneamento, o que demonstra que as respostas para a urbanização da região têm sido efetivas. No entanto, por outro lado, cabe destacar que os valores que geraram esta avaliação positiva são relativos somente à área urbana da bacia, ou seja, uma porção relativamente pequena da área total e, mais especificamente no caso do índice de tratamento de esgotos coletados, a ressalva fica por conta de que o mesmo se refere somente ao montante de esgoto coletado. Nesse sentido, é válido o esforço para a extensão do índice de abastecimento de água para toda a área da bacia, principalmente nas áreas rurais, por meio da implantação de soluções individuais, como a construção de poços coletivos, além de efetivar a coleta e tratamento de todo o esgoto gerado na área urbana da bacia, é necessário também a implantação de soluções individuais nas áreas rurais, como por exemplo a construção de fossas sépticas de concreto. Tais ações são fundamentais para que as metas especificadas na “Ficha de Avaliação 03” sejam alcançadas, tendo como consequência a melhora significativa nos índices de qualidade da água, tanto no curso do rio Piraquara quanto nos dois reservatórios.

O sub-indicador de “Índice de Urbanização” também obteve uma classificação “Ótimo” na escala de avaliação, sendo o reflexo de grande parte da população residente na bacia ainda ser considerada rural. No entanto, considerando a Figura 7, a qual mostra a população por setor censitário, os setores nos quais há um maior contingente populacional, que são os mais escuros na referida figura, dizem respeito à áreas rurais, ou seja, que não dispõe de redes de distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto, gerando assim cargas poluidoras domésticas que afetam

diretamente a qualidade hídrica da bacia. Nesta situação há uma incompatibilidade entre órgão gestor urbano, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e a concessionária de saneamento básico, os quais diferem em sua compreensão do que realmente é considerado área urbana ou área rural na bacia, dificultando assim a efetivação de investimentos nos serviços básicos de saúde.

Quando analisamos os sub-indicadores de forma agregada, formando assim o indicador de “Urbanização e Infraestrutura Sanitária”, a escala de avaliação apontou “ótimo”, com um valor muito próximo do máximo da escala. É fato de que os três sub-indicadores avaliados neste grupo obtiveram ótimas avaliações, no entanto cabe destacar que as ressalvas apresentadas nas discussões individuais devem ser levadas em consideração de forma expressiva, com o intuito de não proporcionar uma visão global positiva da bacia, atestando que os problemas sobre estes sub-indicadores existem em grandes porções da bacia, e são extremamente prejudiciais à qualidade socioambiental da bacia. Em termos de resposta dos órgãos gestores, e como o intuito de já prevenir um possível aumento no índice de urbanização da bacia, o município de Piraquara elaborou o Plano Municipal de Saneamento Básico, com diretrizes e metas para as quatro esferas elencadas no estudo: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana, e resíduos sólidos. Não obstante, há ainda o Plano Diretor Municipal, que deve ser tomado como o principal instrumento regulador territorial do município, com a ressalva de que há a necessidade de uma atualização. O Plano Municipal de Saneamento Básico vem à tona também com o intuito de contrabalancear as pressões antrópicas da bacia, como o crescimento populacional, e que geram a necessidade de investimentos, tais como a disponibilização de água tratada e coleta e tratamento de esgotos para os munícipes, serviços estes que estão sendo prestados com excelência.

Quando avaliamos, por fim, a área de estudo desta pesquisa, a bacia hidrográfica do rio Piraquara, sintetizada na “Ficha de Avaliação 4”, a situação se mostrou, de certa forma, favorável perante todos os indicadores e sub-indicadores avaliados, sendo classificada como “desejável” na escala de avaliação. No entanto, cabe destacar que a avaliação está muito próxima do limite mínimo, ou seja, uma leve variação em algum sub-indicador que tenha um peso maior na composição geral, já determinaria um decaimento na classe.

Os indicadores e sub-indicadores avaliados para a bacia hidrográfica do rio Piraquara se mostraram bastante heterogêneos, com classificações que variaram do nível “péssimo” ao “ótimo”, o que mostra que existem pontos positivos, os quais devem ser mantidos e, na medida do possível, melhorados, e por outro lado há também pontos negativos, que devem passar por uma análise mais criteriosa pelos órgãos gestores, principalmente aqueles que sustentaram esta pesquisa, o de recursos hídricos e o de uso e ocupação do solo.

Em suma, e de forma a ressaltar o cumprimento tanto do objetivo geral quanto dos objetivos específicos, as pressões antrópicas foram explicitadas, tendo a expansão urbana e a supressão vegetal como as mais significativas, e também são as que trazem os maiores danos à bacia hidrográfica como um todo, especialmente em termos quali-quantitativo dos recursos hídricos. Assim sendo, explicita-se que a área da bacia hidrográfica do rio Piraquara está restrita à ocupação urbana e ao uso e ocupação do solo, tendo a qualidade e quantidade de água como os principais fatores limitantes para tal. Cita-se ainda que o aparato legal inerente à bacia deve ser respeitado e fiscalizado, além de haver necessidade de integração das equipes responsáveis para estas funções, provindas dos órgãos gestores, principalmente aqueles diretamente dependentes da bacia em tela.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Viabilizar uma aproximação entre as políticas públicas inerentes à gestão dos recursos hídricos e a gestão territorial é, sem dúvida, um dos maiores desafios atuais, e talvez seja a ação mais urgente e delicada a ser tomada pelos gestores envolvidos nestas esferas. Essa dificuldade na integração das políticas públicas é conhecida de longa data, e parte da própria lógica organizacional das instituições, as quais se apresentam fragmentadas e, no caso da gestão dos recursos hídricos, muitas vezes acabam por se fragmentar ainda mais quando há um diferente propósito ou tipologia de uso, criando diferentes instituições para administrá-las.

Esta inércia entre os setores envolvidos e analisados nesta pesquisa, sejam eles em nível federal, estadual ou municipal, contribui para que a qualidade de vida na bacia hidrográfica da bacia do rio Piraquara, e de seus municípios dependentes diretos, fique comprometida. Exterioriza-se desta constatação a necessidade de recomendação e criação de arranjos político-institucionais que atendam os interesses dos municípios que dependem das águas da bacia do rio Piraquara. Uma possível saída para esta questão seria a atribuição de um papel central ao planejamento regional, superando, desta forma, a característica fracionada que as políticas públicas possuem atualmente.

Nesse sentido, uma opção para a resolução desta questão, e que se configura como uma resposta por parte dos órgãos gestores, seria a incorporação de instrumentos mais eficazes de gestão de uso e ocupação do solo nos Planos Diretores Municipais, sempre levando em consideração as diretrizes contidas nos planos de recursos hídricos das diversas esferas de governo, bem como a inclusão de instrumentos de âmbito jurídico, econômico e ambiental, voltados para um desenvolvimento urbano mais sustentável. No entanto, os Planos Diretores carecem de instrumentos de gestão intermunicipal, com o intuito de que o desenvolvimento urbano de um município não restrinja ou prejudique o desenvolvimento urbano de qualquer outro município pertencente à mesma área de interesse.

Este fato é evidente na Região Metropolitana de Curitiba, onde a mancha urbana do próprio município de Piraquara e dos municípios adjacentes, como Pinhais e São José dos Pinhais, já se encontra muito próxima do limite da bacia. De forma

indireta, porém é evidente ser a maior das pressões, o crescimento do município de Curitiba também exerce grande influência sobre a bacia, devido à grande demanda de consumo. Considerando estas afirmações, destaca-se que nada ou muito pouco está se fazendo para que a mancha urbana deixe de avançar em direção à bacia.

Acrescido a isto, a bacia hidrográfica do rio Piraquara, por possuir esta característica de manancial abastecedor da RMC, deve ser objeto de proteção integral, e para tal, o município deve ser beneficiado por ter seu território tão importante para os demais municípios que usufruem da sua água. Este benefício já se faz presente, por meio do pagamento de *royalties* pelo volume de água captado na bacia. No entanto, o valor é extremamente baixo em relação à sua importância regional, ficando assim a necessidade de rever o valor pago ao município de Piraquara para que o mesmo possa garantir, dentro de suas obrigações, a continuidade da bacia hidrográfica do rio Piraquara como manancial de abastecimento.

As questões avaliadas e discutidas ao longo desta pesquisa, e ressaltadas na Ficha de Avaliação 4, demonstram que a bacia hidrográfica do rio Piraquara carece de estudos mais aprofundados sobre as esferas da gestão de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo, ressaltando que a referida bacia está fragilizada em termos ambientais e territoriais. Isto posto, e destacando que o objetivo da pesquisa foi alcançado, a garantia das condições hídricas da bacia, seja em termos quantitativos ou qualitativos, está condicionada à disposição de uso e ocupação do solo, a qual deve ser regulada pela órgão gestor urbano, com vistas à manter as finalidades principais da bacia hidrográfica do rio Piraquara: o abastecimento público e os demais serviços ambientais.

Desta forma, com o intuito de suprir as carências observadas, e também como uma possível continuidade desta pesquisa, ficam algumas lacunas que podem servir de ponto partida para estudos futuros:

- a) A questão da erosão laminar, já destacada como fragilidade de uso e ocupação do solo;
- b) O trabalho com indicadores mais específicos, ou seja, abarcar sobre um dos indicadores ou sub-indicadores apresentados nesta pesquisa e realizar inferências e medições *in loco*;
- c) Estudo de cenários para o cumprimento de diretrizes mais restritivas de recursos hídricos e uso e ocupação do solo;

- d) Estudo de aplicação de investimentos, utilizando os métodos descritos nesta pesquisa, porém considerando a variável econômica, ou seja, qual seria o investimento necessário para atingir uma determinada melhoria em um grupo de indicadores escolhido.
- e) Produção de mapas sociais, visando uma articulação com a comunidade local, incitando questões ligadas à justiça ambiental.

Isto posto, estas são as principais proposições de trabalhos futuros para a bacia hidrográfica do rio Piraquara, e que poderão proporcionar uma melhora significativa em termos ambientais, econômicos e sociais da área em questão.

REFERÊNCIAS

AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Apresentação**. 2017. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=25>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. **Dados para download**. 2018. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>>. Acesso em: 19 set. 2018.

AGUDO, Pedro Arrojo. *Planificación Hidrológica y sostenibilidad: nuevas claves em materia de gestión de aguas*. In: PRATS, José Maria Cuadrat (Coord.). **El Agua em El siglo XXI: gestión y planificación**. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, p.83-100, 2006.

ALMEIDA, Marco Antonio Plácido de; ABIKO, Alex Kenya. **Indicadores de salubridade ambiental em favelas localizadas em áreas de proteção aos mananciais**: o caso da favela Jardim Floresta. EPUSP, 2000.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**. 2017. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

ANDREOLI, Cleverson Vitório; DALARMI, Osvaldo; ADERLENI, Inês Lara; ANDREOLI, Fabiana de Nadai. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. **SANARE – Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v. 12, n. 12, p. 31-42, 1999.

BAHRI, A. **Integrated urban water management**. *GWP Tec background papers*. Global Water Partnership, Stockholm, 2012.

BARBOSA JUNIOR, Antenor Rodrigues. Hidrologia Aplicada. **Regularização de Vazão**. 2016. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%206/Regularizacao%20de%20Vazoes.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

BARREIROS, Mário Antônio Ferreira, ABIKO, Alex Kenya. **Reflexões sobre o parcelamento do solo urbano**. Boletim Técnico da Escola Politécnica de São Paulo; São Paulo, 1998.

BASSUL, José Roberto. Reforma urbana e Estatuto da Cidade. **EURE** (Santiago), v. 28, n. 84, p. 133-144, 2002.

BIDOKI, S. M.; WITTLINGER, R.; ALAMDAR, A.A.; BURGER, J. *Eco-efficiency analysis of textile coating materials*. **Journal of the Iranian Chemical Society**, v. 3, n. 4, p. 351-359, 2006.

BOSSSEL, H. **Indicators of sustainable development: theory, method, applications: a report to the Balaton Group**. Winnipeg: ISD, 1999.

BRAGA, Tania Moreira; FREITAS, Ana Paula Gonçalves de; DUARTE, Gabriela de Souza; CAREPA-SOUZA, Júlio. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, v. 14, n. 3, 2009.

BRASIL. Decreto Federal 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, 20 de julho de 1934.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, 19 de dezembro de 1979.

BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole. **Diário Oficial da União**, 12 de janeiro de 2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 20 mai. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, 9 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 19 jun. 2017.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana (Estatuto da cidade). **Diário Oficial da União**, 11 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 20 mai. 2018.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 3.640**. Inclui diretrizes para a Política Nacional do Planejamento Regional Urbano, cria o Sistema Nacional de Planejamento e Informações Regionais Urbanas e dá outras providências. 2004. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=215215&filename=PL+3460/2004>. Acesso em 18 jul. 2018.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução normativa n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as

condições e padrões de lançamento de fluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 8 ago. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 jan. 2007, p. 3. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 20 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, 25 de maio de 2012.

BRIGUENTI, Éderson Costa. **O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do Ribeirão Anhumas**, 2005. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP, Campinas, 2005.

CAMARGO, Aspásia Brasileiro Alcântara de. Atualidade do Federalismo: Tendências Internacionais e a Experiência Brasileira. In: VERGARA, Sylvia Constant; CORREA, Vera Lucia de Almeida (Orgs.). **Propostas para uma Gestão Pública Municipal Efetiva**. Rio de Janeiro, Editora FGV, 2003.

CAMPANA, Néstor Aldo; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 12, n. 2, p. 79-94, 1994.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira. **Controle de Inundações em Bacias Metropolitanas, Considerando a Integração do Planejamento do Uso do Solo à Gestão dos Recursos Hídricos**. Estudo de Caso: Bacia dos Rios Iguaçu/Sarapuí na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2008.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; CARDOSO, Adauto Lucio; ZAMPRONIO, Gustavo Bezerra; MARTINGIL, Melissa de Carvalho. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. **Ambiente & Sociedade**, v. 13, n. 1, 2010.

CASTRO, Frederico do Valle Ferreira de, ALVARENGA, Luciano José, MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. A Política Nacional de Recursos Hídricos e

a gestão de conflitos em uma nova territorialidade. **Revista do Departamento de Geografia/Programa de Pós-graduação em Geografia IGC-UFMG**. v. 1, n. 1 (jul./dez.) 37-50, Belo Horizonte, 2005.

CAVALCANTI, Clovis (Org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. Cortez, 2001.

CAVALCANTI, Clovis. **Concepções da economia ecológica**: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. *Estudos avançados*, v. 24, n. 68, p. 53-67, 2010.

COELHO, Ana Carolina Pinto. **Agregação de novas variáveis no processo de planejamento urbano e regional sob a perspectiva de gestão de recursos hídricos**. 2004. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

CONTE, Maria; ARANTES, L. A.; BREDA, C.C.; CASTRO, A. M.; LEOPOLDO, P.R. . Qualidade da água em cachoeiras turísticas da região de Botucatu-SP: avaliação preliminar. In: **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 27. ABES, 2000. p. 1-7 [t. XV].

COSTA, Geraldo Magela, PACHECO, Pollyanna Dias. Planejamento Urbano no ambiente Metropolitano: o caso do município de Nova Lima na Região Metropolitana de Belo Horizonte. In: COSTA, Heloisa Soares de Moura (Org.); COSTA, Geraldo Magela; MENDONÇA, Jupira Gomes de; MONTE-MÓR, Roberto Luis de (colaboradores). **Novas Periferias Metropolitanas – A expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades no Eixo Sul**, Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

COSTA, Marco Aurélio; MARGUTI, Bárbara Oliveira (Orgs.). **Funções públicas de interesse comum nas metrópoles brasileiras**: transportes, saneamento básico e uso do solo. 2014.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo; LAMPARELLI, Marta Condé; MENEGON JR., Nelson. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 159-168, 2013.

DAHL, Arthur Lyon. *The big picture: comprehensive approaches*. In: MOLDAN, G.; BILHARZ, S. (Eds.) **Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997.

DALY, Herman Edward.; COBB, John B. **For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future**. Beacon Press, 1994.

DGA - Direcção Geral do Ambiente. **Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Portugal, 2000.

DOUROJEANNI, Axel, JOURAVLEV, Andrei. **Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos**. CEPAL - *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 1999.

FELDMAN, Sarah. Avanços e limites na historiografia da legislação urbanística no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 4, 2001.

FENDRICH, Roberto; OBLADEN, Nicolau L.; AISRE, Miguel M.; GARCIAS, Carlos M.; ZENY, Ana S. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Editora Universitária Champagnat, 1984.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. **Mapas SOS Mata Atlântica**. 2014. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

GALLOPIN, Gilberto Carlos. *Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach*. **Environmental modeling & assessment**, v. 1, n. 3, p. 101-117, 1996.

GARCIAS, Carlos Mello. **Indicadores de qualidade dos serviços e infra-estrutura urbana de saneamento**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

GIACCHINI, Margolaine. O método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água de chuva. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2016. 29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – **Anais...** Foz do Iguaçu, Brasil, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GOOGLE MAPS. **[Bacia hidrográfica do rio Piraquara]**. 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-25.4899515,-49.0235862,12429m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>>. Acesso em: 29 mai. 2018

GOUVÊA, Ronaldo Guimarães. **A questão metropolitana no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005, 324 p.

HAMMOND, Allen; ADRIAANSE, Albert; RODENBURG, Eric; BRYANT, Dirk; WOODWARD, Richard. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, DC: *World Resources Institute*, 1995.

HANNA, Kevin S.; WEBBER, Steven M.; SLOCOMBE, D. Scott. *Integrated ecological and regional planning in a rapid-growth setting*. **Environmental management**, v. 40, n. 3, p. 339, 2007.

HUNSAKER, Carolyn T.; JACKSON, Barbara L.; SIMCOCK, Adam. *Regional assessment for watershed management in the Mid-Atlantic states*. **Watershed management: Practice, policy and coordination**. New York: McGraw-Hill, p. 11-34, 1998.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da Bacia do Alto Iguaçu, na região metropolitana de Curitiba, no período de 2005 a 2009**. 2009. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=415>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. Monitoramento de Rios e Reservatórios. **Relatório da Qualidade das Águas dos Reservatórios do Estado do Paraná**. 2017. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=415>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de informações básicas municipais** – suplemento de meio ambiente, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Último Acesso: em 29 mai. 2017.

JOURAVLEV, Andrei. **Los municipios y la gestión de los recursos hídricos**. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*. CEPAL - *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, n. 66, 2003.

KOLOGY, Helena. **Sinfonia da vida**. Curitiba: Editora Letraviva, 1997.

LACERDA, Norma; MARINHO, Geraldo; BAHIA, Clara; QUEIROZ, Paulo; PECCHIO, Rubén. Planos diretores municipais. Aspectos legais e conceituais. **Revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 7, n. 1, 2005.

LANNA, Antônio Eduardo Leão. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995.

LANNA, Antônio Eduardo Leão. Gestão dos Recursos Hídricos. In: TUCCI, Carlos. Eduardo. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, 1997.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2001.

LEITÃO, Sanderson Alberto Medeiros. **Escassez de água na cidade**: riscos e vulnerabilidades no contexto da cidade de Curitiba/PR. 248 f. 2009. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Defesa: Curitiba, 03/11/2009, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1884/24200>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

LIMA, Cristina de Araújo. **A ocupação de áreas de mananciais na região metropolitana de Curitiba**: do planejamento à gestão ambiental urbana-metropolitana. 2000. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). MADE. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LOW-BEER, Jacqueline Doris, CORNEJO, Ione Koseki. **Instrumento de gestão integrada da água em áreas urbanas**. Subsídios ao Programa Nacional de Despoluição das Bacias Hidrográficas e estudo exploratório de um programa nacional de apoio à gestão integrada. Relatório de Andamento. Extrato de resultados preliminares de pesquisa (módulo Institucional). Convênio FINEP CT-HIDRO 23.01.0547.00. Universidade de São Paulo, Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas, 2002.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos**: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 688p. il.

MARICATO, Ermínia. **Urbanismo na periferia do mundo globalizado**: metrópoles brasileiras. São Paulo em perspectiva, v. 14, n. 4, p. 21-33, 2000.

MARICATO, Ermínia. Metrópole, periférica, desigualdade social e meio ambiente. In: Viana G. (Org.). **O desafio da sustentabilidade**. São Paulo. Ed. Perseu Abramo, 2001, V., p. 215-232.

MARINATO, Cristina Fiorin. **Integração entre a gestão de recursos hídricos e a gestão municipal urbana**: estudo da inter-relação entre instrumentos de gestão. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

MARQUES, Paulo Henrique Carneiro. **Integração entre ecologia de bacias hidrográficas e educação ambiental para a conservação dos rios da Serra do Mar no estado do Paraná**. 2004. 189f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MARTINS DE SÁ, Rafael Amorim; CARVALHO, Ana Luiza Souza; BARBOSA, Ycarim Melgaço; BARSCH, Bruna; ARAÚJO FILHO, Alberto Rodrigues de. **Estatuto**

da Metrópole: a governança interfederativa. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 9, n. 2, 2017.

MARZALL, Kátia; ALMEIDA, Jalcione. **Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas:** Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.

MENDONÇA, Francisco de Assis. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 10, p. 139-148, 2004.

MENDONÇA, Francisco de Assis; SANTOS, Leonardo José Cordeiro. Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas: uma abordagem geográfica. **Revista Geografia**, Rio Claro, SP, v. 31, n. 1, p.103-117, 2006.

MILARÉ, Édis. Instrumentos Legais e Econômicos Aplicáveis aos Municípios. Sistema Municipal do Meio Ambiente – SISMUNA/SISNAMA. In: Arlindo Philippi Jr. (Ed.). **Municípios e meio ambiente:** perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

MITCHELL, Valerie Grace. *Applying integrated urban water management concepts: a review of Australian Experience.* **Environmental Management**, Nova Iorque, EUA, v. 37, n.5, p. 589–605, 2006.

MOLLE, François. *River-basin planning and management: The social life of a concept.* **Geoforum**, v. 40, n. 3, p. 484-494, 2009.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Comissão Brundtland. **Towards Sustainable Development — Indicators to Measure Progress.** In: OCDE Rome Conference, 1987.

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Organization for Economic Cooperation and Development.* **Coreset of indicators for environmental performance reviews.** Paris: OECD, 1993.

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Organization for Economic Cooperation and Development.* **OECD Environmental Indicators – Development, Measurement and Use.** Reference Paper. Paris: OECD, 2003.

OLIVEIRA, Paula Cristina Almeida de; RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; RODRIGUES, Silvio Carlos. Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia

hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 3, n. 1, 2008.

PARANÁ. Decreto Estadual nº 1.754, de 6 de maio de 1996. Instituída a Área de Proteção Ambiental na área de manancial da bacia hidrográfica do rio Piraquara, denominada APA Estadual do Piraquara, localizada no Município de Piraquara. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 6 de maio de 1996. Disponível em: <http://www.comec.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacoes/DecretoEstadual_1754_96.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

PARANÁ. Lei Estadual nº 12.248, de 31 de julho de 1998. Cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana de Curitiba. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 3 de agosto de 1998. Disponível em: <<http://www.comec.pr.gov.br/arquivos/File/leie12248-98.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

PARANÁ. Lei Estadual nº 12.726, de 29 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 29 de novembro de 1999. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=5849&codItemAto=40340>>. Acesso em: 8 ago. 2018.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). **Recomendações para a elaboração do plano municipal de gestão dos recursos hídricos**. 2008. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/rh_pm_recomendacoes.pdf>. Acesso em: 8 set. 2018.

PEIXOTO, Monica Campolina Diniz. **Expansão urbana e proteção ambiental**: um estudo a partir do caso de Nova Lima/MG. COSTA, GM, 2006.

PELLIZZARO, Patrícia Costa; HARDT, Letícia Peret Antunes; BOLLMANN, Harry Alberto; HARDT, Carlos. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná. **Cadernos MetrÓpole**, n. 19, 2008.

PEREIRA, Elson. Manoel. Zoneamento Urbano e Habitação de Interesse Social. In: Seminário Internacional Gestão da Terra e Habitação de Interesse Social, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, 2000.

PHILIPPI JR., Arlindo, ZULAUF, Werner. Estruturação dos Municípios para a Criação e Implementação do sistema de Gestão Ambiental. In: PHILIPPI JR, Arlindo (Ed.). **Municípios e meio ambiente**: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

PIRAQUARA. Lei Municipal nº 854, de 9 de outubro de 2006. Institui o plano diretor, estabelece objetivos, instrumentos e diretrizes para as ações de planejamento no município de Piraquara e dá outras providências. Piraquara, 09 out. 2006.

PIRAQUARA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Produto 2.1 - Caracterização Geral do Município.** Piraquara, 2016. Disponível em: <[http://www.piraquara.pr.gov.br/aprefeitura/secretariaseorgaos/meioambiente/upload/Address/P06_-_Produto_Final-R04_-_Parte_02_-_Caracterizao_do_Municipio\[7508\].pdf](http://www.piraquara.pr.gov.br/aprefeitura/secretariaseorgaos/meioambiente/upload/Address/P06_-_Produto_Final-R04_-_Parte_02_-_Caracterizao_do_Municipio[7508].pdf)>. Acesso em: 8 set. 2018.

PIZAIA, Marcia Gonçalves; ALVES, Rozane; CÂMARA, Marcia Regina Gabardo da; JUNGLES, Antônio Edésio; GOMES, Rita de Cássia de Oliveira; GODOY, Marcia Regina. **A política regulatória do uso da água:** estudo de caso para o Estado do Paraná. Cadernos EBAPE. BR, v. 2, n. 3, p. 01-15, 2004.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** 2013. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/piraquara_pr#caracterizacao#habitaca>. Último Acesso em: 29/05/2017.

PORTO, Monica Ferreira do Amaral; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas:** Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PRESTES, Marcia Ferreira. **Indicadores de sustentabilidade em urbanização sobre áreas de mananciais:** uma aplicação do barômetro da sustentabilidade na ocupação do Guarituba–Município de Piraquara–Paraná. 2010.

RAHAMAN, Muhammad Mizanur; VARIS, Olli. *Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges.* **Sustainability: science, practice and policy**, v. 1, n. 1, p. 15-21, 2005.

RAUBER, Denise; CRUZ, Jussara Cabral. Gestão de Recursos Hídricos: uma abordagem sobre os Comitês de Bacia Hidrográfica. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 125, p. 123-140, 2013.

ROORDA, Mariana Sophie. **A construção da lei de recursos hídricos do estado do Paraná e sua implementação.** 189 p. Monografia (Especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos) – Programa de Especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos. Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

RUTHERFORD, Ian D. **Use of models to link indicators of sustainable development.** *Scope-Scientific Committee on Problems of the Environment International Council Of Scientific Unions*, v. 58, p. 54-58, 1997.

SANCHES, Patrícia Mara. **O papel dos rios na cidade contemporânea: dimensão social e ecológica.** Seminário Nacional sobre o tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo—APPUrbana. São Paulo: USP, 2007.

SANTOS, I. **Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba.** 1997. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

SANTOS, Rosely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS FILHO, Altair Oliveira *et al.* **A evolução do código florestal brasileiro.** Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT, v. 2, n. 3, p. 271-290, 2015.

SAULE JÚNIOR, Nelson. **Novas perspectivas do direito urbanístico brasileiro.** Ordenamento constitucional da política urbana. Aplicação e eficácia do Plano Diretor. Porto Alegre, 1997.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; CHAVES, Adriana Goretti de Miranda; PEREIRA, Isabella de Castro. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Brasília: ANEEL: ANA, 2001. 328 p.

SILVA, A. M.; CORREIA, A. M. M.; CÂNDIDO, G. A. *Ecological Footprint Method: Avaliação da Sustentabilidade no Município de João Pessoa, PB.* In: CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas.** Campina Grande: UFCG, 2010, p. 236-271.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estela Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4 ed. rev. Atual. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SILVA, Ricardo Toledo; PORTO, Monica Ferreira do Amaral. **Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração.** Estudos avançados, v. 17, n. 47, p. 129-145, 2003.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **ABC do desenvolvimento urbano.** 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 7, p. 106.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a Cidade: uma introdução crítica ao planejamento e a gestão urbanas.** 8ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 1, p. 47.

SPRÖL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online), n. 15, p. 39-49, 2006.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Água no meio urbano. **Livro água Doce**, p. 1-40, 1997.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestión del Agua de América Latina**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p.1-16, 2008.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de Moraes. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

TUNSTALL, Dan. **Developing environmental indicators: definitions, frameworks, and issues**. *World Resources Inst.*, Washington, DC (EUA), 1992.

UNESCO. **Methodological guidelines for the integrated environmental evaluation of water resources development**. Projeto FP/5201-85-01/UNEP - *United Nations Environmental Programme*. Dr. Ludwig Hartmann (Coordenador). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Paris, 1987, 152p.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. FGV Editora, 2005.

VISSMAN Jr, Warren. *Integrated water management*. **Journal of Contemporary Water Research and Education**. V. 106, n. 1, 2011.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. 2.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

VON MAYR, Georg. **Die gesetzmässigkeit im gesellschaftsleben**. Didemburg, 1877.

WILHEIM, Jorge. **O substantivo e o adjetivo**. Ed. Perspectiva, Ed. da Univ. de São Paulo, 1976.