

JAKELINE PERTILE MENDES

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DA SEGURANÇA
HÍDRICA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS PCJ: ESTUDOS DE CASO DAS SUB-
BACIAS DOS RIOS ATIBAIA E PIRACICABA**

CAMPINAS

2022

JAKELINE PERTILE MENDES

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DA SEGURANÇA
HÍDRICA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS PCJ: ESTUDOS DE CASO DAS SUB-
BACIAS DOS RIOS ATIBAIA E PIRACICABA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sustentabilidade do Centro de Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como exigência para obtenção do título de Mestra em Sustentabilidade.

Orientadora: Profa. Dra. Denise Helena Lombardo Ferreira.

Coorientadora: Profa. Dra. Cibele Roberta Sugahara.

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica elaborada por Vanessa da Silveira CRB 8/8423
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

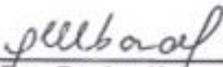
363.7 M538i	<p>Mendes, Jakeline Pertile</p> <p>Indicadores de sustentabilidade para gestão da segurança hídrica nas bacias hidrográficas PCJ: estudos de caso das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba / Jakeline Pertile Mendes. - Campinas: PUC-Campinas, 2022.</p> <p>136 f.: il.</p> <p>Orientador: Denise Helena L. Ferreira; Coorientador: Cibele Roberta Sugahara.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.</p> <p>Inclui bibliografia.</p> <p>1. Gestão ambiental. 2. Bacias hidrográficas. 3. Sustentabilidade. I. Ferreira, Denise Helena L.. II. Sugahara, Cibele Roberta III. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Economia e Administração. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade. IV. Título.</p> <p>CDD 22. ed. 363.7</p>
----------------	---

JAKELINE PERTILE MENDES

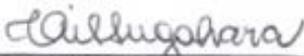
**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DA SEGURANÇA
HÍDRICA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS PCJ: ESTUDOS DE CASO DAS SUB-
BACIAS DOS RIOS ATIBAIA E PIRACICABA**

Este exemplar corresponde à redação final da
Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade
da PUC-Campinas, e aprovada pela Banca
Examinadora.

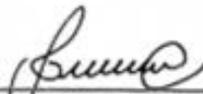
APROVADA: 25 de fevereiro de 2022.



Profa. Dra. Denise Helena Lombardo Ferreira
(Orientador- PUC-CAMPINAS)



Prof. Dra. Cibele Róberta Sugahara
(PUC-CAMPINAS)



Dr. Luciel Henrique De Oliveira
(PUC-MINAS)

DEDICATÓRIA

À natureza, que tanto me inspira; à minha avó paterna Nena, à minha avó materna Eugênia (*im memoriam*) e a minha mãe Marli, pela força e ancestralidade feminina; e ao meu amor Matheus.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todas as divindades, por terem me proporcionado saúde física, mental e espiritual neste momento de pandemia e isolamento social.

À minha orientadora Profa. Dra. Denise, pela dedicação, paciência, empatia, compreensão, proximidade e inspiração.

À minha coorientadora Profa. Dra. Cibele, pelos ensinamentos, discernimento e por trazer um olhar mais crítico sobre a Sustentabilidade.

À Profa. Dra. Celeste (*im memoriam*), que nos deixou em 2020, mas permanece presente no legado de sabedoria, generosidade e muita alegria.

Ao coordenador do Mestrado Prof. Dr. Samuel, pela paciência e por ser todo ouvido nos mais variados momentos, inclusive nos de aflição.

Ao Prof. Dr. Tadeu por todo conhecimento compartilhado sobre avaliação e indicadores de sustentabilidade, e por ter participado da banca de qualificação.

Ao Prof. Dr. Luciel, pela disponibilidade, pelos apontamentos na banca de defesa e riquíssimas contribuições.

Aos professores(as) e educadores(as) que ministraram com maestria as aulas, trazendo sempre excelentes debates: Profas. Dra. Regina, Dra. Cibele, Dra. Celeste e Dra. Denise, e Profs. Dr. Duarcides, Dr. Josué, Dr. Orandi e Dr. Samuel. Em especial à Profa. Dra. Bruna, por compartilhar o conhecimento na utilização dos *Softwares* SPSS e Philcarto.

Aos colegas de classe Luciana, Sandro, Paulo, Sivaldo, Gabriel, Pedro, João, Newton, Fernando, por contribuírem, cada um com sua vivência, singularidade e interdisciplinaridade.

Aos membros(as) da Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos Recursos Naturais e seu respectivo Grupo de Trabalho: Indicadores e Monitoramento dos Comitês PCJ, pela contribuição com a pesquisa acadêmica.

À minha mãe Marli, meu pai Adalberto e meu irmão Leonardo, por me educarem próximo à natureza, incentivando o respeito e entendimento, possibilitando-me compreender que sou parte dela.

Ao meu companheiro Matheus por ser refúgio, amparo, acolhimento e amor. Foi meu porto seguro e minha alegria em todos os momentos até aqui vividos e compartilhados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Em meio à crescente urbanização e ao aumento de aglomerados urbanos, a gestão das águas tem sido amplamente afetada. Em Regiões Metropolitanas, como a de Campinas, o crescimento populacional e adensamento demográfico é derivado da industrialização e disponibilidade hídrica, o que torna as Bacias Hidrográficas cada vez mais comprometidas em abastecer as comunidades ao redor, seja pela quantidade ou pela qualidade da água. A escolha do objeto de estudo justifica-se pois as sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, inseridas nas Bacias Hidrográficas PCJ, estão posicionadas em um território estratégico economicamente e politicamente. Os indicadores de sustentabilidade para a segurança hídrica em Bacias Hidrográficas, são forma de contribuição para a gestão dos recursos hídricos, elencando-os às dimensões da segurança hídrica, pré-estabelecidas pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica; aos indicadores do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6, das Nações Unidas; e com o modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta. Tecnicamente, o procedimento empregado trata-se de uma pesquisa bibliográfica, documental e de campo com estudos de caso. Um dos instrumentos de coleta de dados utilizado foi o questionário online, disponibilizado aos gestores(as) e colaboradores(as) da Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos Recursos Naturais e seu respectivo Grupo de Trabalho: Indicadores e Monitoramento dos Comitês PCJ. Utilizou-se a Análise Fatorial por Componentes Principais para elaboração de um Índice de Segurança Hídrica, com auxílio do *Software* SPSS. Como resultados, verificou-se que o estudo dos indicadores de sustentabilidade possibilitam a melhoria na gestão da segurança hídrica nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba. Espera-se que a utilização desses indicadores possa ter a aplicação localmente, enfatizando as peculiaridades de cada município e de suas respectivas sub-bacias, com potencial replicação. Estima-se que os resultados dos indicadores estabelecidos para compor o Índice de Segurança Hídrica neste estudo, possa ser melhorado com a aplicação de modelos de avaliação ambiental.

Palavras-chave: Indicadores de Sustentabilidade. Segurança Hídrica. Bacias Hidrográficas. Sub-bacias.

ABSTRACT

Amid increasing urbanization and increasing urban agglomerations, water management has been largely affected. In metropolitan regions, such as Campinas, population growth and density is derived from industrialization and water availability, which makes the Hydrographic Basins increasingly committed to supplying the surrounding community, whether by quantity or quality of water. The choice of the object of study is justified because the sub-basins of the Atibaia and Piracicaba Rivers, inserted in the PCJ Hydrographic Basins, are positioned in a strategic territory, economically and politically. Analyze a set of sustainability indicators in order to present a water security index applied to the Hydrographic Basins. Sustainability indicators for water security in Hydrographic Basins are a way of contributing to the management of water resources, listing them in terms of water security, pre-established by the National Water Security Plan; the indicators of the Sustainable Development Goal number 6, of the United Nations; and with the Driving Force-Pressure-State-Impact-Response model. Technically, the procedure is a bibliographic, documental and field research with case studies. One of the data collection instruments used was the online questionnaire, made available to managers and employees of the Technical Chamber for the Conservation and Protection of Natural Resources and its respective Working Group: Indicators and Monitoring of PCJ Committees. Use a factor analysis by main components to prepare a Water Safety Index, with the help of *SPSS Software*. As a result, it was found that the study of sustainability indicators makes it possible to improve water security management sub-basins of the Atibaia and Piracicaba Rivers. It is expected that the use of these indicators can be applied locally, emphasizing the peculiarities of each municipality and its respective sub-basins, with potential replication. It is estimated that the results of the indicators selected to compose the Water Security Index in this study can be improved with the application of environmental assessment models.

Keywords: Sustainability Indicators. Water Security. Hydrographic Basins. Sub-basins.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estruturação da pesquisa	26
Figura 2. Evolução dos Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil.....	30
Figura 3. Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí	33
Figura 4. Divisão e localização das sub-bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.....	39
Figura 5. Relação do ODS 6 com os demais objetivos	63
Figura 6. Esboço do Modelo Força Motriz–Pressão–Estado–Impacto–Resposta.....	67
Figura 7. Pré-seleção de indicadores para segurança hídrica a partir do FPEIR.....	76
Figura 8. Classificação do IDSH por município das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba	101
Figura 9. Fator 1 – Cobertura dos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água	102
Figura 10. Fator 2 – Eficiência no consumo e produção de água	103
Figura 11. Fator 3 – Eficácia no controle de perdas na distribuição de água.....	104
Figura 12. Fator 4 – Tipologia da urbanização e densidade demográfica.....	104
Figura 13. Fator 5 – Eficiência no controle de eventos hidrológicos extremos	105
Figura 14. Fator 6 – Efeitos e mitigação de eventos relacionados às mudanças climáticas..	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Demanda de água das Bacias PCJ por finalidade, período 2014 a 2018.....	34
Gráfico 2. ScreePlot.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí	36
Quadro 2. Definições do conceito Segurança Hídrica	45
Quadro 3. Ações, desafios e objetivos para a segurança hídrica.....	47
Quadro 4. Critérios básicos para seleção de Indicadores Ambientais	59
Quadro 5. Dimensões da Segurança Hídrica.....	61
Quadro 6. Metas do ODS 6 e seus respectivos Indicadores.....	64
Quadro 7. Modelo FPEIR	68
Quadro 8. Caracterização das sub-bacias dos estudos de caso	73
Quadro 9. Descrição dos Indicadores coletados para Segurança Hídrica	77
Quadro 10. Variáveis selecionadas para a elaboração do IDSH	90
Quadro 11. Teste de KMO e Bartlett	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Demandas consuntivas superficiais por sub-bacia.....	38
Tabela 2. Variância total explicada pelos seis fatores selecionados.....	94
Tabela 3. Cargas fatoriais dos fatores rotacionados: Matriz de componente rotativa ^a	95
Tabela 4. IDSH dos municípios inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Acordo
ACP	Análise de Componentes Principais
AFE	Análise Fatorial Exploratória
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BACIAS PCJ	Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
BELLAGIOSTAMP	<i>Bellagio Sustainability Assessment and Measurement Principles</i>
BH-PCJ	Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiaí
°C	Graus Celsius
CBH	Comitês de Bacias Hidrográficas
CDS	Comitê de Desenvolvimento Sustentável
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
COBRAPE	Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
COMITÊS PCJ	Comitês de Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiaí
CONSÓRCIO PCJ	Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
COVID-19	<i>COrona VIRus Disease 2019</i>
CT-RN	Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos Recursos Naturais
D	Desacordo
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DPSIR	<i>Driver-Pressure-State-Impact-Response</i>
ECI	<i>European Citizens Initiative</i>
EEA	<i>European Economic Agency</i>
ER	Estresse-Resposta
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FPEIR	Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta
GT-IM	Grupos de Trabalho Indicadores e Monitoramento
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
I	Indeciso
IAP	Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBM	<i>International Business Machines</i>
ICE	Iniciativa de Cidadania Europeia para a água
IDA	Índice de Desenvolvimento Ambiental
IDE	Índice de Desenvolvimento Econômico
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDI	Índice de Desenvolvimento Institucional
IDS	Índice de Desenvolvimento Sustentável
IDSH	Índice de Segurança Hídrica
IET	Índice de Estado Trófico
IISD	Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Econômicas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de Qualidade de Água
ISD	Índice Social de Desenvolvimento
ISH	Índice de Segurança Hídrica
IVA	Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática
km ²	Quilômetros Quadrados
KMO	<i>Kaiser-Meyer-Olkin</i>
m ³	Metros Cúbicos
m ³ /hab.ano	Metros Cúbicos por Habitante por Ano
m ³ /s	Metros Cúbicos por Segundo
MA	Muito de Acordo
MD	Muito em Desacordo
MERS-CoV	<i>Middle East Respiratory Syndrome - COronaVirus</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos do Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONDAS	Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento
ONU	Organização das Nações Unidas
ONU-BR	Organização das Nações Unidas - Brasil

PEIR	Pressão-Estado-Impacto-Resposta
PER	Pressão-Estado-Resposta
PIB	Produto Interno Bruto
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
PNUD-BR	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Brasil
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSIR	<i>Pressure-State-Impact-Response</i>
PSR	<i>Pressure-State-Response</i>
RMC	Região Metropolitana de Campinas
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RSRH	Relatório de Situação dos Recursos Hídricos
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SARS-CoV	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome - COrona Virus</i>
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SIMA	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Science</i>
SR	<i>State-Response</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
UNDS	<i>United Nations Sustainable Development</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization</i>
UNESCO i-WSSM	<i>United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization International Centre for Water Security and Sustainable Management</i>
UNICEF	<i>United Nations International Children's Emergency Fund</i>
UN-WATER	<i>United Nations Water</i>
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>
WFD	<i>Water Framework Directive</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
WWC	<i>World Water Council</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Objetivo geral	22
1.1.1. Objetivos específicos	22
1.2. Justificativa e importância do estudo	23
1.3. Estrutura da dissertação	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1. Bacias Hidrográficas	27
2.1.1. Características das Bacias Hidrográficas PCJ	32
2.1.1.1 Características da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba	37
2.2. Segurança Hídrica	42
2.2.1. Segurança hídrica e os desafios da pandemia Covid-19	51
2.3. Avaliação da Sustentabilidade	54
2.3.1. Indicadores	57
2.1.1.2 Dimensões da ANA	60
2.1.1.3 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	62
2.1.1.4 Modelo FPEIR	65
3. METODOLOGIA	70
3.1. Estudos de caso: sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba	72
3.2. Coleta de dados	74
3.3. Tratamento estatístico: Análise Multivariada	79
3.3.1. Tratamento dos dados	79
3.3.2. Análise de Componentes Principais (ACP)	80
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1. Aplicação do modelo FPEIR	83
4.1.1. Indicador de Força Motriz	83
4.1.2. Indicador de Pressão	84
4.1.3. Indicador de Estado	84
4.1.4. Indicador de Impacto	84
4.1.5. Indicador de Resposta	85
4.2. Análise da Segurança Hídrica segundo os especialistas	85
4.2.1. Crescimento populacional	86

4.2.2.	Demanda de água.....	87
4.2.3.	Qualidade das águas superficiais e subterrâneas.....	87
4.2.4.	Disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas	88
4.2.5.	Perdas dos sistemas de distribuição	88
4.2.6.	Doenças de veiculação hídrica	89
4.2.7.	Coleta e disposição de resíduos sólidos	89
4.3.	Análise dos resultados	89
4.3.1.	Resultados da Análise Fatorial da Segurança Hídrica.....	90
4.3.2.	O IDSH dos municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba	98
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
	APÊNDICE A – Aprovação do CEP	124
	APÊNDICE B – Questionário Segurança Hídrica	128
	APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	135

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de que todos necessitam, é considerada pelo Projeto Brasil das Águas (2013) fonte de vida, da qual todos dependem para viver. Para a *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – UNESCO, a água doce é o recurso mais importante para a humanidade, por abranger todas as atividades sociais, econômicas e ambientais (UNESCO, 2019). Dessa maneira, é intrínseca a necessidade de discorrer sobre a água e seus desafios, o que para Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) torna ou fortalece a necessidade de compreender o papel fundamental da água como substância, englobando os aspectos ecológicos, econômicos e sociais para o Planeta Terra.

De acordo com Porto *et al.* (2019) apenas 3% da água doce disponível no mundo é apropriada para o consumo humano, e parte dessa água, aproximadamente 69% é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras. Os outros 30% são águas subterrâneas (aquíferos), e 1% encontra-se nos Rios (BRASIL, 2020a).

No decorrer do surgimento da maior parte das civilizações antigas é possível considerar, conforme descrito por Diamond (2007), que não havia preocupações notáveis pelos imigrantes quanto ao uso dos recursos naturais, pois, quando chegavam a uma terra fértil, exploravam-na de forma infinita, já que esses recursos naturais pareciam ser inesgotáveis. Essa forma de se viver corroborou no modelo nômade, que permaneceu por séculos.

De acordo com Meadows *et al.* (1978), houve um momento na história em que o objetivo era o aumento populacional, porém, algumas garantias essenciais para sobrevivência não haviam sido consideradas, de forma que para a inclusão de mais pessoas seria necessário considerar o acesso a mais alimentos, bens materiais, ar puro e água. Com o passar do tempo, e com a evolução da sociedade em busca de um modo de vida mais sedentário, tornou-se visível que os recursos naturais não são inesgotáveis, incluindo a água, o que passa a consistir desde os primórdios, até os dias atuais em um dos grandes desafios do sistema mundial.

Na atualidade, o objetivo mundial não está enraizado em aumentar a população, mas garantir um mínimo de vida digna a todas as pessoas, buscando alcançar o desenvolvimento sustentável, e segundo o *World Commission on Environment and Development* – WCED, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, através do Relatório Brundtland, conhecido como Nosso Futuro Comum, corrobora que esse equilíbrio pode ser buscado mais facilmente quando estabilizado o tamanho da população em um nível que seja compatível com a capacidade produtiva do ecossistema (WCED, 1987). Para tanto, a

Organização das Nações Unidas - ONU, por meio da Agenda 2030 (2020), estabeleceu objetivos mundiais, denominados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para serem alcançados até o ano de 2030, em nível global. Pensando na problemática da água, um dos objetivos, mais especificamente o ODS 6, contempla “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas” (AGENDA 2030, 2020).

Embora existam inúmeras evidências da importância da água para o futuro do planeta e da humanidade, ainda é notável os efeitos negativos à natureza decorrentes das ações do ser humano, com destaque a poluição dos Rios e a destruição das nascentes (BRASIL DAS ÁGUAS, 2013). Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020), acordam que mesmo com a certeza da dependência de água para a sobrevivência humana, as sociedades continuam a poluir e degradar esse recurso, tanto as águas superficiais como as subterrâneas.

Segundo dados da *World Water Council* – WWC, dois terços da população mundial podem ser afetadas pelo estresse hídrico em 2025, sendo que segurança alimentar, saúde e energia estão, portanto, igualmente ameaçadas (WWC, 2020). Em consonância, o Instituto Nacional de Pesquisas Econômicas - INPE, afirma que a atual condição da segurança da água é grave, pois ameaça afetar os sistemas mundiais de alimentação e energia, com impacto maior nas áreas mais pobres e vulneráveis do planeta (INPE, 2012).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE coloca a água como fator limitante para o desenvolvimento econômico, políticas de saúde pública e bem-estar no Brasil (OCDE, 2015). Deste modo, nota-se a necessidade emergente de discutir sobre sustentabilidade, que engloba as vertentes da segurança hídrica e do desenvolvimento sustentável, sendo que esse último conceito, de acordo com o Relatório Brundtland (WCED, 1987) e Veiga (2015), representa a ambição de que a humanidade atenda às suas necessidades atuais sem comprometer a possibilidade de que as futuras gerações também possam fazê-lo.

Abordar as questões hídricas é, portanto, a chave para a adaptação às mudanças climáticas e redução dos impactos negativos dos desastres relacionados à água (WWC, 2020).

Para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, a necessidade mundial de mudança é derivada principalmente da expansão da agricultura e indústria nos países em desenvolvimento, que engloba o Brasil, e, considerando os impactos causados pelos eventos hidrológicos extremos que ocorreram na atual década, a segurança hídrica passa a ser condição indispensável para o desenvolvimento social e econômico do país (ANA, 2019a).

Para tanto, a preocupação pelo uso da água no território brasileiro, culminou na Lei das Águas ou Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, que ao ser instituída, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, regulamenta o inciso

XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989 (BRASIL, 1997). Conforme a ANA (2019a), a partir dessa Lei foi possível estabelecer instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal, ou seja, aqueles que atravessam mais de um estado ou que fazem fronteira.

A PNRH é uma lei que, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, criou condições para identificação de conflitos pelo uso das águas, sobretudo no âmbito administrativo (ANA, 2020). Embora a Lei tenha sido um marco importante, tendo em vista que o Brasil é um país vasto, com muitas diferenças e peculiaridades geográficas e territoriais, e nesse caso, segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS, em situações que envolvem tomadas de decisões para os recursos hídricos, é importante considerar as especificidades de cada região (CEBDS, 2015). Em complemento, Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) enfatizam sobre a importância dos estudos de caso em ecossistemas específicos, como áreas alagadas, bacias hidrográficas ou represas e lagos, onde se pode notar uma considerável ampliação de informações científicas, criando condições adequadas para experiências de gerenciamento.

Atualmente, um dos principais desafios da gestão de recursos hídricos refere-se ao aumento populacional, com destaque para os conglomerados urbanos. Essa característica está presente na Região Metropolitana de Campinas (RMC) devido à expansão de determinados setores, como os tecnológicos, que de acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, é fruto da política federal implantada a partir de 1970 (CETESB, 2001). Essa política tinha como objetivo a desconcentração e interiorização das indústrias, visando ainda a não sobrecarga da metrópole, o que provocou mudanças no parque industrial, nas áreas agrícolas e urbanas, e acentuou as diferenças regionais e interferências nas alterações ambientais dos municípios das bacias hidrográficas (CETESB, 2001).

De acordo com a Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos – COBRAPE, a RMC é um caso de conglomerado urbano altamente industrializado, que em 2010 já havia aproximadamente 4 milhões de habitantes, e conforme a Secretaria Estadual de Economia e Planejamento, já contribuía para o Produto Interno Bruto – PIB estadual em 9,1%, tendo uma produção industrial maior do que todos os outros Estados do País, com exceção da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (COBRAPE, 2020). A RMC “é a região que mais cresce em todo o Estado e, em sua maioria, as indústrias são de grande complexidade tecnológica” (COBRAPE, 2020, p. 287).

Além do problema da urbanização que ocorre nas regiões metropolitanas, deve-se considerar que as atividades humanas são diversificadas e sobre isso Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) salientam que é comum no Brasil as interferências no ciclo hidrológico, como intervenção nas quantidades de água e na dinâmica desses ciclos. O pensamento de que o aumento populacional é o único e grande problema da humanidade pode estar equivocado, e de acordo com Diamond (2007), mais importante do que o aumento populacional é o impacto ambiental gerado pelas pessoas. Conforme Meadows *et al.* (1978), o ideal, se possível a longo prazo, é atingir um estado de equilíbrio para sustentar todos em um nível de subsistência, considerando os níveis relativos de população e de capital, respeitando as suas restrições quanto, por exemplo, ao uso da terra, água doce e recursos minerais, regulando a disponibilidade de alimentos e a produção de materiais para serem suficientes.

A problemática dos conglomerados urbanos tem como fator agravante os eventos hidrológicos extremos, relacionados à ocorrência de enxurradas, inundações e alagamentos que, por sua vez, surgem devido à deficiência do sistema de drenagem urbana durante forte precipitação e ao processo de urbanização (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018; ANA, 2019a).

Visto a importância da água para a sobrevivência humana na Terra e levando ainda em consideração as questões do acesso à água em quantidade e qualidade adequadas a todos, Sun *et al.* (2016) assinalam ser essencial a gestão sustentável dos recursos hídricos para garantia da integração de questões sociais, econômicas e ambientais em todas as etapas da água, e o gerenciamento de recursos. Em complemento, Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) colocam que planejar e gerenciar, combinando o uso do solo e água, é uma maneira para regulação do funcionamento da governança nas bacias hidrográficas. Segundo a Organização das Nações Unidas do Brasil, programas e ações para a gestão hídrica, são relativamente recentes comparados às discussões ou ações voltadas à gestão do saneamento (ONU-BR, 2021), a exemplo o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH de 2019.

Para tanto, o PNSH, que foi estabelecido para medir a evolução da segurança hídrica no Brasil, em suas quatro dimensões, adotou medidas que englobam o Índice de Segurança Hídrica – ISH que de acordo com a ANA (2019a, p. 20), uma “composição de um único e padronizado ISH detém a vantagem intrínseca de facilitar a comunicação e de permitir tanto a realização de leituras em diferentes recortes (por bacia hidrográfica, por região, estado, município, etc.), quanto comparações diretas entre esses recortes”.

Em âmbito global, a questão da sustentabilidade é averiguada através dos ODS (ONU-BR, 2021). Para a questão da água, foi estabelecido o ODS 6 que é composto por oito metas

monitoradas por 11 indicadores (ANA, 2019b). Isso, conforme o órgão, representa atual modelo universal de medição da evolução da gestão da água que visa avaliar o cenário de cada país quanto ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, oferta e demandas de usos da água para atividades humanas, qualidade da água, gestão de recursos hídricos e ações de conservação de ecossistemas aquáticos.

Nesse sentido, compreender como o Índice de Segurança Hídrica das Bacias PCJ está alinhado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, mais especificamente o de número 6 e, é essencial para análise de um conjunto de indicadores que contribuem para o estabelecimento dessa condição, visto que ainda, segundo a COBRAPE (2020), há uma parcela de dificuldade na obtenção de dados e informações para muitos dos indicadores referenciados no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020. Como consequência torna-se necessário pesquisar e adentrar o universo dos indicadores de sustentabilidade das bacias hidrográficas para identificar como o monitoramento desses indicadores pode contribuir com a gestão das bacias PCJ.

Para tanto, nesta pesquisa adotou-se o modelo de avaliação de sustentabilidade FPEIR, comumente conhecido como Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR ou *DPSIR*, *Driver-Pressure-State-Impact-Response*). O modelo FPEIR foi criado por David Rapport e Anthony Friend em 1979, pelo *Statistics Canada*.

Diante dos conceitos expostos e, de acordo com os indicadores de sustentabilidade para a segurança hídrica, a presente pesquisa visa responder a seguinte questão: em quais medidas os atuais indicadores de sustentabilidade, utilizados pelas Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiaí, contribuem para a segurança hídrica das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba?

1.1. Objetivo geral

Analisar um conjunto de indicadores de sustentabilidade, a fim de apresentar um índice de segurança hídrica aplicado às Bacias Hidrográficas.

1.1.1. Objetivos específicos

1. Apresentar conceitos e desafios para a garantia da segurança hídrica nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba;

2. Identificar as características dos indicadores de sustentabilidade aplicáveis no contexto da segurança hídrica para as sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba;
3. Relacionar os indicadores de segurança hídrica existentes na literatura com os ODS e às dimensões do ISH da ANA;
4. Verificar a aplicação do modelo FPEIR para a segurança hídrica das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba;
5. Apresentar um *Ranking* dos municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba para a segurança hídrica.
6. Propor um Índice de Segurança Hídrica (IDSH) aplicável às Bacias Hidrográficas.

1.2. Justificativa e importância do estudo

Segundo Diamond (2007), a sociedade é consumidora de recursos e geradora de rejeitos. E é nesse sentido que autoridades e os diversos setores da sociedade se mobilizam, enfatizam e têm ciência sobre a necessidade crescente de mudanças das práticas e hábitos humanos (CHAUVEL; COHEN, 2009). De acordo com Boff (2012), novos estudos sobre a temática referente ao uso da Terra e seus recursos são de muita relevância, considerando que o homem poderá se colocar a serviço da natureza a partir do momento em que aprender a respeitá-la. A incidência crescente de catástrofes ambientais e a utilização inadequada de recursos naturais pelos seres humanos, como a exploração desenfreada quanto ao uso da terra e dos recursos hídricos, justificam a importância da temática que engloba os indicadores de sustentabilidade aplicados a essa temática.

Os recursos hídricos estão entre as preocupações atuais de toda a humanidade, visto que, de acordo com *Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO*, no mundo há aproximadamente 1.400 milhões de km³ de água, e que desse montante, apenas 0,003% (45.000 km³) representam os recursos de água doce, considerados propícios para atender as necessidades humanas como higiene, uso agrícola e industrial (FAO, 2020). Conforme a ANA (2019b), 97,5% da água existente no mundo é salgada, portanto não adequada ao consumo humano e à irrigação, o que torna evidente tamanha preocupação quanto à disponibilidade e gestão desse recurso natural.

Adentrando a questão dos municípios, que em particular possuem estimativas de aumento populacional, e por consequência restrições na disponibilidade hídrica, deve-se levantar meios para se inverter a tendência crescente do consumo *per capita* de água (BRASIL, 2020b), alinhado ao fato da importância geoeconômica da RMC, criada em 2000, a

qual integra 20 municípios, segundo Comitês de Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiá - COMITÊS PCJ (2020b): Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Itatiba, Indaiatuba, Jaguariúna, Monte Mor, Morungaba, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio da Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo.

A Região Metropolitana de Campinas tem as Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiá como as principais fontes de recursos hídricos, e segundo a Fundação Agência das Bacias PCJ (2018), hidrograficamente, há sete unidades (sub-bacias) principais dentro das Bacias PCJ, sendo cinco pertencentes ao Rio Piracicaba (Piracicaba, Corumbataí, Jaguari, Camanducaia e Atibaia), além do Rio Capivari e Jundiá.

Um dos maiores desafios enfrentados pelas Bacias PCJ refere-se ao abastecimento público que é a maior demanda dessas Bacias (COMITÊS PCJ, 2020b). As maiores demandas industriais ocorrem nas sub-bacias do Rio Piracicaba (3,71 m³/s), do Rio Atibaia (3,22 m³/s) e do Rio Jaguari (2,05m³/s), correspondendo juntas a 79% da demanda total de água para uso industrial nas Bacias PCJ (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018). Segundo o SIGRH (2020), os problemas de escassez e de qualidade dos recursos hídricos estão cada vez mais acentuados na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, principalmente em função das demandas crescentes de água para os usos urbano, industrial e irrigação.

Vale ainda ressaltar que os pontos em pior situação se concentram em grande parte nas regiões de intensa urbanização, ou seja, na porção média da bacia, com destaque para áreas próximas à foz dos Rios Atibaia e Jaguari, e na porção mais a montante da bacia do Rio Piracicaba, que se forma pela confluência desses corpos d'água (FUNDAÇÃO AGÊNCIA BACIAS PCJ, 2018).

A água, vista antigamente como um recurso natural inesgotável, é um dos temas mais relevantes no mundo todo, principalmente em regiões economicamente e socialmente importantes, como a RMC, e é nesse sentido, que para as Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, recomenda-se “a adoção de indicadores facilmente mensuráveis e que possuam dados disponíveis, os quais demonstrem a situação e a evolução da qualidade ambiental na bacia” (COBRAPE, 2020, p. 769).

Segundo a ANA (2019a) os fatores de desequilíbrio no balanço hídrico, junto à ausência de planejamento, ações institucionais coordenadas, investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento, conduzem a cenários de Insegurança Hídrica, instaurando crises, como as já enfrentadas pelo Brasil na última década e atualmente. É nesse sentido, para que haja continuidade da vida humana na Terra, faz-se necessária a reflexão sobre os diversos usos da

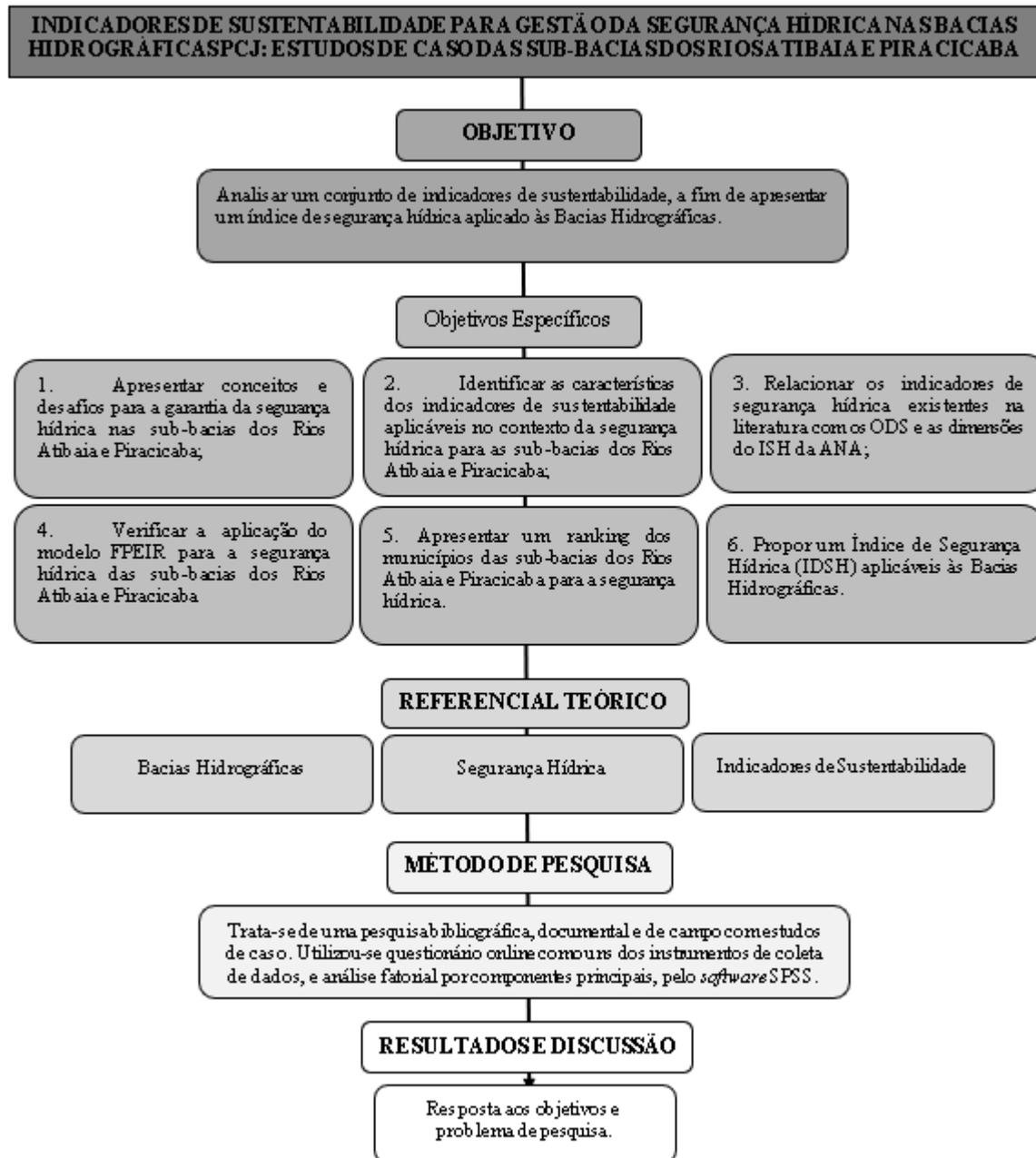
água, para que nenhuma das suas dimensões (econômica, social, ambiental e resiliência) seja prejudicada (BRASIL, 2020a).

Referente à escolha dos objetos escolhidos para aplicação dos estudos, no caso as sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba justifica-se pois, essas sub-bacias extraem um grande percentual de água das Bacias PCJ, e segundo os Comitês PCJ (2019; 2020a) demandam 27% e 23% do total das demandas das Bacias PCJ, respectivamente. Além disso, as duas sub-bacias são altamente poluídas, liderando nas Bacias PCJ a sub-bacia do Rio Atibaia, com remoção de carga orgânica doméstica de apenas 16% (COMITÊS PCJ, 2019; COBRAPE, 2020).

1.3. Estrutura da dissertação

Com intuito de alcançar os objetivos propostos, a dissertação foi estruturada em cinco capítulos a fim de explicar os temas que se correlacionam. No primeiro capítulo é apresentada a introdução, contextualizando a pesquisa e apresentando os objetivos e justificativa. No segundo capítulo apresenta-se o referencial teórico, com conceitos referentes às bacias hidrográficas, segurança hídrica e indicadores de sustentabilidade. Posteriormente, no terceiro capítulo caracteriza-se a área de estudo, englobando aspectos que impactam positiva e negativamente a gestão das BH-PCJ, bem como discorre-se sobre a metodologia escolhida para o desenvolvimento do estudo. No capítulo quatro apresentam-se os resultados e discussões, elucidando o processo de seleção e validação dos indicadores para a segurança hídrica (com auxílio dos *Softwares* SPSS e Philcarto), bem como a aplicação nas sub-bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Piracicaba e propõe-se um Índice de Segurança Hídrica (ISH) aplicável às Bacias Hidrográficas. No quinto capítulo apresentam-se as considerações finais. Na Figura 1 apresenta-se a estrutura da dissertação, considerando as etapas da pesquisa para o cumprimento dos objetivos.

Figura 1. Estruturação da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2021).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Bacias Hidrográficas

A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica – BH não é recente e tem sido discutido no âmbito do planejamento e gerenciamento ambiental de acordo com Schiavetti e Camargo (2002). Em complemento, os autores colocam que BH consiste no conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, sob uma perspectiva baseada no conceito hidrológico. A discussão sobre as Bacias Hidrográficas envolve várias áreas do conhecimento e diversas perspectivas para além da hidrologia, como por exemplo a estrutura biofísica, as mudanças nos padrões de uso da terra e as implicações ambientais.

De acordo com algumas concepções de Schiavetti e Camargo (2002), o conceito de BH vem sendo ampliado e, quando direcionado à conservação dos recursos naturais, está atrelado ao planejamento, e a BH pode ser considerada a unidade mais adequada para os estudos qualitativos e quantitativos da água e dos fluxos sedimentares e nutrientes. Para o Brasil das Águas (2013) uma bacia hidrográfica é definida como uma área drenada por um Rio específico, e incluiu todas as nascentes e todos os seus afluentes.

Conforme a ANA (2020), quase a metade da superfície da Terra é conformada por bacias hidrográficas de Rios compartilhados por dois ou mais países, pois a água não está limitada às fronteiras políticas dos países.

É nesse sentido que as políticas e legislações internacionais incorporam o termo BH como unidade de gestão e política ambiental terrestre, principalmente devido às atuais circunstâncias de escassez hídrica em diversas regiões. Em 2002, as Bacias Hidrográficas estavam mais intimamente ligadas com a preservação da qualidade e quantidade de água superficial (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002), tal qual foi a certificação dos autores sobre a necessidade de incorporar e abordar os usos múltiplos da água, a fim de englobar os multi-usuários, considerando os aspectos naturais, sociais, econômicos e políticos, e solucionar os conflitos pelo uso do recurso natural, além de atribuir e dimensionar suas responsabilidades quanto à preservação.

Sendo assim, incorpora-se o conceito de Bacias Hidrográficas ao Desenvolvimento Sustentável que está atrelado ao gerenciamento dos recursos hídricos, mas neste caso buscando a conservação para atingir o desenvolvimento social, econômico e ambiental (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002). Conforme os mesmos autores, vale ainda ressaltar que os estudos sobre Bacias Hidrográficas levam em consideração o recorte espacial ou

geográfico em que a unidade de gestão está inserida, englobando outras importantes temáticas, não apenas a água.

A organização WaterAid (2012) propôs uma relação entre a água para a subsistência e para as necessidades humanas básicas:

- O uso da água em larga escala para subsistência pode impactar na quantidade e qualidade de água disponível para as necessidades humanas básicas, por exemplo, a prática da irrigação não controlada ou o retorno dos recursos hídricos poluídos pelos usos produtivos.

- Se as fontes de água proporcionam usos domésticos e produtivos de pequena escala, como por exemplo para o gado, pode haver competição entre os usuários ao acesso a esse recurso.

- Se as pessoas não têm acesso imediato à água limpa, e despendem muito tempo e energia na busca de água, podem ocorrer impactos negativos sobre a saúde relacionados às doenças adquiridas através da água, o que afeta a capacidade pessoal de cultivar e trabalhar.

- A receita gerada pelos meios de subsistência pode ajudar a financiar a manutenção contínua das fontes de água, garantindo o acesso ao recurso.

Frente às imposições latentes quanto ao uso dos recursos hídricos para os variados setores da sociedade, Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) consideram a necessidade da implementação dos comitês de bacias hidrográficas, e uma mobilização em todos os níveis da sociedade, com intuito de solucionar os conflitos, reduzir a demanda e controlar a poluição. O conceito de recurso hídrico é abordado por CEBDS (2015) como a água disponível ou potencialmente disponível em diferentes estados e reservatórios, incluindo aquíferos que podem atender as necessidades específicas em quantidade e qualidade, e em locais e períodos determinados.

Para CEBDS (2015) o gerenciamento de recursos hídricos é considerado complexo e desafiador, tanto no âmbito empresarial como público, pois permeia as diversas facetas e inter-relações entre água, alimentos, energia e o meio ambiente. Nesse sentido, o INPE (2012) constata que muitas vezes a crise de água é marcada como uma crise de governança, tanto em nível local, como internacional. O CEBDS (2015) ainda complementa que o gerenciamento de recursos hídricos, por ser descentralizado e participativo, é dependente da articulação entre os diversos entes do sistema, especialmente no âmbito governamental.

Vem sendo amplamente realizado debate sobre a gestão dos recursos hídricos através de Bacias Hidrográficas, sendo definida como uma adoção básica de unidade físico-territorial para o planejamento e para a gestão dos recursos hídricos, e reconhecida universalmente como princípio fundamental para o gerenciamento desses recursos (SIGRH, 2020).

O Brasil, por exemplo, é um país que compartilha aproximadamente 82 Rios com os países vizinhos, e dentre eles importantes bacias como a do Amazonas e do Prata, além do compartilhamento dos aquíferos Guarani e Amazonas, um panorama que mostra os diversos cenários e se traduz em diferentes e oportunas possibilidades para a cooperação e cultivo de bons relacionamentos (ANA, 2020).

É nesse sentido, que Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020), visualizam uma oportunidade única na gestão através de bacias hidrográficas, principalmente para a integração de pesquisa, com o gerenciamento e colaboração ampla e avançada da comunidade que pode oferecer condições para o cômputo e uso de banco de dados, útil para a gestão da disponibilidade que influi na demanda e integração quantidade/qualidade.

O Brasil dispõe da Lei das Águas (1997) que é um instrumento norteador para a gestão hídrica, amplamente conhecido pelo caráter descentralizador, e por criar um sistema nacional participativo, integrando União e Estados, além da inovação com a adoção de comitês de bacias hidrográficas, responsáveis pela união de poderes públicos, usuários e sociedade civil na gestão de recursos hídricos (ANA, 2020). Em complemento, Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) acreditam que a implantação dos comitês de bacias hidrográficas é um avanço considerável no Brasil e em muitos países do mundo, principalmente do ponto de vista institucional.

Paralelamente, segundo a ANA (2019a), o objeto da governança dos recursos hídricos deve estar relacionado aos efeitos extremos, como cheias e inundações, com a perspectiva de prevenção e de implantação de infraestruturas em bacias hidrográficas com maior vulnerabilidade.

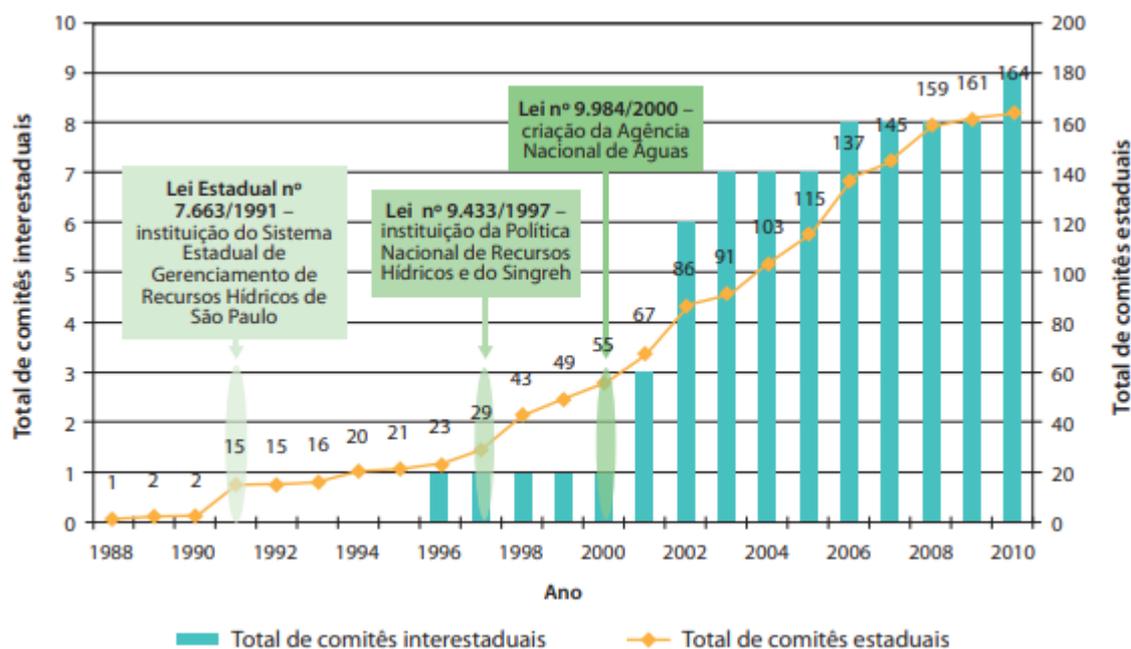
Até meados dos anos 70, de acordo com a ANA (2011), questões referentes à utilização da água estava sob a ótica da necessidade de grandes usuários ou até mesmo limitado a problemas de secas e inundações, situações em que todas as decisões pertencentes à gestão do uso da água eram tomadas pelo governo, não sendo as bacias hidrográficas unidades pertencentes a esse planejamento e gestão.

A evolução da gestão hídrica no Brasil, segundo a ANA (2011), ocorreu em 1976 por ação do Ministério das Minas e Energia e do governo do Estado de São Paulo que acordaram para a melhoria das condições sanitárias das Bacias do Alto Tietê e Cubatão.

Foi nesse contexto que surgiram os Comitês de Bacias Hidrográficas, principalmente devido a necessidade de criação de arranjos institucionais para a promoção dos acordos entre os usuários com as políticas públicas e com as múltiplas visões da sociedade civil, visando a tomada de decisão mais assertiva sobre as águas (ANA, 2011).

Na Figura 2 pode-se averiguar a evolução dos Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH no Brasil, entre o período de 1988 a 2010.

Figura 2. Evolução dos Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil



Fonte: ANA (2011, p. 24).

É possível observar na Figura 2 alguns marcos legais para o gerenciamento dos recursos hídricos, constituídos e que impulsionaram a crescente utilização dos comitês para a gestão hídrica em todo território brasileiro.

Uma das mais recentes modificações fez com que a Agência Nacional de Águas – ANA incorporasse o Saneamento Básico em sua sigla, a partir da redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020, Art. 1º. Esta Lei cria a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, e estabelece regras para sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos.

Apesar da evolução constante dos CBH no Brasil, há algumas limitações como colocado por Trindade e Scheibe (2019), que engloba a falta de informações públicas nos planos de bacias hidrográficas. Embora alguns CBH na Região Sudeste apresentem boas estruturas e atuações significativas, em geral os CBH brasileiros não conseguem atuar efetivamente na melhoria da gestão hídrica no País.

Trindade e Scheibe (2019) destacam que entre os obstáculos mais frequentes que dificultam as articulações e decisões dos CBH estão: i) a inexistência de suporte técnico, físico e financeiro por parte dos Estados; ii) a ausência ou pouca presença dos instrumentos de gestão previstos na PNRH; iii) a pouca adesão e atuação dos governos, principalmente os governos municipais e estaduais e da sociedade civil nestes grupos.

Segundo a ANA (2011) os estados brasileiros passaram a ter como base alguns princípios para o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil:

- Gestão descentralizada, integrada e participativa da água;
- Bacia Hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão;
- Água como um bem público e com valor econômico;
- Instrumentos de planejamento e regulação por bacia;
- Instrumentos econômicos para a gestão da água como a cobrança pelo seu uso.

Uma questão que diferencia os Comitês de BH de outras políticas públicas é, de acordo com a ANA (2011), a garantia da participação social, de forma que essas Leis estaduais de recursos hídricos foram implantadas como organismos colegiados, ou seja, os CBH e os conselhos de recursos hídricos. Essa maneira de gestão garante legalmente a participação social compartilhada com o poder público.

Nesse sentido, é possível afirmar que:

uma das atribuições mais relevantes dos comitês é estabelecer um conjunto de mecanismos e de regras, decididas coletivamente, de forma que os diferentes interesses sobre os usos da água na bacia sejam discutidos e negociados democraticamente em ambiente público, com transparência no processo decisório, buscando prevenir e dirimir conflitos. Essas regras devem ser avaliadas sob o aspecto da bacia hidrográfica, depois de considerados os aspectos técnicos e os diferentes pontos de vista dos membros do comitê (ANA, 2011, p. 19).

Para tanto, o CEBDS (2015) acredita que o poder público deve estimular a criação de políticas públicas pelo uso racional dos recursos hídricos em seus variados usos, tendo como intuito a garantia desses recursos, o apoio e o fortalecimento aos CBH e a defesa de metas de reflorestamento e o uso racional pelo cidadão (agricultura, empresas, cidadão), além da atenção ao saneamento básico.

Os CBH são fundamentais para o planejamento, gestão e regulamentação da gestão hídrica, porém é um sistema de alta complexidade e envolve variados setores como o público, privado e sociedade civil (TRINDADE; SCHEIBE, 2019). É essencial para implementação efetiva e suporte às políticas públicas, principalmente devido a cultura brasileira ainda não ter

a devida familiaridade com as BH como unidades de planejamento, nem com a adoção de modelos de descentralização das decisões e de participação.

2.1.1. Características das Bacias Hidrográficas PCJ

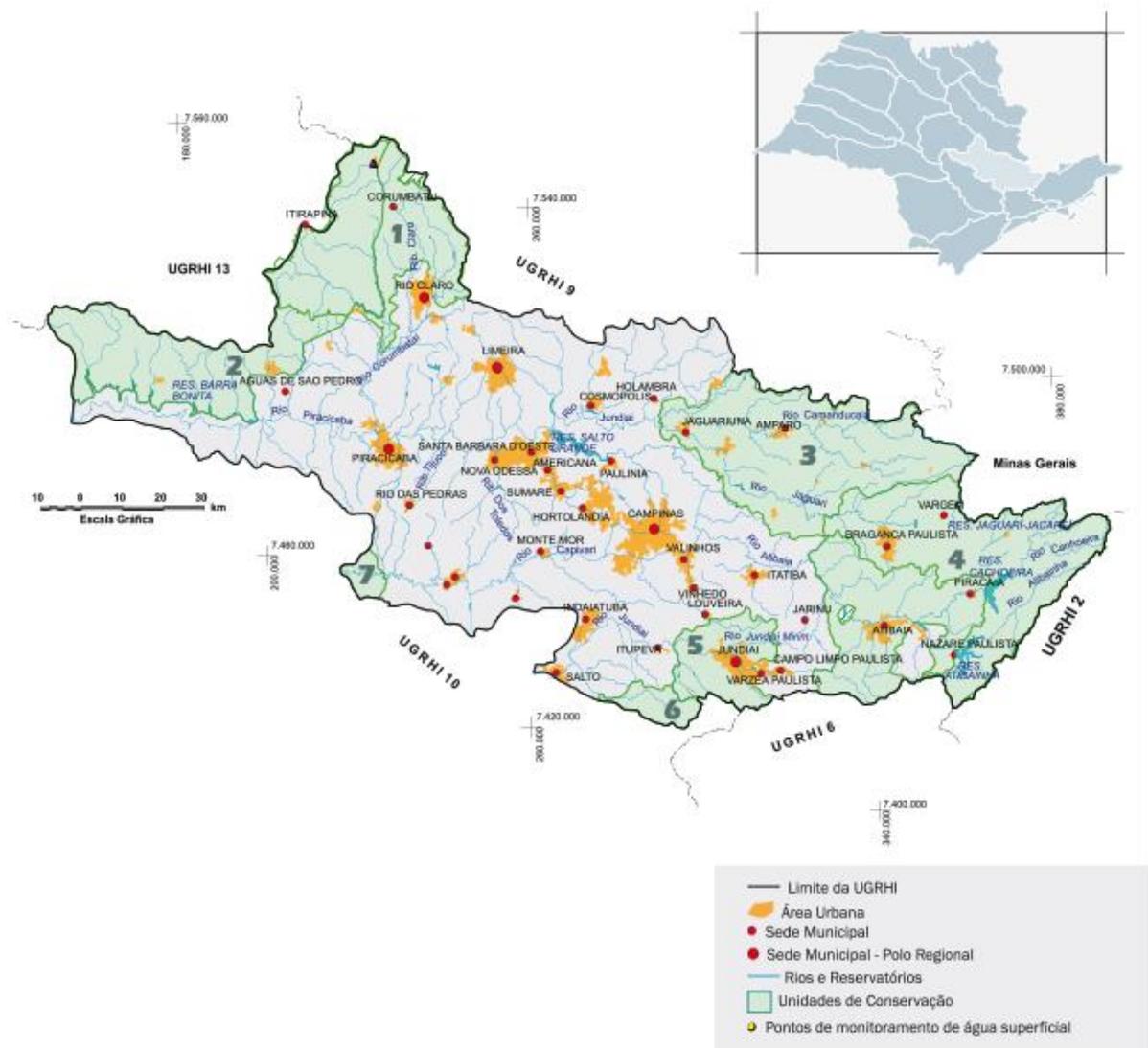
As Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Bacias PCJ – estão localizadas em um dos mais importantes territórios econômicos e urbanos do Brasil (COMITÊS PCJ, 2020a). Segundo Demanboro *et al.* (2013), essa Bacia, localizada no centro-leste do Estado de São Paulo, próxima a dois importantes centros urbanos e econômicos do Brasil, as regiões metropolitanas de Campinas – RMC e de São Paulo – RMSP.

A região dessas bacias abrange áreas de 76 municípios, sendo que 62 deles possuem sede nas áreas de drenagem da região; 58 deles estão localizados no Estado de São Paulo, e os 4 restantes estão em Minas Gerais (COMITÊS PCJ, 2020b).

Segundo a Cobrape (2020), os critérios de segmentação adotados para essas bacias, de maneira geral, consideram a ocupação do solo, a existência de postos hidrológicos ou de qualidade da água, e a extensão e importância dos cursos d'água.

A Figura 3 destaca a delimitação e localização das Bacias Hidrográficas PCJ no Estado de São Paulo.

Figura 3. Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá



Fonte: SIGRH (2020).

A Figura 3 permite visualizar que no espaço onde estão localizadas as Bacias Hidrográficas PCJ existem conglomerados urbanos, destacados em laranja, que englobam umas das principais regiões metropolitanas, a de Campinas.

A área das Bacias PCJ ocupa 0,18% do território nacional, e concentra cerca de 2,7% da população (COMITÊS PCJ, 2020a). Segundo relatório dos Comitês PCJ (2020b), a região possui aproximadamente 5,7 milhões de habitantes e devido ao seu desenvolvimento econômico é considerada uma das mais importantes do Brasil, pois engloba 7% do Produto Interno Bruto – PIB Nacional. A maior participação no PIB dessa região encontra-se nas cidades de Campinas com 18,3%, seguido de Jundiá 11,5% e Piracicaba que contribui com 7% (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020). Neste contexto, ressalta-se a importância da criação dos Comitês PCJ, pois conforme SIGRH (2020) esse comitê é

responsável pela gestão dos recursos hídricos de uma das regiões com maior criticidade quanto a qualidade e a quantidade de água.

Como já mencionado anteriormente, as Bacias Hidrográficas PCJ estão numa região de destaque e abrigam parte da RMC, área com vasto e diversificado parque industrial, além de um polo industrial importante no cenário nacional (DEMANBORO *et al.*, 2013). De acordo com a Cetesb (2001), esse cenário aumenta a concentração de poluentes provenientes das sub-bacias à montante, sendo igualmente responsável por um processo de degradação muito intensificado, principalmente nos períodos de estiagem.

As Bacias PCJ estão localizadas em um eixo de crescimento econômico, de forma que nos últimos anos, foi possível verificar um aumento de demanda de água para as diferentes finalidades: abastecimento público, uso industrial, uso rural, entre outros usos. As captações nas Bacias PCJ para o ano de 2014 somavam 36,92m³/s, ou seja, 97% de sua disponibilidade total (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018). A maior demanda ocorre para o abastecimento urbano que correspondia em 2018 a aproximadamente 61%, seguida do uso industrial 16%. Podem-se verificar essas demandas de água conforme Gráfico 1.

Gráfico 1. Demanda de água das Bacias PCJ por finalidade, período 2014 a 2018



Fonte: Elaboração própria, adaptado de Comitês PCJ (2019, p. 28).

A partir do Gráfico 1 nota-se que no período de cinco anos (2014-2018), majoritariamente a demanda de água foi destinada para abastecimento urbano, o que enfatiza a crescente insustentabilidade quanto aos usos da água.

Em relação a população atendida pelas bacias PCJ, 96,5% residem em áreas urbanas e 3,5% em áreas rurais (COMITÊS PCJ, 2015). Vale destacar que no período de 2014 a 2018 houve um decréscimo da disponibilidade *per capita* das águas (vazão média em relação à população total $\text{m}^3/\text{hab.ano}$), passando de $1014,33 \text{ m}^3$ em 2014 para $971,08 \text{ m}^3$ em 2018 (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018), e de acordo com a UNESCO (2019), a disponibilidade de água *per capita* inferior a $1500 \text{ m}^3/\text{hab.ano}$ é classificada como situação crítica.

O Relatório de Situação de Recursos Hídricos de 2019 enfatiza que o crescimento populacional é um fator importante a ser considerado, pois a área é extremamente atrativa para o setor produtivo e continua despertando o interesse para novos investimentos (COBRAPE, 2020).

Nesse sentido, o crescimento das demandas hídricas, juntamente com a incidência dos efeitos das mudanças climáticas, carece de oferta de água planejada de forma racional, com vistas ao momento atual e futuro, através de implantação de infraestrutura, com viabilidade financeira, mantida e operada de maneira adequada, além do estabelecimento de medidas para o uso consciente da água (ANA, 2019a).

De acordo com evidências da Cobrape (2020), os principais problemas atrelados à água nas BH-PCJ são: 1. A ocupação de áreas com elevada potencialidade de erosão; 2. Invasão de áreas que deveriam ser preservadas (nascentes e arredores de cursos d'água); 3. Sistemas convencionais de produção agrícola, baseados em pastagem e plantação de cana-de-açúcar, o qual ocorre a ocupação de áreas de declive acentuado e solos com pequena espessura; 4. Não conhecimento das condições gerais e das peculiaridades do ciclo hidrológico nas diversas regiões (bacias e microbacias), e das interações de águas de chuva – superficiais – subterrâneas, e destas com o uso e ocupação do solo; 5. Nenhum incentivo aos produtores rurais para que conservem e preservem em suas propriedades as fontes de água.

Vale ainda ressaltar que, considerando a disponibilidade hídrica nas Bacias PCJ, o potencial de recursos hídricos superficiais não está, em sua totalidade, à disposição para uso somente da região, pois parte dela é substancialmente revertida para a Bacia do Alto Tietê, através do Sistema Cantareira (COMITÊS PCJ, 2020b). Conforme salienta Demanboro *et al.* (2013), a RMSP, apesar de não estar geograficamente inserida na bacia, utiliza água do sistema Cantareira, que segundo a Fundação Agência das Bacias PCJ (2018) as vazões são

captadas e revertidas (até 31 m³/s de vazão) para o abastecimento de 8,8 milhões de moradores da RMSP.

Além disso, uma situação preocupante, relatada em 2018 pelo Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí refere-se ao uso das águas subterrâneas como complementar para o abastecimento público, além da utilização para o auto abastecimento doméstico, bem como consumo industrial (CONSÓRCIO PCJ, 2018).

O Quadro 1 destaca algumas características das Bacias PCJ, considerando a área de drenagem, a população, os principais rios e reservatórios, as atividades econômicas, a vegetação remanescente e as unidades de conservação.

Quadro 1. Caracterização das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí

Características gerais das Bacias PCJ	
Área de drenagem	14.178 km ² .
População	5.418.961 habitantes.
Principais rios	Atibaia, Atibainha, Cachoeira, Camanducaia, Capivari, Corumbataí, Jaguari, Jundiáí e Piracicaba.
Reservatórios	Usina de Barra Bonita (Rio Piracicaba), Salto Grande (Rio Atibaia), Jacaré e Jaguari (Rio Jacaré), Atibainha (Rio Atibainha) e Cachoeira (Rio Cachoeira). Os quatro últimos reservatórios fazem parte do Sistema Produtor Cantareira.
Principais atividades econômicas	Agropecuária e produção industrial. Destacam-se o polo petroquímico de Paulínia; o parque têxtil em Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara d'Oeste; o polo de alta tecnologia em Campinas e Hortolândia; indústrias sucroalcooleiras e do setor metal-mecânico em Piracicaba; o parque industrial de Jundiáí; produção de folheado em Limeira; indústrias sucroalcooleiras em Rio Claro; polo cerâmico nacional em Santa Gertrudes e Cordeirópolis.
Vegetação remanescente	Possui 1.911 km ² de vegetação natural remanescente que ocupa, aproximadamente, 13,5% da área da UGRHI. As categorias de maior ocorrência são a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual.
Unidades de Conservação	APA Cabreúva, APA Jundiáí, APA Corumbataí, Botucatu e Tejuapá, APA Piracicaba e Juqueri-Mirim, APA Represa Bairro da Usina, APA Sistema Cantareira, ARIE Mata Santa Genebra, ARIE Matão de Cosmópolis, EE de Ibicatu, EE de Valinhos, FE Edmundo Navarro de Andrade, PE Assessoria da Reforma Agrária (ARA), RPPN Sítio Sibiúna, RPPN Ecoworld, RPPN Parque dos Pássaros, RPPN Parque das Nascentes, RPPN Estância Jatobá e RPPN Fazenda Serrinha.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de SIGRH (2020).

A partir do Quadro 1 observa-se que as Bacias PCJ possuem cenário diversificado, pois englobam ao mesmo tempo muitas Unidades de Conservação e aproximadamente a totalidade de 5,5 milhões de habitantes em áreas urbanas.

Adentrando a abordagem das sub-bacias PCJ, as mesmas foram divididas em Áreas de Contribuição para efeito da modelagem dos cursos d'água, onde cada uma corresponde a um trecho de curso d'água. Deste modo, as demandas e lançamentos ocorridos dentro desta Área de Contribuição estão associadas a esse trecho, ou, mais especificamente, ao nó à jusante desse trecho (COBRAPE, 2020).

É através das Áreas de Contribuição é que se dividem as sub-bacias, com a finalidade da melhoria da gestão dos recursos hídricos, visto a alta complexidade para tomadas de decisão quanto ao uso da água.

As Bacias PCJ são subdivididas em sete sub-bacias, dentre elas, cinco são pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (sub-bacias dos Rios Atibaia, Camanducaia, Corumbataí, Jaguari e Piracicaba), Rio Capivari (sub-bacia do Rio Capivari) e Rio Jundiá (sub-bacia do Rio Jundiá) (COMITÊS PCJ, 2015).

Dada a complexidade em gerir as Bacias PCJ, na seção seguinte serão abordadas as características gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, que possui a maior área do Estado de São Paulo, onde do total das Bacias PCJ (14.216,58 km²), 11.492,84 km² corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, 1.568,68 km² à Bacia Hidrográfica do Rio Capivari e 1.155,06 km² à Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

2.1.1.1 Características da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

Em termos populacionais, a maior bacia é a do Rio Piracicaba, conforme os Comitês PCJ (2020b). Em 2016 estimava-se possuir 3,67 milhões de habitantes, dos quais 3,5 milhões residentes em áreas urbanas. A bacia do Rio Piracicaba concentra igualmente a maior população rural, com aproximadamente 176,7 mil pessoas (COMITÊS PCJ, 2020b).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados Estatísticos – SEADE, a Bacia do Rio Piracicaba possui a estimativa de 5,62 milhões de habitantes (IBGE, 2020), podendo chegar a 5,79 milhões em 30 anos (SEADE, 2020a), e até 2050 estima-se um aumento da população de 2,9%. Os municípios atendidos pelas sub-bacias dos Rios Atibaia, Camanducaia, Corumbataí, Jaguari e Piracicaba estão inseridos na Bacia do Rio Piracicaba.

Devido à preocupação do aumento populacional, e como consequência maior demanda de água, é importante destacar as demandas de água superficial por sub-bacia, levando em consideração as demandas de abastecimento público, indústria, irrigação e dessedentação animal, conforme dados da Tabela 1.

Tabela 1. Demandas consuntivas superficiais por sub-bacia

Bacia hidrográfica	Sub-bacia	Demandas Hídricas Superficiais (m ³ /s) (2020)				
		Abastecimento Público	Indústria	Irrigação	Dessedentação Animal	Total
Capivari	Capivari	1,00	0,99	1,15	0,06	3,19
Jundiaí	Jundiaí	2,85	0,62	0,68	0,03	4,18
Piracicaba	Atibaia	4,73	3,22	1,83	0,09	9,87
	Camanducaia	0,24	0,32	0,40	0,10	1,06
	Jaguari	3,10	2,05	1,98	0,17	7,30
	Corumbataí	1,81	0,49	0,76	0,06	3,13
	Piracicaba	2,72	3,71	2,03	0,13	8,59
	Total Piracicaba	12,61	9,79	7,01	0,55	29,96
Total PCJ		16,46	11,39	8,84	0,64	37,33

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Comitês PCJ (2020a).

Observa-se que a maior demanda de água das Bacias PCJ destina-se ao abastecimento público, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Piracicaba e dentro dela a sub-bacia do Rio Atibaia (Tabela 1).

Quanto às características geofísicas o Rio Piracicaba, a nascente está localizada no município de Americana, e encontra-se com as águas do Rio Jaguari e Atibaia, logo abaixo da barragem da Usina Hidrelétrica de Americana, e seus principais afluentes são: Ribeirão Quilombo, Tatu, Toledos, Tijuco Preto e Corumbataí, sendo os três primeiros os mais críticos (CETESB, 2001). De acordo com o Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba - IPPLAP, após atravessar a cidade de Piracicaba, o rio recebe as águas do Rio Corumbataí. O Rio Piracicaba percorre 250 km de sua formação até a sua foz no Rio Tietê entre os municípios de Santa Maria da Serra e Barra Bonita (IPPLAP, 2015).

Segundo o SIGRH (2020), a Bacia do Rio Piracicaba abrange uma área de 12.400 km², sendo 11.020 km² no Estado de São Paulo. Situada no sudeste do Estado de São Paulo e extremo sul de Minas Gerais (IPPLAP, 2015), sua extensão em relação à área total dos Rios PCJ é de 14.216,58 km² (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018). Possui forma alongada no sentido Leste-Oeste, um comprimento aproximado de 250 km e largura média de

50 Km, sendo formada pelas sub-bacias dos Rios Corumbataí com 1.700 km², Jaguari com 4.290 Km² e Atibaia com 2.760 km² (SIGRH, 2020).

Na Figura 4, constam as divisões das Bacias PCJ, conforme as sub-bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, bem como as localidades em nível federal e estadual.

Figura 4. Divisão e localização das sub-bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá



Fonte: Comitês PCJ (2020a).

A Figura 4 permite identificar que a Bacia do Rio Piracicaba possui a maior porcentagem territorial das Bacias PCJ.

Segundo a Cetesb (2001), uma sub-bacia é dividida para efeitos de gerenciamento, e nesse caso, considera-se a divisão em alto e baixo Piracicaba, sendo que o alto Piracicaba deriva da confluência dos Rios Jaguari/Atibaia até a foz do Rio Corumbataí, com extensão de área de drenagem de 1.780,53 km², e o baixo Piracicaba se estende da foz do Corumbataí, até o reservatório de Barra Bonita, com uma área de drenagem de 1.878,99 km².

Devido à dimensão da Bacia do Rio Piracicaba, e considerando que a sub-bacia do Rio Atibaia possui área total de 82,1%, seguidas da sub-bacia do Rio Capivari, com 10,6% e a sub-bacia do Rio Jundiá, com 7,3% (COMITÊS PCJ, 2015), nota-se a necessidade de adentrar nas especificidades da sub-bacia do Rio Atibaia.

A sub-bacia hidrográfica do Rio Atibaia envolve os municípios de Americana, Atibaia, Bragança Paulista, Camanducaia, Campinas, Cordeirópolis, Cosmópolis, Extrema, Itatiba, Jaguariúna, Jarinu, Joanópolis, Jundiá, Louveira, Morungaba, Nazaré Paulista, Nova

Odessa, Paulínia, Piracaia, Valinhos, Vinhedo (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018). Os municípios de Camanducaia e Extrema ficam localizados no Estado de Minas Gerais.

O Rio Atibaia nasce no Estado de São Paulo e compõe o sistema Cantareira, sendo formado no município de Bom Jesus dos Perdões, onde encontra com as águas do Rio Cachoeira e do Rio Atibainha que nasce na região de Piracaia (CETESB, 2001). Segundo Duarte Neto (2005), a sub-bacia do Rio Atibaia tem como principais cursos d'água o Rio Atibaia e os ribeirões Pinheiros e Anhumas, localizados na Região Metropolitana de Campinas, de onde segue na direção oeste, margeando a rodovia Dom Pedro I e passando pelos municípios de Atibaia, Itatiba e Valinhos. Os afluentes, Ribeirão Pinheiros e Anhumas, recebem grandes descargas de efluentes domésticos e efluentes industriais dos Municípios de Valinhos, Vinhedo e Campinas. Essas descargas são levadas ao Rio Atibaia, que já se encontra em situação agravante ao passar pelo Polo Petroquímico de Paulínia (CETESB, 2001).

Conforme a Cobrape (2020), o lançamento de efluentes de origem doméstica nas Bacias PCJ ainda é preocupante. Em 2008, a remoção de carga orgânica doméstica era de apenas 53%, e a sub-bacia do Rio Atibaia já se destacava negativamente, com percentual de 16%.

Em relação aos cursos d'água da sub-bacia do Rio Atibaia, segundo a Cobrape (2020), um dos trechos críticos, localizado a montante do reservatório de Salto Grande e a jusante do município de Paulínia, apresenta uma qualidade com parâmetros com limite inferior ao padrão da classe quanto ao Índice de Qualidade das Águas – IQA como “ruim” ou “péssimo” (classe 4), e essa mesma característica verifica-se em toda a extensão do reservatório Salto Grande. Ressalta-se que esse reservatório apresenta grande potencial recreacional.

Conforme relatado por Demanboro *et al.* (2013), uma das características que se observa na sub-bacia hidrográfica do Rio Atibaia é o contraste entre os ambientes naturais, relativamente preservados, e as áreas extremamente urbanizadas, de forma que as nascentes do Rio Atibaia se apresentam com ótimas condições ambientais, e nas demais partes, localizam-se municípios com intensa atividade humana, industrial e agrícola, o que gera complexos problemas ambientais e que refletem na qualidade de suas águas (CETESB, 2001).

Segundo a Cobrape (2020), de acordo com os resultados encontrados, a sub-bacia do Rio Atibaia é a que apresenta a maior demanda de água: 9,78 m³/s ou 27% do total das Bacias PCJ. É a terceira sub-bacia, que compõe a Bacia do Rio Piracicaba, com maior área de drenagem, 22% do total, que corresponde a 2.818,5 km².

Já a sub-bacia hidrográfica do Rio Piracicaba engloba os municípios de Águas de São Pedro, Americana, Anhembi, Botucatu, Brotas, Campinas, Capivari, Charqueada, Cordeirópolis, Dois Córregos, Hortolândia, Iracemápolis, Itirapina, Limeira, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Piracicaba, Rio das Pedras, Saltinho, Santa Bárbara d'Oeste, Santa Maria da Serra, São Pedro, Sumaré e Torrinha (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

Segundo a Fundação Agência das Bacias PCJ (2018) o total de área de drenagem da sub-bacia do Rio Piracicaba é de 3.774,69 km², o que corresponde a 30% da Bacia do Rio Piracicaba.

De acordo com a Cobrape (2020), do total das Bacias PCJ, a sub-bacia do Rio Piracicaba possui demandas de água que somam 8,34 m³/s, o equivalente a 23% do total das demandas. Além disso, a sub-bacia do Rio Piracicaba recebe grandes quantidades de cargas orgânicas provenientes de 17 municípios, com destaque para os municípios de Piracicaba, Sumaré e Limeira, responsáveis por 63% da carga orgânica remanescente da sub-bacia.

Os pontos em pior situação concentram-se em grande parte nas regiões de intensa urbanização, na porção média da bacia, com destaque para áreas próximas à foz dos Rios Atibaia e Jaguari e na porção mais a montante da bacia do Rio Piracicaba, que se forma pela confluência desses corpos d'água (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

Conforme a Cobrape (2020), o lançamento de esgotos de origem doméstica nas Bacias PCJ ainda é preocupante, a remoção de carga orgânica doméstica é de apenas 53%, com destaque negativo para a sub-bacia do Rio Piracicaba que recebe 40% da carga orgânica remanescente, com qualidade “ruim” no trecho do Rio Piracicaba entre o município de Americana e foz do Rio Corumbataí, próximo ao município de Piracicaba. Em 2018, um ponto analisado no Rio Piracicaba, foi classificado em condição “péssima”, situação que não se observava desde 2015 (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

Nos corpos d'água identificados, a Cobrape (2020) classifica como crítica a qualidade das águas do trecho à jusante do Rio Piracicaba. O trecho em questão encontra-se mais deteriorado do que aqueles enquadrados na classe 4, ou com parâmetros com limite inferior ao padrão da classe (COBRAPE, 2020).

A Fundação Agência das Bacias PCJ (2018) destaca que 34 municípios das Bacias PCJ, de um total de 76, 71 localizados no estado de São Paulo e 5 no estado de Minas Gerais – ainda apresentam índice de perdas superior a 30%, sendo que 12 deles atingem níveis de perdas superiores a 40%: Jaguariúna (45,93%); Louveira (49,37%); Pedreira (56,21%); Piracicaba (48,85%); Rio das Pedras (61,33%); Santa Bárbara d'Oeste(58,94%); Santo

Antônio de Posse (48,32%); São Pedro (48,76%); Sumaré (48,53%) e Tuiuti (51,91%). Portanto, pode-se observar que, embora o abastecimento de água nesses municípios seja considerado "bom", o índice de perdas no sistema de distribuição é alto e deve ser controlado, principalmente considerando que a disponibilidade hídrica da bacia está comprometida.

Na cidade de Piracicaba destacam-se as atividades econômicas sucroalcooleiras e do setor metalomecânico (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS, 2018).

As BH possuem potencialidade de alavancar e contribuir para a melhor gestão da segurança hídrica, considerando ainda as divisões em sub-bacias, que elenca localmente as possibilidades e limitações de cada região. Contudo, para que isso seja possível, há a necessidade de que dados estejam disponíveis para cada município, que serão sempre a base das informações para a construção de indicadores para segurança hídrica, que podem tornar a gestão local mais eficiente, com impacto global.

Na próxima seção serão abordados os conceitos de segurança hídrica, a fim de aprofundar esses conceitos e identificar como se relacionam com a atual situação das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, com intuito de elencar possíveis indicadores que permeiem as dimensões da sustentabilidade, para que seja possível estabelecer um Índice de Segurança Hídrica – IDSH.

2.2. Segurança Hídrica

Nesta seção são apresentados conceitos e aspectos que envolvem a segurança hídrica, bem como contribuições de agências nacionais e internacionais que discutem a gestão e segurança hídrica. As agências operam globalmente e revelam a importância de métodos para a gestão da segurança da água, principalmente levando em consideração a importância de se estabelecer níveis adequados para manutenção das atividades econômicas, sociais, mantendo o equilíbrio ecossistêmico.

Todas as atividades humanas desenvolvidas são de alguma maneira dependentes de água. Segundo a Unesco (2019, s/p), o acesso a esse recurso natural “é uma condição para toda a vida em nosso planeta, um fator facilitador ou limitador de qualquer desenvolvimento social e tecnológico, uma possível fonte de bem-estar ou miséria, cooperação ou conflito”.

O Instituto Fao (2020) coloca que, em escala mundial, a agricultura corresponde a quase 70% de todas as retiradas de água e que, desse montante, até 95% provém de países em desenvolvimento, o que mostra ser a atividade econômica que mais utiliza água no mundo,

principalmente em países subdesenvolvidos. Além do setor agrícola, outros setores, como o industrial, demandam grande quantidade de água.

No Brasil, um país em desenvolvimento, a quantidade de água utilizada para os diversos setores segue o mesmo padrão mundial, e o principal uso desse recurso é destinado para a irrigação (52%), seguido do abastecimento humano (23,8%) e da indústria (9,1%). Juntos, esses setores representam cerca de 85% da retirada total de água do território brasileiro (ANA, 2018).

Esse cenário mundial e nacional evidencia a discrepância sobre os diversos usos da água. Segundo Sachs (2008) para reverter esse cenário, o cerne está na contribuição para que haja uma melhoria e perenidade de crescimento desses países em desenvolvimento, e que se deve considerar a sustentabilidade ambiental para a orientação de todas as atividades. Em complemento cita como exemplo a ideia do desenvolvimento dos subdesenvolvidos de modo diferente ao dos países já desenvolvidos, onde haja a expansão e incentivo às atividades que prezam a conservação de energia e água, bem como a reciclagem de resíduos e reutilização de materiais, que podem resultar na melhoria da utilização dos recursos, e por consequência das capacidades de produção.

Mundialmente, o início da tratativa referente aos aspectos sociais da água provém de 1981 pela Organização sem fins lucrativos *WaterAid*, cuja missão é desenvolver ações que possam contribuir para o acesso à água potável, higiene e saneamento às pessoas com vulnerabilidade social.

Nesse sentido, *WaterAid* (2012) propôs uma relação entre a água para a subsistência e as necessidades humanas básicas, em que determinar de maneira inadequada o uso da água, englobando apenas uma ou duas dimensões, pode afetar diretamente outras dimensões do uso do recurso, como segue:

- O uso da água em larga escala para subsistência pode impactar na quantidade e qualidade de água disponível para as necessidades humanas básicas, por exemplo, o uso para a prática da irrigação não controlada ou o retorno dos recursos hídricos poluídos pelos usos produtivos;
- Se as fontes de água proporcionam usos domésticos e produtivos de pequena escala, como por exemplo, para o gado, pode haver competição entre os usuários pelo acesso a esse recurso;
- Se as pessoas não têm acesso imediato à água limpa, e dispõem muito tempo e energia na busca de água, podem ocorrer impactos negativos sobre a saúde, e

desencadear doenças adquiridas através da água, o que afeta e pode comprometer a capacidade pessoal de cultivar e trabalhar.

O Brasil é um dos países mais ricos em recursos hídricos, respondendo por 12 a 14% de toda a água do mundo. No entanto, esses recursos não são uniformemente distribuídos, uma vez que mais da metade desse recurso está localizado na bacia Amazônica, uma região com baixa densidade demográfica. Por outro lado, apenas 1,6% da água encontra-se no estado de São Paulo, onde vive um quarto da população do país (THE WORLD BANK, 2018).

No Brasil, a questão da segurança hídrica passou a ser reconhecida oficialmente a partir da criação, em 1997, da Lei das Águas que culminou na Agência Nacional de Águas (ANA) em 2000. Porém, o conceito de segurança hídrica se consolidou com o Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA, 2019a), formulado a partir da grave crise hídrica que atingiu o sudeste brasileiro. A crise hídrica afetou o Brasil, sobretudo, entre os anos de 2012 e 2017, ocasionada, principalmente por fatores como aglomerações urbanas; uso e ocupação do solo de maneira incorreta; aumento de demandas hídricas para suprir diversos segmentos; má infraestrutura hídrica associada à escassez de chuvas, entre outros. Esses fatores trouxeram à tona a urgência de discutir medidas para o tratamento sobre o uso da água e a gestão hídrica (ANA, 2019a).

Não há dúvida de que a segurança hídrica deve ser prioridade absoluta no Brasil, pois está fortemente relacionada com o desenvolvimento econômico e bem-estar social (CEBDS, 2015), sendo imprescindível para todos os setores da sociedade, ou seja, segurança hídrica é a base dos recursos naturais dos quais o mundo depende (INPE, 2012).

É importante destacar que, embora as intervenções estruturais sejam importantes, o PNSH propõe um viés centrado no ser humano, e que caminha na direção contrária à abordagem ecossistêmica (MACHADO, 2018).

A segurança hídrica, por se tratar de um assunto complexo, possui diferentes abordagens conceituais, porém órgãos nacionais e internacionais têm demonstrado grande interesse na gestão em pesquisas desse recurso natural vital para o desenvolvimento humano. De acordo com o INPE (2012), a primeira declaração intergovernamental sobre segurança hídrica foi realizada no ano de 2000, com a Declaração Ministerial do Segundo Fórum Mundial da Água.

Para Bakker (2012), o termo segurança hídrica está relacionado com a disponibilidade de água para todos os setores da sociedade, sendo que novas estratégias para analisar a segurança da água têm o potencial de melhorar a coordenação e produzir sinergia entre pesquisadores, formuladores e profissionais. O INPE (2012) coloca que as principais decisões

sobre a gestão da água devem ser feitas com base em uma visão abrangente considerando as múltiplas dimensões da segurança da água – social, humanitária, econômica e ecológica.

WaterAid (2012) complementa que a receita gerada pelos meios de subsistência pode contribuir no financiamento e na manutenção contínua das fontes de água, o que pode garantir o acesso perene ao recurso.

A partir do consenso de que a abordagem da segurança hídrica deve ser global, órgãos do mundo todo como a UNESCO, UN-WATER, WWC entre outros, passaram a discutir sobre a crise do recurso água, principalmente no que diz respeito à segurança hídrica. Mello e Jonhsson (2017, p. 72) propõem que essas discussões possuem a finalidade de garantir “atendimento à demanda crescente de um recurso limitado em quantidade no território e, muitas vezes, impactado em qualidade por atividades antrópicas”. É nesse sentido que perdura por milênios o esforço da humanidade no intuito de explanar a respeito do uso da água que engloba, por exemplo, o abastecimento doméstico e irrigação, os seus múltiplos usos, a fim de evitar perdas por inundações (GWP/OECD, 2015).

Alguns conceitos e abordagens sobre segurança hídrica são relatados de modos distintos por órgãos nacionais e internacionais (Quadro 2).

Quadro 2. Definições do conceito Segurança Hídrica

Órgão ou Instituição	Segurança Hídrica
BAKKER (2012)	Defende a importância em estabelecer um nível aceitável de riscos relacionados à água para seres humanos e ecossistemas, junto à disponibilidade de água em qualidade e quantidade aos meios de subsistência para o alcance da segurança hídrica.
INPE (2012)	Significa garantir a proteção e melhoria da água doce, ecossistemas costeiros e outros relacionados; promover o desenvolvimento sustentável e a estabilidade política; garantir que todos tenham acesso à água potável suficiente a um preço acessível para levar uma vida saudável e produtiva; e que pessoas vulneráveis sejam protegidas contra os riscos relacionados à água.
WATERAID (2012)	É o acesso confiável à água para as necessidades humanas básicas em quantidade suficiente e com qualidade, em pequena escala para os meios de subsistência e serviços ecossistêmicos locais, acoplados com um risco bem gerido de desastres relacionados com a água.
OECD (2013a)	Está baseada no risco, de forma que o aceitável deve ocorrer quando a probabilidade e o impacto de um determinado risco seja considerado baixo. Investir em segurança hídrica não é unicamente uma questão de proteger a sociedade de riscos específicos relacionados à água.
UN-WATER (2013a)	Traduz em capacidade de uma população garantir a sustentabilidade quanto ao acesso a quantidade adequada de água e qualidade aceitável, para que seja possível sustentar os meios de subsistência, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico, garantindo a proteção contra a poluição e desastres hídricos, preservando os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política.
WWC (2013)	Aborda como o termo segurança da água, e afirma que essa segurança consiste primeiramente em cobrir as necessidades essenciais da vida

	cotidiana, alimentação e saúde: água para a produção de alimentos e melhoria dos rendimentos agrícolas; água limpa segura para ajudar a controlar doenças transmitidas pela água, que é uma das principais causas de morte.
CEBDS (2015)	Pressupõe garantir o acesso sustentável a quantidades adequadas de água, com qualidade aceitável para a subsistência, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico, assegurando a proteção dos recursos hídricos contra a poluição e os desastres relacionados com a água, bem como a preservação dos ecossistemas.
GWP/OECD (2015)	Consiste em aproveitar os benefícios relacionados à água apoiados no gerenciamento de seus riscos, de modo a atender ao mesmo tempo as demandas sociais e ambientais.
MELO/JONHSSON (2017)	Assimilam que o intuito é garantir a disponibilidade hídrica à sociedade para os variados usos, atendendo suas expectativas, e protegendo-a quanto aos possíveis impactos negativos causados pelos eventos hidrológicos extremos. Esclarecem que o conceito de segurança hídrica está vinculado à necessidade de atendimento às demandas humanas essenciais, à produção econômica, com prioridade a produção de alimentos, até a garantia de proteção de ecossistemas aquáticos, abrangendo a questão do risco aceitável, incluindo todos os benefícios também à população mais vulnerável.
MACHADO (2018)	Está intrinsecamente ligada às ações voltadas a melhoria da gestão dos recursos hídricos.
ANA (2019a)	O cenário ideal consiste em uma infraestrutura que esteja planejada, dimensionada, implantada e gerida adequadamente, atendendo tanto ao equilíbrio entre a oferta e a demanda de água quanto a situações contingenciais, fruto da vulnerabilidade a eventos climáticos extremos.
UNESCO (2019)	Desde 1975 a Unesco, através do <i>Intergovernmental Hydrological Program</i> (IHP) atua na pesquisa hidrológica internacionalmente, pois tem por principal objetivo da oitava fase desse projeto (IHP-VIII 2014-2021) colocar a ciência em ação para a segurança hídrica. Para isso, tem facilitado a abordagem interdisciplinar e integrada para a gestão de bacias hidrográficas e aquíferos, incorporando a dimensão social da água; apoiando a cooperação internacional em ciências hidrológicas e de água doce e na interface com os legisladores; e reforça ainda sobre as capacidades institucionais e individuais.
UNESCO i-WSSM (2019)	É resultado da boa governança hídrica, que pode permitir melhor acesso à água, saneamento e preservação das condições de quantidade e qualidade dos recursos hídricos.
SANTOS <i>et al.</i> (2020)	Consiste em garantir o acesso à água de qualidade e em quantidades suficientes para satisfazer o bem-estar das presentes e futuras gerações, bem como a manutenção dos ecossistemas.
WATERWAID (2020)	Alguns aspectos para se estabelecer a segurança hídrica: Recursos Hídricos de boa qualidade e bem administrados; Serviços de abastecimento de água bem administrados; Gestão de risco de desastres.
WWC (2020)	É a disponibilidade de quantidade e qualidade adequada de água para sustentar o desenvolvimento socioeconômico, meios de subsistência, saúde e ecossistemas.

Fonte: Elaboração própria.

A partir do Quadro 2 é possível notar as diferentes perspectivas sobre o conceito da segurança hídrica, tanto em nível internacional quanto nacional. Alguns autores, como Bakker (2012), OECD (2013a), GWP/OECD (2015) e Waterwaid (2020) acordam que segurança hídrica consiste em estabelecer riscos aceitáveis relacionados à água. Para CEBDS (2015),

Melo e Jonhsson (2017), UN-Water (2013a), Santos *et al.* (2020) e WWC (2020) a segurança hídrica representa garantia de água com qualidade e quantidade suficiente para as necessidades humanas básicas. Já para a Ana (2019a), Machado (2018), Unesco (2019), Unesco i-WSSM (2019) e Waterwaid (2020), a segurança hídrica está intrinsecamente relacionada à gestão adequada dos recursos hídricos.

De uma forma geral, observa-se que o conceito de segurança hídrica visa garantir a disponibilidade de água para diversos fins, e proteger as pessoas de eventos hidrológicos extremos. Os órgãos GWP e OECD (2015) salientam que esse investimento deve ser visto como uma estratégia necessária para apoiar o crescimento econômico e o bem-estar da população. Segundo CEBDS (2015), o gerenciamento dos riscos hídricos apresenta estreita dependência com as políticas públicas.

O Quadro 3 sintetiza algumas perspectivas internacionais e nacionais sobre possíveis ações, alguns desafios e objetivos para a segurança hídrica.

Quadro 3. Ações, desafios e objetivos para a segurança hídrica

Órgão ou Instituição	Ações, desafios e objetivos
BAKKER (2012)	A segurança da água enfrenta desafios consideráveis, dada a complexidade de analisar as inter-relações entre vulnerabilidade, risco e resiliência em escalas, setores e disciplinas no contexto de previsibilidade limitada. Objetivos e ações: 1. Questões de uma definição sobre o conceito de segurança hídrica; 2. Refere-se em analisar as implicações socioambientais das mudanças em andamento no ciclo global da água; 3. Necessidade de interação entre os pesquisadores, abordando a questão da água de forma interdisciplinar.
INPE (2012)	Sete principais desafios para se alcançar a segurança hídrica: 1. Satisfazer as necessidades básicas; 2. Garantir o abastecimento para alimentos; 3. Proteger os ecossistemas; 4. Compartilhar os recursos hídricos; 5. Gerenciar riscos; 6. Valorizar a água; 7. Controlar racionalmente a água. Alcançar a segurança da água depende da manutenção do ciclo da função hidrológica, da implementação de sistemas de engenharia confiáveis, da formulação de planos de mitigação e conscientização de riscos e da formulação de intervenções legais, políticas sensatas e sistemas de gestão eficazes.
WATERAID (2012)	Ameaças à segurança da água: 1. Fraca vontade política e baixa capacidade de gestão de recursos hídricos e serviços de abastecimento de água; 2. Exclusão social e política; 3. Pobreza; 4. Baixa resiliência das comunidades para lidar com tensões no abastecimento de água; 5. Higiene ruim e saneamento; 6. Rápido crescimento populacional e urbanização; 7. Variabilidade climática; 8. Alterações climáticas, hidrogeologia complexa e terreno desafiador; 9. Localização e construções limitadas das fontes de água. Os objetivos principais para fortalecer a segurança da água e a resiliência das comunidades incluem: 1. Melhoria e extensão nos serviços de abastecimento de água, garantindo que quantidades suficientes sejam disponíveis para atender às necessidades de saúde e meios de subsistência; 2. Manter melhores serviços de abastecimento de água; 3. Reduzir os tempos e a carga de coleta de água; 4. Proteger e melhorar a qualidade da água por meio de

	<p>melhor higiene e saneamento, proteção das fontes, manuseio, armazenamento e tratamento seguros; 5. Aumentar a capacidade de armazenamento de água; 6. Fortalecer o monitoramento da disponibilidade e demanda hídrica e da qualidade da água; 7. Facilitar a avaliação de risco no nível da comunidade e o planejamento baseado em risco; 8. Facilitar a formação de princípios operacionais de nível comunitário para coordenação de acesso equitativo e uso da água, bem como proteção da água; 9. Fortalecer a voz das comunidades pobres para pedir ajuda de autoridades responsáveis quando o acesso à água é ameaçado.</p>
OECD (2013a)	<p>Enfatiza que se deve manter os níveis aceitáveis para quatro riscos: 1. Risco de escassez (incluindo secas): falta de água suficiente para atender a demanda (em ambos, a curto e longo prazo) para usos benéficos por todos os usuários de água (famílias, empresas e o meio ambiente); 2. Risco de qualidade inadequada: falta de água de qualidade adequada para um propósito específico ou uso; 3. Risco de excesso (incluindo inundações): transbordamento dos limites normais de um sistema de água (natural ou construído), ou o destrutivo acúmulo de água sobre áreas que são normalmente não submersas; 4. Risco de prejudicar a resiliência de sistemas de água doce: excedendo o enfrentamento à capacidade da água superficial e subterrânea, os corpos hídricos e suas interações (o “sistema”); possivelmente cruzando pontos de inflexão, e causando danos irreversíveis aos sistemas de funções hidráulicas e biológicas.</p>
UN-WATER (2013b)	<p>Os desafios para segurança hídrica representam as mudanças nos dados demográficos, como o crescimento populacional, o aumento da urbanização e migração, além das mudanças nos padrões de consumo, o que resulta em um aumento na demanda de água. Acredita na capacidade de desenvolvimento transdisciplinarem vários níveis e polivalentes.</p>
WWC (2013)	<p>Alcançar a segurança hídrica da água requer, acima de tudo, vontade política e coragem para enfrentar questões e reconhecer a importância de sistemas saudáveis. A organização complementa ao afirmar que o investimento em sistemas saudáveis é vital para obter a força e resiliência para superar os desafios hídricos.</p>
CEBDS (2015)	<p>1. Investimento em infraestrutura hídrica para incremento da oferta hídrica e para o controle de cheias; 2. Despoluição dos corpos hídricos – notadamente por meio da universalização do saneamento básico; 3. Fortalecimento institucional dos órgãos gestores de recursos hídricos – em especial o aprimoramento do arcabouço regulatório; 4. Preservação de áreas de nascentes de Rios e de recarga de aquíferos; 5. Fomento a projetos de reúso e uso racional da água na indústria, na irrigação e no abastecimento humano; 6. Incentivo à educação ambiental nas escolas.</p> <p>O desafio está em aumentar a capacidade de convivência do ser humano com eventos climatológicos extremos, ou seja, incrementar a resiliência das infraestruturas e das instituições para lidar com essas situações, atuando tanto do lado da oferta quanto o da demanda por água.</p> <p>Defende que a iniciativa privada possui um papel fundamental na redução dos riscos associados tanto da oferta quanto da demanda hídrica, e assinala alguns desses setores: 1. Industrial – oportunidade de adotar novas tecnologias que consumam menos água, além do reúso. 2. Agrícola - adoção de métodos de irrigação mais racionais, preservação de nascentes, zonas de recarga de aquíferos e matas ciliares. 3. Saneamento - tem um papel fundamental na melhoria do controle operacional dos sistemas urbanos de abastecimento de água e no incremento dos índices de tratamento de esgotos sanitários. Defende que a participação da iniciativa privada vem crescendo nos últimos anos para o fornecimento de saneamento básico.</p>
GWP/OECD (2015)	<p>Salienta a necessidade de uma gestão proativa dos riscos, pois há evidência de que as tomadas de decisões estão sempre incertas, o que</p>

	demonstra escassez no monitoramento. Sendo assim coloca como fator principal a metodologia de análise que consiste em analisar as decisões e avaliar o custo-benefício, que são fundamentais para fazer escolhas estratégicas sobre o investimento em segurança hídrica. Encontram-se como alguns dos desafios para o alcance da segurança hídrica: o crescimento econômico sustentável, riqueza, e o bem-estar humano.
MELO/JONHSSON (2017)	Buscar a operacionalização de uma visão mais sistêmica. Propõem-se a aplicação de soluções mais diversificadas, ou seja, que componham instituições, infraestrutura natural e construída, bem como sistemas de informação, de forma a viabilizar a segurança hídrica, estabelecendo-se metas, no sentido de garantir a efetividade dos investimentos, favorecendo o bem-estar humano, desenvolvimento socioeconômico, englobando igualmente a população mais vulnerável.
MACHADO (2018)	O desafio atual está na seleção adequada e desenvolvimento de indicadores ambientais relacionados à segurança hídrica, e destaca a necessária visão holística e multidisciplinar que deve existir nos estudos ambientais, para que se compreenda os mais variados fatores. Acredita que a oferta de água é fundamental para melhorar a segurança hídrica, porém deve-se levar em conta ações prioritárias como “a economia de água, uso eficiente, ações educativas e de redução de perdas e desperdícios”.
ANA (2019a)	Necessário o engajamento das demais esferas de governo e da parceria fundamental dos Estados no direcionamento dos esforços requeridos para a implementação da segurança hídrica.
UNESCO i-WSSM (2019)	Os desafios da água estão afetando cada vez mais as regiões do mundo que enfrentam os efeitos da mudança climática, da urbanização e também de desastres naturais. Abordar a segurança da água pode ser uma prática para lidar com os desafios complexos e interligados e aumentar a sustentabilidade, o desenvolvimento e o bem-estar humano. Em geral, os objetivos da segurança hídrica consistem em reduzir a pobreza absoluta, desenvolver a saúde da população e preservar os recursos naturais. Porém, é necessário adotar políticas e estratégias que ajudem a melhorar a gestão e o uso dos recursos hídricos por meio da participação e das inter-relações entre os diferentes atores e setores que utilizam os recursos hídricos, inclusive o meio ambiente.
SANTOS <i>et al.</i> (2020)	Atingir segurança hídrica sustentável exigirá a superação de desafios como mudanças climáticas, mudanças no uso e cobertura da terra, crescimento da população, aumento da demanda, entre outros.
UNESCO (2019)	Para alcançar a segurança hídrica, deve-se proteger os sistemas hídricos vulneráveis, mitigar os impactos dos perigos relacionados à água, como enchentes e secas, salvaguardar o acesso às funções e serviços hídricos e gerenciar os recursos hídricos de maneira integrada e equitativa.
WATERAID (2020)	Uma série de fatores podem se combinar para ameaçar a segurança hídrica, tais como: 1. Variabilidade natural do clima; 2. Mudança climática induzida pelo homem; 3. Aumento da população e migração; 4. Assentamento de terras sujeitas a perigos; 5. Fraca prestação de serviço; 6. Descarga descontrolada de poluentes na água; 7. Exclusão por causa de casta, raça, <i>status</i> social ou filiação política. Muitas dessas ameaças podem ser gerenciadas para garantir que seu impacto seja mínimo, mas muitas vezes não existe vontade política e capacidade institucional para fazê-lo. Como resultado, centenas de milhões de pessoas continuam sem acesso a esse direito humano básico.
WWC (2020)	A segurança da água depende fundamentalmente dos contextos locais, o que significa que prescrições gerais são de pouca utilidade.

Fonte: Elaboração própria.

A partir do Quadro 3 é possível identificar os inúmeros desafios, riscos e possibilidades para alcançar a segurança hídrica internacionalmente e nacionalmente. Bakker

(2012) defende a ampliação das pesquisas sobre segurança hídrica, pois aumenta as possibilidades do gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Bakker (2012) defende a necessidade de se estender os incentivos para contribuições substanciais para se enfrentar a crise mundial de água, equilibrando as necessidades humanas e ambientais da água, resguardando o ecossistema e biodiversidade. Em complemento, Machado (2018) ressalta a criação e viabilização de indicadores eficazes para segurança hídrica.

Para Un-Water (2013b) e INPE (2012) existem desafios globais e riscos para o alcance da segurança hídrica, pois as ações mundiais acarretam e afetam significativamente os recursos hídricos, aumentando os riscos e a vulnerabilidade à segurança humana e a proteção dos ecossistemas. Segundo o INPE (2012), o alcance da segurança hídrica depende da manutenção do ciclo da função hidrológica e da elaboração de planos de mitigação e conscientização de riscos, entre outros fatores. O caminho da segurança hídrica está ancorado, portanto, em uma trajetória de evolução da necessidade de investimentos que considera diferentes estágios de desenvolvimento das intervenções (ANA, 2019a).

A segurança hídrica pode ser sintetizada como sendo o equilíbrio entre a distribuição de água potável com qualidade para os diversos fins, como o social, que engloba a higiene e consumo humano; o econômico contemplando a produção de alimentos e de indústrias; e o ambiental, que inclui o ciclo natural da água e condições adequadas de preservação dos rios e suas nascentes, a fim de sustentar o equilíbrio ecossistêmico. Esses fatores se contemplados em sua totalidade, podem favorecer a permanência humana e da biodiversidade para manutenção do planeta Terra. Deve-se ainda levar em consideração o tratamento adequado dos esgotos, a prevenção de eventos hidrológicos extremos, e a inclusão social de toda população, sem a exclusão das mais vulneráveis, facilitando o acesso à água e saneamento básico.

O conceito de segurança hídrica, conforme exposto por diversas organizações, órgãos e pesquisadores nacionais e internacionais está altamente atrelado aos riscos, com destaque a importância de estudos para avaliar e mensurar esses riscos para proteção e garantia do acesso à água potável em todas as situações, incluindo as adversas. Para tanto, os indicadores de sustentabilidade representam uma maneira de medir a segurança hídrica, e possibilitam traçar um melhor caminho a ser percorrido para evitar e conter os riscos relacionados à água.

Diante do atual cenário mundial adverso frente à pandemia da Covid-19 instaurada desde 2020, julga-se importante refletir sobre a água no tocante à pandemia.

2.2.1. Segurança hídrica e os desafios da pandemia Covid-19

A acessibilidade à água potável e ao esgotamento sanitário foram reconhecidos, respectivamente em 2010 e em 2015 pela Assembleia Geral da ONU como dois direitos humanos fundamentais para constituir a dignidade humana, a saúde pública e outras questões que compõem o bem-estar social (ARTIGO 19, 2020).

Nesse sentido, a universalização do acesso à água e saneamento é garantido pela ONU como um direito humano fundamental. A garantia desse direito, de acordo com o Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento – ONDAS, engloba o acesso e exiguidade de preços dos serviços de saneamento, ou seja, o preço que se paga por esses serviços não deve impedir que a pessoa usufrua de outros direitos humanos como a moradia e alimentação (ONDAS, 2021).

Entretanto, segundo dados de *World Health Organization* – WHO e *United Nations International Children's Emergency Fund* – UNICEF, 40% da população mundial não possuem lugares adequados em suas residências para lavarem as mãos com água e sabão (WHO; UNICEF, 2020). Segundo dados de 2019, estimados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD, no Brasil, dos 72,4 milhões de domicílios, 70,7 milhões (97,6%) possuíam água canalizada, e 63,8 milhões (88,2%) tinham acesso à rede geral de abastecimento de água (IBGE, 2020). Constatou-se em 2019 que o banheiro de uso exclusivo estava presente em 70,8 milhões dos domicílios do país (97,8%) e, em 68,3% deles havia o escoamento do esgoto realizado pela rede geral ou fossa séptica ligada à rede geral (IBGE, 2020).

A problemática da água no Brasil é oriunda da desigualdade social que acarreta divergências quanto à universalização do acesso à água e ao saneamento básico, que engloba a disponibilidade de água e esgoto, situação em que, de acordo com Araújo (2019), mais de 40 milhões de brasileiros não possuem acesso aos sistemas de abastecimento público, e outros 100 milhões de brasileiros são afetados com a falta de esgotos tratados.

O contexto brasileiro reflete a questão da desigualdade social. Um número expressivo de pessoas no Brasil que possui a necessidade de se deslocar para manter o próprio emprego, além de muitas vezes haver precariedade nas condições de moradia, o que vulnerabiliza a população, principalmente a negra, indígena, rural e periferias urbanas (ARTIGO 19, 2020), que gera muitas vezes, inevitavelmente, grande aglomeração.

O atual cenário vivenciado pela pandemia da Covid-19 no Brasil e no mundo trouxe novamente a água como papel fundamental para sobrevivência humana, não apenas para o

consumo humano, mas englobando fundamentalmente a higienização. Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, a água é fundamental à vida, à saúde e à prevenção de doenças, e no momento atual, essencial para o enfrentamento da pandemia (SABESP, 2020). Ressalta-se que o não acesso à água de qualidade pode contribuir para o desenvolvimento de doenças, entre elas a hepatite A, diarreia, dengue, cólera e esquistossomose (ARAÚJO, 2019).

A Covid-19 é causada pelo coronavírus, uma grande família de vírus comuns, a exemplo do MERS-CoV e SARS-CoV, que infectam muitas espécies diferentes de animais, dentre as quais, camelos, gados e morcegos. Esse tipo de vírus raro, que comumente acomete animais, pode igualmente infectar pessoas (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2020).

Devido ao cenário mundial perante ao grande potencial de contágio e disseminação do coronavírus, causador da Covid-19, os seres humanos passaram a repensar hábitos, principalmente os de higiene pessoal. Nesse sentido, torna-se necessário alavancar as discussões sobre políticas públicas voltadas para a garantia do fornecimento mínimo de água e saneamento, e atendimento à população em várias situações (ONDAS, 2021). Em complemento, o Instituto enfatiza que a pandemia da Covid-19 trouxe à luz a importância das políticas de proteção da saúde pública que incluem a necessidade de assegurar para toda população os serviços básicos de saneamento e ressalta que não é possível separar os infectados dos não infectados pelo vírus e, dessa forma, fica evidente a necessidade de universalização do acesso à água, incluindo o saneamento básico, para a saúde pública.

O Ministério da Saúde reforça que a frequência de higienização das mãos deve ser ampliada quando em contato com ambiente público, como por exemplo na utilização de transporte público ou pelo contato em superfícies e objetos de uso compartilhado (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2020).

Nos países da Europa, em 2013-2014, foi criada uma Iniciativa de Cidadania Europeia – ICE, para a água - *European Citizens Initiative (ECI) Right2Water¹* - em conformidade com o Tratado de Lisboa, com objetivo de implantar água potável como direito humano, bem como o tornar o acesso à água em um serviço público e bem público (GUNNARSDOTTIR *et al.*, 2020).

Medidas similares estão sendo adotadas no mundo, como se pode observar na pesquisa realizada por Hasan *et al.* (2021) que considerou a interação entre planos de regulamentação, gestão de riscos e segurança da água na Malásia, na Inglaterra e País de Gales, sendo possível

¹ É uma campanha para comprometer a União Europeia e os Estados Membros a implementar o direito humano à água e ao saneamento.

constatar que o regulamento na Malásia está em transição, e que apesar de tensões reveladas, mostra-se como uma mudança bem-sucedida. Foi averiguada a interatividade entre a gestão para prevenção de riscos e o modelo regulatório para a segurança da água. Entretanto, o sucesso desse modelo somente ocorrerá a partir do engajamento dos interessados, consciência dos clientes, a velocidade e implantação, a organização e gestão entre concessionárias e agências reguladoras, bem como a acessibilidade.

A pandemia da Covid-19 evidencia a necessidade de ampliar as discussões sobre as questões da água no Brasil e no mundo. Como mencionado anteriormente, uma das maneiras de impedir a disseminação do vírus, é a higienização das mãos (WHO; UNICEF, 2020), esse fato evidenciou novos desafios para segurança hídrica, principalmente relacionados aos parâmetros de qualidade e eficiência da distribuição de água, segundo Cerezini (2020).

De acordo com Observatório das Águas – OGA Brasil (2020), as evidências de que uma parcela significativa da população não possui acesso ou tem dificuldades em seguir as diretrizes no enfrentamento da pandemia é alarmante, pois muitas vezes não possui acesso aos serviços básicos de água e saneamento, o que torna necessário ampliar o debate sobre a segurança hídrica no Brasil.

Principalmente em tempos de pandemia, como a da Covid-19, disseminar a oferta de banheiros públicos e locais de higienização para os que se encontram fora de suas residências, bem como para os que estão marginalizados em situação de rua (ONDAS, 2021) é uma forma de prevenção e melhoria da saúde pública.

A publicação do Artigo 19 (2020) buscou relatar as decisões políticas no Brasil perante o enfrentamento da atual pandemia, no que se refere ao acesso à água e esgotamento sanitário, e constataram-se as seguintes percepções:

- Transferência da responsabilidade na formulação de políticas públicas: averiguada uma postura passiva dos governos estaduais referente a garantia de acesso a esses direitos, o que inclusive engloba a questão das fiscalizações que foram apenas terceirizadas às companhias de abastecimento que prestam os serviços aos estados; essas empresas são prestadoras de serviços e não possuem a obrigatoriedade do Poder Público que é de formular e fiscalizar as políticas públicas;
- Não adoção de políticas estruturadas que englobem as populações vulneráveis: apesar de existirem algumas ações por parte das companhias de água, ainda são insuficientes. Nota-se a necessidade urgente da elaboração de políticas públicas includentes que garantam o acesso aos serviços públicos de qualidade, em cumprimento a garantia desses direitos;

- Dependência econômica do pagamento de tarifas para a continuidade da prestação dos serviços: as companhias de água e esgoto possuem em seu mecanismo de funcionamento a necessidade, na maior parte das vezes, de arrecadação de recursos próprios, ou seja, dependem do pagamento das tarifas dos usuários. Em meio a uma pandemia, é evidente que haja uma tendência de aumento de pessoas inadimplentes devido à crise econômica. No caso da Covid-19, juntamente aos problemas econômicos há uma crise de saúde pública, portanto, a adoção de medidas para garantir o direito ao acesso à água deveria ser ampliada pelo Poder Público. No Brasil há muitos entraves devido a maneira que é feita a gestão financeira desses serviços.

Por fim, é possível constatar a falta de comprometimento dos órgãos governamentais brasileiros em implementar políticas sanitárias suficientes para o enfrentamento da pandemia. Adicionalmente, a falta de transparência na publicação dos dados e do controle social denota um estado de alerta. Ressalta-se que o conteúdo dessas informações influencia as tomadas de decisões diretamente vinculadas com o interesse público. Ademais, Cerezini (2020) enfatiza sobre a importância no fortalecimento da segurança hídrica como fundamental na prevenção e combate de futuras pandemias.

Devido às evidências de mensurar aspectos que englobam o acesso à água e saneamento, alinhados com a importância de dados e com as análises como um dos fatores determinantes no combate e controle de pandemias, entre outras questões que englobam a segurança hídrica, na próxima seção são abordados os conceitos de indicadores de sustentabilidade, bem como as suas funcionalidades e importância.

2.3. Avaliação da Sustentabilidade

O início das discussões sobre os indicadores de sustentabilidade foi desencadeado há quase 50 anos, segundo Veiga (2010), mas foi ao final da década de 90 que passou a ser amplamente disseminado e discutido com as proposições da Agenda 21 das colaborações de Meadows (1998), e dos Princípios de Avaliação e Medição de Sustentabilidade Bellagio – *Bellagio Sustainability Assessment and Measurement Principles*, conhecido como BellagioSTAMP.

A Agenda 21, segundo *United Nations Conference on Environment and Development – UNCED*, foi criada com o intuito de propor ações a respeito do desenvolvimento sustentável, e colocá-las como uma meta que fosse aceitável globalmente, de forma a abordar os

problemas urgentes da década de 90, além de preparar o mundo para os desafios do próximo século. A Agenda 21 reflete um consenso global e um compromisso político no mais alto nível de desenvolvimento e cooperação ambiental (UNCED, 1992).

Desde então, monitorar e avaliar o progresso do desenvolvimento sustentável tornou-se uma questão de preocupação mundial, inicialmente a cogitação foi a elaboração de uma lista de indicadores comuns para avaliação do progresso global, considerando o seu desenvolvimento (GUIMARÃES *et al.*, 2008). A construção de indicadores de desenvolvimento sustentável foi necessária para o monitoramento e medição dos avanços quanto às metas estipuladas pela Agenda 21.

Para isso, a fim de medir a sustentabilidade em nível global, foi criado no Brasil um Comitê de Desenvolvimento Sustentável – CDS que visou abranger as questões econômicas. O principal objetivo da iniciativa foi construir índices de desenvolvimento sustentável para apoiar o processo de tomada de decisão nos países, defini-los, esclarecer métodos e fornecer treinamento e atividades de capacitação para sua construção (MALHEIROS *et al.*, 2008).

Os índices criados pelo CDS foram o IDS – Índice de Desenvolvimento Sustentável: o Índice de Desenvolvimento Econômico – IDE; as dimensões sociais, pelo Índice Social de Desenvolvimento – ISD; as dimensões ambientais, através do Índice de Desenvolvimento Ambiental – IDA; e as dimensões institucionais, pelo Índice de Desenvolvimento Institucional – IDI (SOUZA *et al.*, 2020).

Adentrando as nomenclaturas índices *versus* indicadores, para uma melhor compreensão, vale ressaltar que a principal diferença entre eles está em sua composição, sendo que os índices englobam um conjunto de indicadores, e conforme elucidado por Siche *et al.* (2007, p. 145) “um índice é um dado mais apurado que provém da agregação de um jogo de indicadores ou variáveis e que pode interpretar a realidade de um sistema. Um indicador normalmente é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais”. A *European Environment Agency* – EEA complementa que os indicadores de sustentabilidade têm a “comunicação como principal função, que devem permitir ou promover o intercâmbio de informações sobre o assunto que abordam” (EEA, 1999, p. 05).

Siche *et al.* (2007) enfatizam a importância dos índices e indicadores como alternativas válidas para a sustentabilidade, mas que é necessário ser considerado o real significado e consecução. Além disso, consideram que independentemente da adoção de índices ou indicadores de sustentabilidade como métrica, são esses os padrões adotados para as tomadas de decisões políticas, estratégicas e empresariais dos países.

Portanto, índices e indicadores são cruciais, e servem como guia para tomadas de

decisão em vários níveis, permitindo mensurar o progresso dos objetivos do desenvolvimento econômico estabelecidos em ações governamentais (SOUZA *et al.*, 2020). Para Veiga (2010), avaliar, mensurar e monitorar a sustentabilidade requer o uso de indicadores.

Nesse sentido, quanto à avaliação de sustentabilidade por indicadores, Meadows (1998) desenvolveu um modelo de avaliação de sustentabilidade que aborda a alavancagem sistêmica, baseando-se na alteração de propósito de alto impacto, considerando ainda possíveis modificações de fluxo, regras, políticas e interações. Para a autora, as pessoas compõem o sistema, e, portanto, são parte integrante dele, o que as tornam conscientes de seus objetivos e metas, de forma que as pessoas representam uma das principais alavancas do sistema.

Além da alavancagem sistêmica, os Princípios de Bellagio, conhecidos como BellagioSTAMP, são utilizados para avaliar o desenvolvimento sustentável. Esses Princípios utilizam elementos como orientações para a avaliação de todo o processo, desde a escolha do projeto dos indicadores e sua interpretação até a comunicação dos resultados, sendo princípios inter-relacionados, que devem ser aplicados de forma conjunta (OLIVEIRA *et al.*, 2018). O BellagioSTAMP, segundo o Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável – IISD, é considerado um conjunto de princípios utilizados para orientação da medição e avaliação das estratégias para a sustentabilidade. Os sistemas de avaliação podem contribuir para o fortalecimento da governança, melhoria da responsabilidade, cumprimento de metas e objetivos atrelados ao desenvolvimento sustentável. De acordo com o mesmo Instituto, o uso dos princípios também é relatado na concepção de avaliações integradas e prospectivas em nível internacional. O BellagioSTAMP foi desenvolvido em 2008 por um grupo de especialistas internacionais reunidos em Bellagio, Itália, liderados pelo IISD e pela iniciativa *Measuring the Progress of Societies* da OCDE. Uma versão anterior dos princípios foi publicada em 1996 (IISD, 2000).

Os Princípios de Bellagio têm o intuito de avaliar os efeitos das decisões antecipadas, e utilizam-se os princípios originais como ponto de partida, esses que foram atualizados e formulados a fim de eliminar duplicidades e incluir novos pontos de ênfase (PINTÉR *et al.*, 2012). São oito princípios que devem ser utilizados em conjunto: 1. Integridade de longo prazo do sistema socioambiental: visa proteger as funções de suporte de vida insubstituíveis; 2. Suficiência de recursos para uma vida decente e acesso a oportunidades de subsistência que não comprometam as gerações futuras; 3. Equidade intrageracional: busca reduzir as lacunas de oportunidades entre as diferentes classes socioeconômicas; 4. Equidade intergeracional: favorece ações de preservação ou melhoria de oportunidades para as gerações futuras viverem

sustentavelmente; 5. Manutenção e eficiência de recursos: reduz as ameaças à integridade a longo prazo dos sistemas socioambientais; 6. Civilidade socioambiental e governança democrática para a construção de decisões coletivas entre indivíduos, comunidades e órgãos diversos; 7. Precaução e adaptação: procura respeitar as incertezas, evitando riscos, mesmo mal compreendidos, de danos graves ou irreversíveis aos fundamentos da sustentabilidade; 8. Integração imediata e de longo prazo: aplica todos os princípios de sustentabilidade ao mesmo tempo, buscando trazer benefícios mútuos e múltiplos ganhos rumo à sustentabilidade.

Em síntese, os oitos princípios se baseiam na percepção de interdependência entre o bem-estar humano e o meio ambiente, e da dependência do ser humano das condições biosféricas e exerce papel fundamental na sua manipulação (GIBSON, 2006). Nesse sentido, os princípios de sustentabilidade ampliam o conceito de ecossistemas para sistemas socioambientais dinâmicos, duradouros, adaptáveis e resilientes (BEGA *et al.* 2021, p. 07).

2.3.1. Indicadores

O termo indicador, de acordo com Hammond *et al.* (1995), provém do latim, do verbo *indicare*, que significa divulgar ou apontar, anunciar ou tornar público, ou ainda estimar ou colocar um preço.

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OECD, os indicadores possuem duas funções principais: 1 – reduzem o número de medições e parâmetros que normalmente seriam necessários para uma apresentação exata de uma situação; 2 – simplificam o processo de comunicação pelo qual os resultados da medição são fornecidos ao usuário (OECD, 2001). Em complemento, a OECD (2013b) coloca que indicadores são vistos como ferramentas, entre diversas outras, e devem, geralmente, ser usados com outras informações, a fim de extrair conclusões sólidas.

De acordo com Van Bellen (2004) o principal objetivo dos indicadores é resumir e quantificar as informações evidenciando a sua importância para a realidade estudada, com o intuito de simplificar as informações sobre fenômenos complexos, na tentativa de melhorar o processo de comunicação.

Para Jannuzzi (2014, p. 140) “sempre que possível, deve-se procurar empregar indicadores de boa cobertura territorial ou populacional, que sejam representativos da realidade empírica em análise”, e complementa que empregar indicadores muito complexos é o primeiro passo para o potencial fracasso na sua implementação, e pode ser considerado como abuso tecnocrático dos formuladores de programas.

Bega *et al.* (2021, p. 02) sintetiza que índices e indicadores são uma maneira de avaliação da sustentabilidade de forma quantitativa. E complementa que “os indicadores de sustentabilidade são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável”.

Van Bellen (2006, p. 42) afirma que “a mais importante característica do indicador, quando comparado com os outros tipos ou formas de informação, é a sua relevância para a política e para o processo de tomada de decisão”.

Os indicadores podem ser vistos como importantes instrumentos para a elaboração de políticas que sustentam o parcelamento, ocupação do solo e práticas urbanísticas para o acesso à moradia, esses que ainda atendem somente parte das necessidades reais (YOSHII *et al.*, 2019). Segundo Hammond *et al.* (1995), os indicadores também cumprem o propósito social de melhorar a comunicação, mas podem desempenhar um papel útil apenas onde a comunicação é bem-vinda, tal que a tomada de decisões é sensível às informações sobre novas questões sociais ou a eficácia das políticas atuais. Jannuzzi (2014, p. 141) acredita que “sensibilidade e especificidade são propriedades que também devem ser avaliadas quando da escolha de indicadores para a elaboração de um sistema de monitoramento e avaliação de programas públicos”.

Vale ressaltar que, de acordo com o IBGE (2015), a importância dos indicadores refere-se ao que eles apontam e não tanto pelo seu valor absoluto; e sua maior utilidade existe quando há a análise desses indicadores em conjunto, e não individualmente.

Outros critérios importantes que afetam a utilidade e a relevância de um indicador centram-se na oportunidade de dados subjacentes; o intervalo entre o período ao qual os dados se referem; e a data em que os dados são liberados, que devem ser o mais curto possível (OECD, 2001).

O crescente uso de indicadores para as tomadas de decisões, melhor compreensão e monitoramento de tendências, contribui para a identificação dos dados mais relevantes e no estabelecimento de sistemas conceituais de compilação e análise de dados (VAN BELLEN, 2006).

De acordo com o IBGE (2015) os indicadores fornecem subsídios para monitorar a sustentabilidade ambiental, social, econômica e institucional do modelo de desenvolvimento do Brasil e fornecem um panorama abrangente das informações necessárias para compreender a realidade do País, exercer a cidadania, planejar e formular políticas públicas, e finalmente possibilitar a promoção do desenvolvimento sustentável.

Os indicadores não foram concebidos para fornecer uma imagem completa das

questões ambientais, mas sim para ajudar a revelar tendências e chamar a atenção para fenômenos ou mudanças que requerem análise adicional e possível ação, e quando orientados para políticas, é necessário averiguar o contexto completo (OECD, 2003).

A EEA (1999) propõe três principais objetivos para o monitoramento dos indicadores ambientais: 1. fornecimento de informações sobre problemas ambientais para permitir que os formuladores de políticas valorizem a seriedade; 2. apoio no desenvolvimento de políticas, estabelecendo prioridades, identificando os principais fatores que pressionam o meio ambiente; 3. monitoramento dos efeitos das respostas políticas.

Os indicadores apontam o progresso em direção às metas sociais, como o desenvolvimento sustentável, mas seu propósito também pode ser mais simples: os ponteiros de um relógio, por exemplo, indicam a hora; a luz de advertência em um aparelho eletrônico indica que o dispositivo está ligado (HAMMOND *et al.*, 1995). Segundo Van Bellen (2006, p. 48), “a necessidade de indicadores com um certo grau de agregação é imprescindível para o monitoramento da questão da sustentabilidade”.

A OECD (2001) elenca algumas premissas para a seleção de indicadores, considerando que são utilizados para diversos fins. A organização acredita que seja necessário definir critérios gerais de seleção de indicadores. Três critérios básicos são usados pela OECD, que contribuem para selecionar os indicadores ambientais conforme apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Critérios básicos para seleção de Indicadores Ambientais

	Um indicador ambiental deve:
Relevância Política e Utilidade para os Usuários	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fornecer uma imagem representativa das condições ambientais, pressões sobre o respostas do ambiente ou da sociedade; ◆ Ser simples, fácil de interpretar e capaz de mostrar tendências ao longo do tempo; ◆ Responder às mudanças no ambiente e nas atividades humanas relacionadas; ◆ Fornecer uma base para comparações internacionais; ◆ Ser de escopo nacional ou aplicável a questões ambientais regionais de significado; ◆ Ter um limite ou valor de referência com o qual comparar, para que os usuários possam avaliar a significância dos valores associados a ela.
Solidez Analítica	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ser teoricamente bem fundamentado em termos técnicos e científicos; ◆ Ser baseado em padrões internacionais e consenso internacional sobre sua validade; ◆ Ser vinculado a modelos econômicos, previsões e sistemas de informação.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ser prontamente disponíveis ou disponibilizados a uma relação custo/benefício razoável;

Mensurabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ser devidamente documentado e de qualidade conhecida; ◆ Ser atualizado em intervalos regulares de acordo com procedimentos confiáveis.
-----------------	---

Fonte: Elaboração própria, adaptado de OECD (2001).

A OECD (2001) salienta que no momento da seleção de indicadores ambientais, nem todos os critérios estabelecidos no Quadro 4 serão atendidos ou contemplados na prática.

Nota-se que os indicadores de desenvolvimento sustentável são meios importantes para orientar as ações e apoiar o monitoramento e a avaliação dos avanços no desenvolvimento sustentável, e devem ser vistos como um meio para alcançar o objetivo, não como um fim em si mesmos (IBGE, 2015).

Diante deste contexto, é compreensível que todos os instrumentos de avaliação do desenvolvimento sustentável, independentemente do tema, devam utilizar o modelo conceitual descrito acima (Quadro 4) como norteador, a fim de auxiliar na seleção de indicadores, métodos e apresentação de resultados ao público (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Quanto aos recursos hídricos, os indicadores possibilitam a medição de resultados e de um contínuo acompanhamento sistemático, além de ajustes para aprimoramento da implementação na gestão dos recursos hídricos (GEO BRASIL, 2007).

2.1.1.2 Dimensões da ANA

O Plano Nacional de Segurança Hídrica, elaborado pela ANA, permite identificar e estabelecer metas a curto e a longo prazo, a partir de fatores que ameaçam o equilíbrio em relação ao recurso água. Tais fatores englobam o aumento populacional, principalmente em áreas urbanas, e o crescimento econômico, os quais contribuem para o aumento da demanda de água, além das mudanças climáticas acrescidas dos eventos hidrológicos extremos (ANA, 2019a).

Para tanto, o PNSH buscou elaborar um cenário que seja considerado ideal para garantir a segurança hídrica, incluindo um planejamento, dimensionamento, bem como a implantação e gestão de uma infraestrutura adequada que atenda tanto o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água quanto a situações de eventos climáticos extremos (ANA, 2019a).

No Quadro 5 é possível visualizar as dimensões da segurança hídrica e respectivas definições pré-estabelecidas pela ANA, bem como visualizar cada dimensão e seus indicadores. Essas dimensões possuem o intuito de simplificar e direcionar uma melhor gestão dos recursos hídricos no Brasil, por meio de indicadores de sustentabilidade para

segurança hídrica.

Quadro 5. Dimensões da Segurança Hídrica

Dimensão	Definição	Indicador do ISH
Humana	Avalia a garantia da oferta de água para o abastecimento de todas as cidades do País. Busca quantificar a população exposta a maiores riscos de não atendimento e identificar regiões críticas.	♦ Garantia de água para abastecimento humano.
Econômica	Tem por objetivo aferir os riscos a que está sujeita a produção desses setores em face da variabilidade da oferta hídrica; esses riscos foram valorados por meio da quantificação das perdas econômicas resultantes.	♦ Garantia de água para irrigação e pecuária; ♦ Garantia de água para atividade industrial.
Ecológica	Está relacionada à qualidade da água e ao meio ambiente, de forma a sinalizar a vulnerabilidade de mananciais para abastecimento humano e usos múltiplos.	♦ Quantidade adequada de água para usos naturais; ♦ Qualidade adequada da água para usos naturais; ♦ Segurança das barragens, ex. de mineração.
Resiliência	Expressa o potencial dos estoques de água naturais e artificiais do Brasil para suprimento de demandas a múltiplos usuários em situações de estiagem severa e seca, eventos que podem ser agravados pelas mudanças climáticas.	♦ Reserva artificial; ♦ Reserva natural; ♦ Potencial de armazenamento subterrâneo; ♦ Variabilidade pluviométrica.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de ANA (2019a).

De acordo com a ANA (2019a), as quatro dimensões de Segurança Hídrica Humana, Econômica, Ecológica e de Resiliência foram consideradas e combinadas para formar o Índice de Segurança Hídrica, estruturado segundo dimensões, indicadores, variáveis ou atributos, assim definidos e relacionados.

Cada uma dessas dimensões é composta por um ou mais indicadores capazes de quantificar aspectos pertencentes a determinada dimensão, onde cada indicador é formado por uma combinação de variáveis ou atributos mensuráveis (ANA, 2019a).

O processo de construção dos indicadores baseou-se na opinião de especialistas e no teste de autenticidade, em que as notas e pesos foram determinados de acordo com os variados aspectos, visando estabelecer a segurança hídrica. Esses indicadores são divididos em cinco faixas de notas, de 1 a 5 em ordem decrescente para o nível de segurança hídrica, a única exceção é o indicador de segurança das barragens de rejeito de mineração, que varia de 1 a 3 (ANA, 2019a).

No Brasil, a ANA (2019a) aborda o Índice de Segurança Hídrica nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, concebido no intuito de retratar de forma simples e clara as diferentes dimensões da segurança hídrica, incorporando ainda o conceito de risco aos usos da água, buscando um nível aceitável de segurança hídrica. Para a composição do ISH, em cada dimensão foram atribuídos pesos aos respectivos indicadores para cálculo da média ponderada e normalização do índice (ANA, 2019a).

2.1.1.3 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

De acordo com Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento– PNUD, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, igualmente chamados de Objetivos Globais, possuem 17 metas para ações universais, estabelecidas a partir dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio – ODM, acrescidos de temas como a inovação, consumo sustentável, desigualdade econômica, mudança climática global, paz e justiça e outras prioridades (PNUD-BR, 2021).

O surgimento dos ODS ocorreu a partir das Nações Unidas, em setembro de 2015, quando líderes globais decidiram a criação da Agenda Mundial 2030, rumo ao desenvolvimento sustentável, com planos de ações que visam proteger o planeta, erradicar a pobreza e garantir a paz mundial (AGENDA 2030, 2020). De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2018), a ONU, com o Encontro Alto Fórum Político dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, realiza o monitoramento e avanço no cumprimento dessas metas, no qual cada país apresenta seus relatórios de progresso anual, o que possibilita a comparação em nível global.

De acordo com o Pacto Global (2021), se não houver nenhuma mudança nas estratégias do Brasil, apenas o ODS 7 – Energia Acessível e Limpa – será alcançada até 2030.

A água, conforme a Agenda 2030 (2020), está totalmente interligada ao desenvolvimento sustentável, e engloba as dimensões ambientais, econômicas e sociais, sendo a base para a erradicação da pobreza, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental e, nesse contexto, o acesso à água e ao saneamento torna-se imprescindível para a segurança alimentar, energética e ambiental, aspectos esses fundamentais para dignidade humana.

O ODS 14 trata da vida na água. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que tratam da água são o ODS 6 e 14. O foco do ODS 6 é assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável de água e saneamento para todas e todos (ONU-BR, 2021).

Considerando-se os aspectos transversais da água, o PNUD-BR (2021) identifica a integração do ODS 6 aos outros ODS, como o ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável, o ODS 3 - Saúde e Bem-Estar, ODS 7 - Energia Limpa e Acessível, o ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global e o ODS 14 - Vida na Água. É importante salientar que ao atingir um ODS pode envolver o sucesso de outros objetivos, devido ao inter-relacionamento das metas.

A Figura 5 ilustra a inter-relação entre o ODS 6 e demais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Figura 5. Relação do ODS 6 com os demais objetivos



Fonte: AGENDA 2030 (2020).

Os 17 Objetivos são integrados e indivisíveis, e mesclam as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental, e apresentam as metas e respectivos indicadores, como pode ser observado no Quadro 6 (AGENDA 2030, 2020).

De acordo com o IPEA (2018), os ODS e indicadores foram escolhidos de acordo com as metas estipuladas em nível global, monitoradas e revisadas conforme o conjunto de indicadores criados pela Comissão de Estatística da ONU – Grupo Interagencial de Peritos sobre os Indicadores – responsável pela análise e validação desses indicadores.

Quadro 6. Metas do ODS 6 e seus respectivos Indicadores

ODS 6- Água Potável e Saneamento		
Metas		Indicadores
6.1 - Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos.		6.1.1 - Proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura.
6.2 - Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.		6.2.1 - Proporção da população que utiliza (a) serviços de saneamento gerenciados de forma segura e (b) instalações para lavagem das mãos com água e sabão.
6.3 - Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.		6.3.1 - Proporção de águas residuais tratadas de forma segura. 6.3.2 - Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental.
6.4 - Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.		6.4.1 - Alteração da eficiência no uso da água ao longo do tempo. 6.4.2 - Nível de stress hídrico: proporção das retiradas de água doce em relação ao total dos recursos de água doce disponíveis.
6.5 - Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado.		6.5.1 - Grau de implementação da gestão integrada de recursos hídricos (0-100). 6.5.2 - Proporção das áreas de bacias hidrográficas transfronteiriças abrangidas por um acordo operacional para cooperação hídrica.
6.6 - Até 2030, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, Rios, aquíferos e lagos.	6.a - Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso.	6.6.1 - Alteração na extensão dos ecossistemas relacionados à água ao longo do tempo. 6.a.1 - Montante de ajuda oficial ao desenvolvimento na área da água e saneamento, inserida num plano governamental de despesa.
	6.b - Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.	6.b.1 - Proporção das unidades administrativas locais com políticas e procedimentos estabelecidos e operacionais para a participação das comunidades locais na gestão de água e saneamento.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de IPEA (2018) e ONU-BR (2021).

No Quadro 6 é possível identificar as metas e os respectivos indicadores para o alcance do ODS 6 até 2030. Pode-se notar que dentro desse objetivo, as metas mais atreladas

à segurança hídrica são 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 que possuem indicadores de quantidade, qualidade da água e eficiência para os variados usos, incluindo o de subsistência. Esses indicadores englobam fatores sociais, econômicos e ambientais, entretanto nenhuma das metas enfatiza claramente a questão.

Para a Agenda 2030 (2020), os recursos hídricos, bem como os serviços a eles associados, sustentam os esforços de erradicação da pobreza, de crescimento econômico e da sustentabilidade ambiental. Dessa forma, pode-se considerar que o ODS 6 é um dos objetivos que deve estar no centro das discussões acerca das metas para o Desenvolvimento Sustentável mundial.

Conforme a ANA (2019b), embora os indicadores do ODS 6 sejam apresentados considerando o País, os cálculos que foram elaborados no nível de Unidades da Federação, Regiões Geográficas e Regiões Hidrográficas, podem auxiliar na gestão de áreas mais críticas. Além disso, reconhecendo os obstáculos que os países podem enfrentar para alcançar o ODS 6, as Nações Unidas recomendam alternativas viáveis para os cálculos dos indicadores, a fim de incentivar os países que ainda não tomaram medidas referentes a esse objetivo a monitorarem e agirem para se alcançar as oito metas pré-estabelecidas dispostas no Quadro 6 (ANA, 2019b).

Na seção seguinte contextualiza-se o modelo FPEIR, utilizado para a gestão das Bacias Hidrográficas PCJ. Este modelo é mundialmente conhecido pela eficiência nas tratativas e ações referentes a problemas de origem ambiental, e está sendo amplamente abordado na tratativa das questões hidrológicas no Brasil e no mundo.

2.1.1.4 Modelo FPEIR

O Modelo Força-Motriz-Pressão-Impacto-Resposta – FPEIR (em inglês *DPSIR*, *Driver-Pressure-State-Impact-Response*) foi inicialmente criado pela *European Environment Agency* – EEA, derivado do modelo Pressão-Estado-Resposta (PER ou em inglês *PSR*, *Pressure-State-Response*) criado pela *Organisation for Economic Cooperation and Development* – OECD.

De acordo com Felinto *et al.* (2019), esse modelo é um dos mais utilizados para a sistematização de problemas ambientais, sendo que a origem do PER baseou-se no modelo já existente ER (Estresse-Resposta, em inglês *SR*, *Stress-Response*).

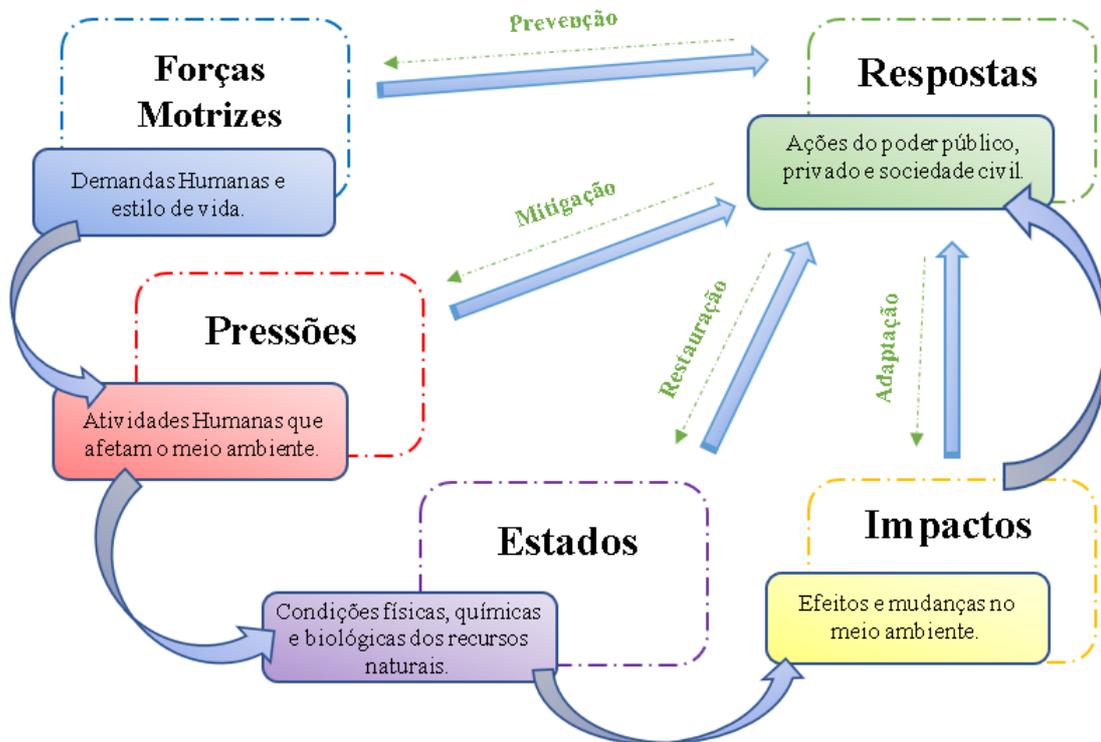
O modelo ER (Estresse-Resposta, *SR* em inglês), que tem a utilidade de descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais (EEA, 1999), deu

origem ao modelo PER (Pressão-Estado-Resposta, *PSR* em inglês) que se baseia no conceito de causa, considerando que as atividades humanas exercem Pressões sobre o meio ambiente, o que gera um Estado de mudança na qualidade e quantidade dos recursos naturais e a consequência são as Respostas da sociedade através de políticas ambientais, econômicas e setoriais (OCDE, 1993). O modelo PEIR (Pressão-Estado-Impacto-Resposta, *PSIR* em inglês) “é baseado na relação entre causa e efeito, uma vez que as atividades humanas exercem pressão sobre os recursos naturais, alterando o estado do meio ambiente em termos quantitativos e qualitativos” (FELINTO *et al.*, 2019, p. 119). Esses modelos culminaram na evolução do modelo mais completo FPEIR que comumente é aplicado à gestão dos recursos hídricos.

A instituição EEA (1999) julga importante entender a dinâmica FPEIR e as siglas correspondentes, e exemplifica que 'F' e o 'P' são compatíveis às atividades econômicas que podem estar intrinsecamente enraizadas na ecoeficiência da tecnologia e dos mais variados sistemas em uso, isto é, se houver a melhora na ecoeficiência haverá menor 'P' e mais 'F'. EEA (1999) exemplifica ainda que o 'E' depende das capacidades de carga e início para esses sistemas, associando o 'I' com seres humanos ou ecossistemas.

De acordo com a EEA (1999), a estrutura FPEIR é comumente utilizada para descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais. Para Spangenberg *et al.* (2015), o modelo é capaz de demonstrar uma visão de análise de sistemas sobre os problemas ambientais e a forma como a sociedade lida com eles. Acostupa *et al.* (2018) complementam, ao afirmarem que o modelo FPEIR busca entender as Pressões socioeconômicas e os Impactos ao meio ambiente e aos recursos naturais. A Figura 6 ilustra as Forças Motrizes, Pressões, Estados, Impactos, que são os geradores das Respostas para os reconhecimentos das ações a serem estabelecidas e projetadas.

Figura 6. Esboço do Modelo Força Motriz–Pressão–Estado–Impacto–Resposta



Fonte: Elaboração própria, adaptado de EEA (1999; 2003); OECD (1993); PNUMA (2004) e Spangenberg *et al.* (2015).

A Figura 6 destaca elementos do modelo FPEIR indicando a prevenção das Forças, mitigações das Pressões, restaurações dos Estados e adaptações aos Impactos, que podem auxiliar na construção de Respostas, e avaliação dos riscos, custos e benefícios das ações (EEA, 1999; SPANGENBERG *et al.*, 2015). Por sua vez, a eficácia das Respostas realimentam o processo.

Segundo Spangenberg *et al.* (2015), no modelo FPEIR as Respostas só acontecem se um problema tiver sido reconhecido. Friend e Rapport (1979) afirmam que as tensões são derivadas das perturbações, que por sua vez levam aos estresses, que precisam ser mitigados de alguma forma a partir das Respostas, como por exemplo, leis, decretos, ações sociais. O Quadro 7 apresenta a descrição detalhada do modelo FPEIR.

Quadro 7. Modelo FPEIR

F	Forças Motrizes são mudanças nos sistemas sociais, econômicos e institucionais e/ou em suas relações que estão desencadeando, direta e indiretamente. Os potenciais dos serviços ecossistêmicos fazem parte do sistema social e vice-versa.
P	Pressões são consequências das atividades humanas (por exemplo, liberação de produtos químicos, agentes físicos e biológicos, extração e uso de recursos, padrões de uso da terra) que têm o potencial de causar ou contribuir para efeitos adversos sobre o meio ambiente e os serviços que fornecem (impactos).
E	Estado do meio ambiente é a quantidade de características biológicas, de características físicas e químicas dos ecossistemas, e das funções dos ecossistemas, vulneráveis à (s) Pressão(ões), em uma determinada área.
I	Impactos são mudanças nas funções dos ecossistemas que afetam (negativamente) a saúde ambiental através de uma alteração dos potenciais dos serviços ecossistêmicos nas dimensões sociais e econômicas. Os impactos são causados por mudanças no Estado.
R	Resposta é uma ação política, iniciada por instituições ou grupos (políticos, gestores, grupos de consenso etc.) que é direta ou indiretamente desencadeada pela percepção da sociedade de (potenciais) impactos e que tenta prevenir, eliminar, compensar, reduzir ou adaptar as suas consequências.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Spangenberg *et al.* (2015).

O Quadro 7 exemplifica as conexões possíveis entre o FPEIR e alguns de seus indicadores, que podem desencadear variadas ações positivas ou negativas diante do meio ambiente e da sociedade.

A interdependência dos indicadores do modelo FPEIR é evidenciada pela OECD (1993) que reforça não haver indicadores de um para um, pois há importância potencial dos indicadores para cada tipo de uso, histórico, estresse, qualidade ambiental e recursos naturais.

Felinto *et al.* (2019) acredita que o modelo FPEIR busca a união entre duas perspectivas de desenvolvimento sustentável que são consideradas opostas: a econômica e a ecológica. Além disso, os mesmos autores defendem que o modelo FPEIR elenca as relações entre os desarranjos no meio ambiente. Esse modelo permite identificar a situação atual do meio ambiente e compreender como ocorre o processo de degradação (ACOSTUPA *et al.*, 2018) do local ou situação a ser averiguado.

Spangenberg *et al.* (2015) assinalam que as Forças Motrizes (F), através de questões sociais e econômicas, exercem Pressões (P) sobre o meio ambiente e, como consequência, o Estado (E) do meio ambiente se altera, levando aos Impactos (I) nos ecossistemas, na saúde humana e na sociedade, que podem acarretar uma Resposta (R), que por consequência retornam às Forças Motrizes, o Estado ou os Impactos. O FPEIR é mais completo que o PER e PEIR, por ser um modelo que aborda de maneira mais ampla as visões dos problemas ambientais em cinco dimensões diferentes.

O modelo FPEIR foi adotado pela *Water Framework Directive* – WFD desde 2000, e buscou-se com essa medida a proteção dos recursos hídricos, onde foram possíveis o desenvolvimento de variados estudos europeus baseados nesse sistema, com intuito de definir, mais assertivamente, ferramentas de suporte às tomadas de decisões para o equilíbrio na utilização e interesses variados pela água (SOARES *et al.*, 2011).

Ademais, Araújo *et al.* (2019) acredita que o método FPEIR, quando associado a outros modelos, é capaz de produzir um alicerce para a geração de resultados para apoiar tomadas de decisões, tanto para a gestão dos recursos hídricos, quanto para as demais áreas do conhecimento.

Conforme Felinto *et al.* (2019), para a gestão dos recursos hídricos há a necessidade de tecnologias que apoiem as tomadas de decisões, que garantirão a limitação ou não do planejamento ou desenvolvimento urbano sustentável. Nesse sentido, as autoras aplicaram o modelo FPEIR para o município de João Pessoa-PB, e concluíram que é uma ferramenta que pode dar suporte na decisão dos gestores, uma vez que permite a obtenção e agregação de informações. Isso possibilita a identificação na área estudada das principais Forças Motrizes e Pressões oriundas das atividades antrópicas; verificação do Estado atual dos recursos hídricos; identificação dos Impactos ao recurso hídrico (nas suas fases, superficial e subterrânea) e constatação das Respostas aos Impactos identificados. Além disso, as autoras salientam que o modelo FPEIR pode auxiliar em definir e traçar novas estratégias de Resposta aos problemas da bacia estudada.

Ressalta-se que o Modelo FPEIR é atualmente utilizado na gestão das Bacias Hidrográficas PCJ, porém não especificamente para a segurança hídrica.

3. METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo caracteriza-se como exploratória e explicativa. A pesquisa exploratória, segundo Severino (2007) possui por objetivo o levantamento de informações sobre um determinado objeto, e desse modo, delimita o campo de pesquisa. Para Gil (2002) esse tipo de pesquisa tem por finalidade familiarizar-se ao problema para que se torne mais explícito, ou ainda permita a construção de hipóteses em que a principal função é aprimorar as ideias, descobertas e intuições. A pesquisa explicativa, de acordo com Severino (2007), proporciona registrar e analisar os fenômenos pesquisados, além disso, possibilita identificar as suas causas.

A abordagem metodológica adotada é qualitativa e quantitativa. Segundo Lakatos e Marconi (2008) a abordagem qualitativa permite analisar e interpretar questões mais profundas, como por exemplo hábitos, atitudes, tendências. A abordagem quantitativa utiliza-se de amostras amplas e informações numéricas (LAKATOS; MARCONI, 2008).

Os procedimentos técnicos adotados compreendem a pesquisa bibliográfica, documental, de campo e estudos de caso. De acordo com Gil (2008, p. 50), a “pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. A pesquisa documental “vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa” (GIL, 2008, p. 51).

Enquanto a pesquisa bibliográfica, para Gil (2002), fundamentalmente utiliza-se das contribuições de vários autores que dominam determinado assunto; a pesquisa documental vale-se de materiais que não obtiveram uma averiguação analítica, ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

Para tanto, neste estudo a pesquisa bibliográfica foi realizada através de artigos científicos, livros e textos publicados por instituições nacionais e internacionais. Já a principal fonte documental é oriunda dos Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí que dispõem de alguns documentos de domínio público: (1) Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de 2019 e (2) Relatório Síntese: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035 e (3) Relatório Final: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035. A escolha dos documentos citados justifica-se, pois, são os instrumentos de gestão das águas utilizados pelos Comitês de Bacias Hidrográficas que, segundo a ANA

(2011), são os principais instrumentos de deliberação dos comitês com informações estratégicas para gestão das águas para as respectivas bacias hidrográficas.

De acordo com os Comitês PCJ (2020b), a gestão nestas Bacias se tornou integrada por conta da articulação de três comitês: o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - CBH-PCJ, instituído pela Lei estadual (SP) nº 7.663/91; o PCJ Federal, através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997; e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari - o CBH-PJ1, criado no âmbito da Lei estadual de Minas Gerais nº 13.199, de 29 de janeiro 1999. O CBH-PCJ, vinculado à Agência PCJ, foi o primeiro comitê de bacias do Estado de São Paulo (SIGRH, 2020).

Junto ao CBH-PCJ há várias câmaras técnicas, sendo uma delas a Câmara Técnica de Recursos Naturais (CT-RN). Os participantes desta pesquisa fazem parte do CBH-PCJ e estão vinculados à Câmara Técnica, Grupo de Trabalho de Indicadores e Monitoramento da Agência das Bacias PCJ.

A Agência das Bacias PCJ é o principal órgão de gestão das Bacias. Conforme Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020), o gerenciamento dessas regiões urbanas é muito complexo, sendo necessário urgentemente medidas de gestão integrada em nível de bacias hidrográficas, para que se promova uma alteração substancial na demanda, diminuindo os desperdícios e produzindo alternativas para o uso de recursos hídricos, como por exemplo redução do uso doméstico, reúso de água, coleta de águas de chuvas, alteração dos métodos de irrigação na agricultura.

De acordo com Yin (2001), o estudo de caso correspondente a uma investigação empírica acerca de eventos que ocorrem na contemporaneidade da vida real, principalmente quando esses eventos não possuem fronteiras claras e evidentes com os contextos em que estão inseridos.

Gil (2008, p. 58) destaca o interesse dos pesquisadores sociais na utilização de estudo de caso nas pesquisas para diferentes objetivos, tal como: “descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação”.

O estudo de caso, segundo Yin (2001), pode ser considerado um método que abrange tudo como estratégia de pesquisa, e aborda de maneira específica um planejamento lógico à coleta de dados e à análise de dados. Para tanto, utilizou-se como estudo de caso as sub-bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Piracicaba.

3.1. Estudos de caso: sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba

Lakatos e Marconi (2008) afirma que o estudo de caso está relacionado a um levantamento mais profundo de um caso determinado. Gil (2008, p. 57) considera o estudo de caso como sendo um procedimento técnico, “caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados”.

O objeto de estudo desta pesquisa compreende as sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, pertencentes à Bacia do Rio Piracicaba que estão inseridas nas Bacias PCJ, e foram coletados e analisados dados referentes aos estudos de caso. Dessa forma, a pesquisa é exploratória com abordagem quantitativa e qualitativa.

As características territoriais das Bacias PCJ contemplam o equivalente a 15.377 km², 92,45%, localizadas no Estado de São Paulo, o que compreende 71 municípios, e 7,55% no Estado de Minas Gerais, com o total de cinco municípios. As Bacias Hidrográficas que compreendem essa área de drenagem são a do Rio Piracicaba (12.655 km²), Rio Capivari (1.568 km²) e Rio Jundiá (1.154 km²). Quanto à hidrologia, as Bacias PCJ são subdivididas em sete sub-bacias principais, sendo cinco delas pertencentes à Bacia do Rio Piracicaba (AGÊNCIAS DAS BACIAS PCJ, 2020).

Para o ano de 2020, estimou-se nas Bacias PCJ uma população de aproximadamente 5,8 milhões de habitantes, apresentando uma redução da taxa de crescimento geométrica estimada anualmente em 1,3% referente a 2010/2016, principalmente se comparada a períodos anteriores (AGÊNCIAS DAS BACIAS PCJ, 2020). Considerando a oferta de água por habitante aproxima-se de 970 m³/hab.ano (CRHi, 2019).

Em relação à infraestrutura da área urbana referente aos municípios das Bacias PCJ, considerando dados do ano de 2010, mais de 99% dos domicílios possuem acesso à energia elétrica, mais de 94% possuem rede de abastecimento de água e 88% têm disponibilizado rede de esgotamento sanitário. Referente aos domicílios em áreas rurais, 99% possuem acesso à energia elétrica, já o abastecimento de água é predominantemente originário de poços ou nascentes e, como esgotamento sanitário, utilizam-se de fossas rudimentares e sépticas. As condições gerais dos domicílios são consideradas boas, segundo IBGE (2010).

Os municípios das Bacias PCJ, para o ano de 2014, possuíam 17% do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado de São Paulo, e a maior participação contava com a cidade de Campinas (18,3%), seguida de Jundiá (11,5%) e Piracicaba (7%) (AGÊNCIAS DAS BACIAS PCJ, 2020). Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM das

idades que englobam as Bacias PCJ, 67,1% no ano de 2010 apresentavam um IDHM igual ou superior ao comparado com outros municípios do Estado de São Paulo (IBGE, 2010).

As sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba foram escolhidas como objeto de estudo, tendo em vista que possuem um cenário crítico em termos de segurança hídrica. Isso se justifica, pois umas das questões é que a sub-bacia do Rio Atibaia e a do Rio Piracicaba apresentam alta demanda de água, possuem extensa área de drenagem do Rio Piracicaba, além de se destacarem negativamente pelo lançamento de esgotos de origem doméstica nas Bacias PCJ (COBRAPE, 2020; FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

Analisando a forma atual de gestão dos recursos hídricos no Brasil que engloba a utilização das Bacias Hidrográficas como forma de identificar as possibilidades e limitações de cada uma delas, no Quadro 8, encontram-se as características das sub-bacias recortadas para o presente estudo.

Quadro 8. Caracterização das sub-bacias dos estudos de caso

Bacia do Rio Piracicaba	Sub-bacia do Rio Atibaia	Sub-bacia do Rio Piracicaba
Municípios	Americana, Atibaia, Bragança Paulista, Camanducaia, Campinas, Cordeirópolis, Cosmópolis, Extrema, Itatiba, Jaguariúna, Jarinu, Joanópolis, Jundiá, Louveira, Morungaba, Nazaré Paulista, Nova Odessa, Paulínia, Piracaia, Valinhos, Vinhedo	Águas de São Pedro, Americana, Anhembi, Botucatu, Brotas, Campinas, Capivari, Charqueada, Cordeirópolis, Dois Córregos, Hortolândia, Iracemápolis, Itirapina, Limeira, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Piracicaba, Rio das Pedras, Saltinho, Santa Bárbara d'Oeste, Santa Maria da Serra, São Pedro e Sumaré, Torrinha
Demanda de água	9,78 m ³ /s, equivalente a 27% do total das demandas das Bacias PCJ.	8,34 m ³ /s, o equivalente a 23% do total das demandas das Bacias PCJ.
Área de drenagem	2.818,5 km ² , o que corresponde a 22% do total da Bacia do Rio Piracicaba.	3.774,69 km ² , o que corresponde a 30% do total da Bacia do Rio Piracicaba.
Carga Orgânica	A remoção de carga orgânica doméstica é de apenas 16%.	A remoção da carga orgânica é de 60%.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Comitês PCJ (2019) e Cobrape (2020).

Referente à sub-bacia do Rio Piracicaba, de acordo com a Cobrape (2020), do total das Bacias PCJ, a sub-bacia do Rio Piracicaba possui a demanda de água equivalente a 23% do total das demandas, o total de área de drenagem da sub-bacia corresponde a 30% da Bacia do Rio Piracicaba, e a remoção de carga orgânica doméstica é baixa, sendo que a sub-bacia do Rio Piracicaba tem destaque negativo, pois recebe 40% da carga orgânica remanescente. Esses dados são preocupantes quanto ao adequado tratamento e destinos dos esgotos.

Um dos princípios básicos para produzir o conhecimento científico, segundo Deheza Ugarte (2000), é a reprodução do mesmo o mais próximo possível da realidade, por isso desejou-se confrontar elementos da coleta documental com os estudos de caso, além da

aplicação de um questionário de pesquisa.

Sendo assim, a instituição escolhida para aplicação do questionário foi a Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos Recursos Naturais (CT-RN) dos Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Comitês PCJ), vinculada ao Grupo de Trabalho de Indicadores e Monitoramento, visto a atual qualificação e especialização dos indivíduos que participam ativamente das reuniões, bem como a familiaridade e o domínio dos assuntos referentes à gestão das águas nas Bacias PCJ. A justificativa da escolha do grupo está na importância de adentrar e compreender como é entendida a segurança hídrica para os tomadores de decisões das Bacias PCJ.

3.2. Coleta de dados

A coleta de dados da presente pesquisa foi realizada com a aplicação de um questionário aos especialistas. Este instrumento de coleta de dados foi construído a fim de explorar a segurança hídrica e possíveis indicadores para a sustentabilidade das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba. Segundo Gil (2008, p. 121), “construir um questionário consiste basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas”.

No início do questionário, a segurança hídrica, conceito amplamente abordado nessa pesquisa, foi contextualizado utilizando as referências da UN-WATER (2013) e GWP/OECD (2015).

Gil (2008) define questionário como uma técnica de investigação que possui em sua composição um conjunto de questões que são encaminhadas para pessoas, como intuito de coletar dados referentes a determinados conhecimentos, valores, interesses, expectativas, comportamentos etc.

A construção do questionário para o presente estudo teve por finalidade alcançar o objetivo proposto que engloba os indicadores de sustentabilidade para a segurança hídrica. Para tanto, adotou-se a escala Likert para compor as questões, possibilitando aos participantes indicar atitudes quanto ao grau de importância a respeito de indicadores para a segurança hídrica.

De acordo com Gil (2008, p. 271), a escala Likert é baseada na escala de Thurstone, e segundo Richardson “em uma escala Likert os sujeitos marcam cada item em uma das categorias seguintes: (MA) muito de acordo, (A) acordo, (I) indeciso, (D) em desacordo, (MD) muito em desacordo”. No caso do questionário aplicado, seguindo a mesma técnica de escore, onde conforme o mesmo autor, se marcado MA em um item positivo recebe um

escore 5, se marca A recebe um escore 4, e 1 se marca MD. Para o questionário, utilizou-se o escore com as seguintes nomenclaturas: (Sem importância, Pouca importância, Importante, Muito importante).

A coleta contou com a aplicação do questionário composto por nove perguntas fechadas com a técnica da escala Likert. Para cada questão havia a possibilidade de os respondentes introduzirem comentários abertos para cada indicador. Para os comentários não foi atribuída a obrigatoriedade de resposta.

Na segunda seção do questionário foi colocada uma questão para a atribuição do grau de importância para cada indicador em questão. Na sequência, foi apresentada uma pergunta sobre a escolha do grau de importância de um indicador *versus* um outro indicador. A última seção do questionário era composta por duas questões abertas. O tempo estimado gasto para os participantes responderem ao questionário, enviado individualmente, foi de 30 min cada um.

Gil (2008) afirma que os questionários, na maior parte das vezes, são encaminhados por escrito aos respondentes, e costumam, nesse caso, ser designados como questionários auto-aplicados. Para a aplicação do questionário não foi necessário o contato direto da pesquisadora com os respondentes, visto que todos os participantes são especialistas e não teriam dificuldades em responder as questões.

A pesquisa contou com auxílio da plataforma gratuita do *google forms*, que foi disponibilizada através de um *link*, com fácil acesso pela rede de computadores, *internet*, e disponibilizada no e-mail individual de cada respondente, anexado ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

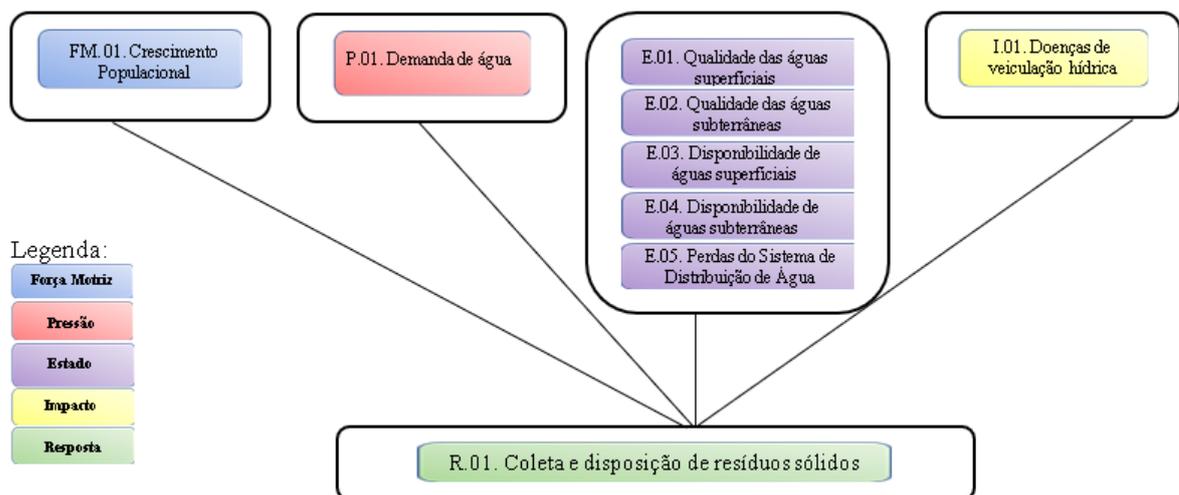
Anterior à disponibilização do questionário de pesquisa acadêmica aos respondentes, e em cumprimento às exigências do Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, a pesquisa foi aprovada pelo Parecer Consubstanciado disponibilizado pela Plataforma Brasil. As documentações encontram-se nos apêndices, sendo: “Apêndice A” - Aprovação do CEP, “Apêndice B” – Questionário Segurança Hídrica, “Apêndice C” – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

O questionário foi encaminhado na primeira semana do mês de março de 2021, ficando disponível para ser respondido pelo prazo máximo de 15 dias. Uma segunda rodada de envio foi realizada após o prazo de 15 dias para os que não responderam o questionário no primeiro envio. A terceira rodada de envio foi realizada na primeira semana do mês de abril de 2021 para dois novos respondentes. O questionário foi encaminhado para o total de nove gestores(as) e colaboradores(as) vinculados à Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos

Recursos Naturais (CT-RN) do Grupo de Trabalho: Indicadores e Monitoramento dos Comitês PCJ, e cinco deles contribuíram para a pesquisa.

Para tanto, houve uma pré-seleção dos indicadores que compuseram a aplicação do questionário, a partir do Relatório Síntese 2020-2035 confrontado ao FPEIR (Figura 7). De acordo com os Comitês PCJ (2019), esses relatórios passaram a ser publicados seguindo a metodologia proposta pela Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos Paulistas, atual Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente – SIMA. A elaboração desses relatórios é feita tendo como referência os indicadores organizados na estrutura do modelo FPEIR (Comitês PCJ, 2019).

Figura 7. Pré-seleção de indicadores para segurança hídrica a partir do FPEIR



Fonte: Elaboração própria a partir dos Comitês PCJ (2019).

Como elucidado no referencial teórico, o modelo FPEIR possui grande potencial na aplicação para a gestão dos recursos hídricos. Este modelo visa apontar com mais clareza as Forças, Pressões, Estados, Impactos e Respostas das ações humanas, neste caso, na gestão das águas. Os indicadores pré-selecionados, seguindo o modelo FPEIR, darão embasamento para a aplicação nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, tendo em vista a atual situação insustentável em que se encontram essas sub-bacias (Quadro 9). Para Gil (2008, p. 121) “as respostas a essas questões é que irão proporcionar os dados requeridos para descrever as características da população pesquisada ou testar as hipóteses que foram construídas durante o planejamento da pesquisa” (GIL 2008, p. 121).

No Quadro 9 estão dispostos os indicadores que foram coletados e aplicados nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, bem como as siglas e explicações. As siglas foram criadas e agrupadas para facilitar a compreensão, de acordo com o resultado da aplicação da

Análise de Componentes Principais que culminou em seis grupos de indicadores com fatores comuns entre si. Estabeleceu-se a sigla “A” para um grupo de fatores em comum e que se refere à Água e Esgoto. O grupo “V” são referentes a Volume, o grupo “P” relacionado às Perdas, o grupo “U” fatores de Urbanização, o grupo “D” Doenças, e o grupo “E” fatores relacionados a Eventos Hidrológicos.

Quadro 9. Descrição dos Indicadores coletados para Segurança Hídrica

Indicador	Descrição
A1 População urbana atendida com esgotamento sanitário	Valor da população urbana beneficiada com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços. Corresponde à população urbana efetivamente atendida com os serviços. Unidade de medida: Habitantes.
A2 População total atendida com esgotamento sanitário	Valor da população total atendida com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços. Corresponde à população urbana efetivamente atendida com os serviços acrescida de outras populações atendidas localizadas em áreas não consideradas urbanas. Unidade de medida: Habitantes.
A3 População urbana atendida com abastecimento de água	Valor da população urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços. Corresponde à população urbana efetivamente atendida com os serviços. Unidade de medida: Habitantes.
A4 População total atendida com abastecimento de água	Valor da população total atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços. Corresponde à população urbana efetivamente atendida com os serviços acrescida de outras populações atendidas localizadas em áreas não consideradas urbanas. Unidade de medida: Habitantes.
A5 Índice de atendimento total de água	População total atendida com abastecimento de água, dividindo pela População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água. Unidade de medida: percentual.
A6 Índice de coleta de esgoto	Volume de esgotos coletado, dividindo pelo Volume de água consumido, subtraindo o Volume de água tratada exportado. Unidade de medida: percentual.
V1 Consumo médio per capita de água	Volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela média aritmética, dos dois últimos anos de coleta, da população atendida com abastecimento de água. Unidade de medida: 1.000 m ³ /ano.
V2 Volume de água faturado	Volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços. Unidade de medida: 1.000 m ³ /ano.
V3 Volume de água consumido	Volume anual de água consumido por todos os usuários, compreende o volume micromedido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços. Unidade de medida: 1.000 m ³ /ano.
V4 Volume de água produzido	Volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição. Unidade de medida: 1.000 m ³ /ano.
P1 Índice de perdas na distribuição	O cálculo é feito a partir do Volume de água produzido, Volume de água consumido, Volume de água tratada importado e Volume de serviço. Unidade de medida: percentual.
P2 Índice de perdas por ligação	Compõe as seguintes informações: Quantidade de ligações ativas de água, Volume de água produzido, Volume de água consumido, Volume de água tratada importado e Volume de serviço. Unidade de medida: l/dia/lig.

P3 Índice de perdas faturamento	As informações envolvidas são: Volume de água produzido, Volume de água faturado, Volume de água tratada importado, Volume de serviço. Unidade de medida: percentual.
U1 Taxa de Urbanização	Percentagem da população da área urbana em relação à população total. Unidade de medida: percentual.
U2 Taxa de cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município	Relaciona-se a extensão total de vias públicas em áreas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante) com a extensão total de vias públicas em áreas urbanas. Unidade de medida: percentual.
U3 Densidade demográfica	A densidade demográfica é uma medida da distribuição espacial da população e permite o estudo da concentração ou dispersão dessa população no espaço geográfico considerado. Unidade de medida: hab/km ² .
D1 Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação	Quantidade cadastrada ou estimada de domicílios urbanos existentes no município, que se encontram suscetíveis a riscos de inundação, tendo ou não sido atingidos por eventos hidrológicos impactantes. Unidade de medida: Domicílios.
D2 Doenças de veiculação hídrica – Interações	São aquelas causadas pela presença de microrganismos patogênicos (bactérias, como a <i>Salmonella</i> , vírus, como o rotavírus, e parasitas como a <i>Giardia lamblia</i>) na água utilizada para diferentes usos. Doenças consideradas CID-10: Cólera, Febrestifoide e paratifoide, Shigelose, Amebíase, Leptospirose icterohemorrágica. Outras formas de leptospirose, Leptospirose não especificada, Esquistossomose, Diarreia e gastroenterite origem infecção presumível. Unidade de medida: Habitantes.
E1 Temperatura	Quantidade de calor que existe no ar. Para este estudo, utilizou-se a temperatura média. Unidade de medida: °C.
E2 Precipitação	A ação dos raios solares e do vento sobre as águas da superfície terrestre provoca o fenômeno da evaporação, que é a passagem da água do estado líquido para o estado de vapor. Devido à evaporação, uma quantidade enorme de gotículas de água fica em suspensão na atmosfera. Gotículas de água se concentram, formando nuvens. Ao se resfriar, a água das nuvens se precipita em forma de chuva. Por este motivo, a chuva é um tipo de precipitação pluvial. Considera-se precipitação todas as formas de água, líquida ou sólida, que caem das nuvens alcançando o solo: garoa, garoa gelada, chuva fria, granizo, cristais de gelo, bolas de gelo, chuva, neve, bolas de neve e partículas de neve. Unidade de medida: mm/ano.

Fonte: Elaboração própria a partir do CETESB (2021), DATASUS (2019), INMET (2021), IBGE (2021), BRASIL (2019; 2020b).

Como indicador da Força Motriz que pode comprometer a segurança hídrica das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, foi considerado o crescimento populacional devido ao aumento nas projeções para os próximos anos, até 2035. Para Pressão, foram selecionados os indicadores de demanda de água e coleta e disposição de resíduos sólidos, pois estão ligados à Força Motriz de crescimento populacional. Os indicadores de Estado são representados pela qualidade das águas superficiais e subterrâneas; disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas e perdas do sistema de distribuição de água. O indicador de Impacto é representado pelas doenças de veiculação hídrica. O indicador Resposta é representado pelas ações dos Comitês de Bacias e os instrumentos do PNSH.

A partir dos resultados coletados no questionário sobre segurança hídrica, selecionaram-se os indicadores para os municípios das sub-bacias. Os dados coletados para a análise são provenientes das fontes BRASIL, DATASUS, IBGE, entre outros.

3.3. Tratamento estatístico: Análise Multivariada

A Análise Multivariada foi escolhida, pois a Análise Fatorial pode ser uma maneira de decifrar e entender variáveis que estão próximas, mas que por algum motivo possuem fatores ocultos que não são simples de mensurar ou medir, dificultando o entendimento e possíveis alinhamentos. Tecnicamente, conforme Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), a Análise Fatorial tem como uma das principais funções a redução de uma grande quantidade de variáveis observadas a um número reduzido de fatores.

3.3.1. Tratamento dos dados

Visando aprofundar-se no estudo sobre a segurança hídrica nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, objetos de estudo, optou-se pelo método estatístico de análise multivariada, a fim de verificar a correlação e possíveis associações entre as variáveis (indicadores) que influenciam na segurança hídrica de cada sub-bacia, pois acredita-se que “medidas confiáveis e válidas constituem um elemento fundamental na construção do conhecimento científico” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p. 181).

Para tanto, foi necessária a construção da matriz dos dados, com objetivo de analisar melhor a coleta através dos exames de dados, pois para que a análise seja efetiva, há algumas premissas que devem ser seguidas. “Apesar de nenhuma ação corretiva ser garantida, este esforço pode assegurar que os resultados obtidos a partir da análise multivariada sejam válidos e precisos” (FIGUEIREDO, 2012, p. 64).

Foram eliminados os dados que não possuíam informação, que foram tratados como perdidos, pois não foi possível identificar a ausência desses dados na coleta, e quais as possíveis causas para não estarem disponíveis para consulta. Por fim, foram identificados alguns municípios como Louveira, Joanópolis, Extrema e Camanducaia que não possuíam dados como precipitação e temperatura, sendo possível coletá-los em outras plataformas, de anos subsequentes (2020) ao ano de referência da pesquisa (2019). Para dados de outros municípios que não foram encontrados para os anos de 2019, a tratativa dada foi considerar anos anteriores, sempre levando em conta que os dados deveriam ser o mais próximo do ano de 2019, para não comprometer e influenciar erroneamente os resultados da análise.

Quando há muitas células em branco em uma matriz, e esse percentual for acima do recomendado, os dados da matriz podem não estar adequados para aplicação da análise

multivariada. Isso ocorre, pois há a redução do tamanho da amostra, o que pode ocasionar segundo Figueiredo (2012), na perda de um resultado estatístico, gerando uma matriz errônea. O mesmo autor enfatiza que podem ser empregadas ações para a correção desses dados, a fim de minimizar os efeitos pelas perdas deles ou por um excesso de exclusão de variáveis. Porém, é importante frisar que, interferir o mínimo possível é a melhor escolha, para evitar uma tendência nos resultados.

Após interferências mínimas na matriz, avaliaram-se os dados em branco ou que seriam descartados, partindo do pressuposto estabelecido por Hair *et al.* (2009) que se 10% da amostra de uma variável não houvesse dados, essa seria descartada. Conforme ressalta Figueiredo e Silva (2010, p. 166) “é importante que os procedimentos sejam devidamente reportados e as estatísticas sejam adequadamente registradas para que os leitores possam analisar criticamente o nível de confiabilidade dos resultados encontrados”, considerando ainda que referente ao número de casos, quanto maior, melhor.

Analisando a matriz, a escolha de uma técnica para coleta de dados e usabilidade, é devido a importância de verificar se os dados são adequados ou não, e de acordo com a afirmação de Figueiredo e Silva (2010), o ponto de partida deve ser a adequabilidade da base de dados, conforme outras técnicas, situação em que se recomenda apenas a utilização de variáveis contínuas e discretas. Para a presente pesquisa considerou-se apenas dados numéricos.

3.3.2. Análise de Componentes Principais (ACP)

Após a tratativa dos dados, escolheu-se a Análise de Componentes Principais (ACP) como modo de identificação simplificada das variáveis e suas correlações. A ACP é empregada para medição de conceitos que são abstratos, como por exemplo a sustentabilidade ou até mesmo a segurança hídrica, uma vez que a Análise Fatorial “(...) não se refere a uma única técnica estatística, mas a uma variedade de técnicas relacionadas desenhadas para tornar os dados observados mais facilmente interpretáveis” (FIGUEIREDO, 2012, p. 161).

Seguiu-se o planejamento pressuposto por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), ao buscar i) verificação e adequabilidade da base de dados; ii) determinação sobre a técnica de extração e o número dos fatores a serem extraídos; e iii) decisão sobre o tipo de rotação utilizada para os fatores. Para a aplicação dos estudos de caso, estipulou-se i) indicadores com mais de 10% sem dados para os municípios, foram eliminados; ii) técnica de extração é a

matriz de correlação, considerando Análise Fatorial através dos componentes principais; iii) rotação ortogonal Varimax.

Com a aplicação da ACP é possível elaborar uma matriz de correlação, com cargas fatoriais para cada variável, lembrando que, “na ACP toda a variância é utilizada” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p.167). Nesta segunda etapa, determina-se “a técnica de extração dos fatores: componentes principais, fatores principais, fatoração por imagem; fatoração por verossimilhança máxima; fatoração alfa; mínimos quadrados não ponderados; mínimos quadrados” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p.167). Para este estudo, foi empregada a Análise Fatorial dos componentes principais, por meio da extração de fatores pela matriz de correlação, cujo objetivo “é determinar a quantidade de fatores que melhor representam o padrão de correlação entre as variáveis observadas, onde a solução ótima é identificar o número mínimo de fatores que maximiza a quantidade de variância total explicada” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p. 167-168).

Com essa técnica existem pelo menos duas formas de mensurar variáveis que não são empiricamente observáveis: escolher um *proxy*² ou reduzir um conjunto de variáveis a poucas dimensões pela Análise Fatorial” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p. 161-162). Portanto, para a questão desta pesquisa o intuito é resumir diferentes variáveis em um conjunto reduzido de fatores.

Alguns fatores podem ser observados mais claramente, outros, que igualmente influenciam as variáveis muitas vezes não são possíveis de se observar tão nitidamente. Isso reforça a necessidade da aplicação de uma Análise Fatorial. A ACP pode ser do tipo confirmatório ou exploratória. Nesta pesquisa foi utilizada a Análise Fatorial Exploratória, visando explorar as variáveis através da matriz de correlação. De acordo com Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), a Análise Fatorial Exploratória – AFE – é utilizada na maior parte das vezes em estágios iniciais da pesquisa, com intuito de explorar os dados e a sua relação entre um conjunto de variáveis, para estabelecer padrões de correção. “Além disso, a AFE pode ser utilizada para criar variáveis independentes ou dependentes que podem ser utilizadas posteriormente em modelos de regressão” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p. 164).

Referente à rotação, a grande maioria dos estudos faz uso da rotação Varimax, um método rotacional ortogonal que se concentra em simplificar as colunas da matriz fatorial. Hair *et al.* (2009) assinalam que todos os pacotes computacionais com Análise Fatorial

² Os servidores proxy são utilizados comumente como ponte entre origem e destino de uma solicitação.

possuem as rotações ortogonais e que as combinações do método ortogonal Varimax são preferidos quando o intuito da pesquisa é reduzir os dados a menos variáveis ou a um conjunto de medidas não correlacionadas para possíveis usos subsequentes em outras técnicas multivariadas.

As matrizes de componentes não-rotacionados e rotacionados foram obtidas utilizando-se do *Software* estatístico SPSS 28.0.0.0.

Visando atender aos objetivos, escolheu-se inicialmente sessenta indicadores para compor o Índice de Segurança Hídrica - IDSH, englobando as quatro dimensões da ANA (humana, econômica, ecossistêmica, resiliência) e o modelo FPEIR. Na sequência, foi realizada a coleta dos dados dos indicadores por municípios, como forma de trazer a realidade mais localmente possível, dada as peculiaridades de cada município e região por sub-bacia.

Tendo em vista a validação e mensuração desses indicadores, adotou-se a Análise Fatorial por Componentes Principais com a aplicação do *Software* SPSS, para verificar a correlação entre as variáveis e pelo agrupamento de variáveis. Quarenta entre os sessenta indicadores tiveram que ser descartados, para atender os níveis de adequabilidade estatísticos da Análise Fatorial, ou por não ter sido possível acessar as informações de todos os municípios nas plataformas de dados. Após as rodadas no SPSS, resultou na matriz de correlação, na qual os vinte indicadores analisados foram agrupados através de suas correlações por seis principais fatores.

Em relação ao padrão de correlação entre as variáveis, “a matriz de correlações deve exibir a maior parte dos coeficientes com valor acima de 0,30” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p. 166). Além disso, foi considerada a regra do autovalor (*eigenvalue*), conhecido como critério de Kaiser que “sugere que devem ser extraídos apenas os fatores com valor de *eigenvalue* acima de um, isso explica-se pois se o fator apresenta baixo *eigenvalue*, ele está contribuindo pouco para explicar a variância nas variáveis originais” (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010, p. 166).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, e conforme respostas obtidas por meio da opinião dos especialistas, a presente pesquisa pretende levantar os dados dos indicadores selecionados para os municípios que compõem as sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, para o período de 2019.

A presente pesquisa faz uso do modelo FPEIR, como ferramenta para verificar a segurança hídrica das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba.

Além disso, o estudo está em consonância aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, especificamente ODS 6, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas, o que pode contribuir para alavancar discussões amparadas na Agenda 2030, no contexto da sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Segundo o PNUMA (2004), é muito importante ter conhecimento sobre as formas com as quais a sociedade responde aos problemas ambientais. Veiga (2010, p. 49) faz algumas recomendações quanto à avaliação de sustentabilidade, conforme segue:

- a) a avaliação da sustentabilidade requer um pequeno conjunto bem escolhido de indicadores, bem diferentes dos que podem avaliar qualidade de vida e desempenho econômico; b) característica fundamental dos componentes desse conjunto deve ser a possibilidade de interpretá-los como variações de estoques e não de fluxos; c) um índice monetário de sustentabilidade até pode fazer parte, mas deve permanecer exclusivamente focado na dimensão estritamente econômica da sustentabilidade; d) os aspectos ambientais da sustentabilidade exigem acompanhamento específico por indicadores físicos.

Para tanto, buscou-se compreender o Modelo FPEIR e adentrar em seus respectivos indicadores para a segurança hídrica nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba.

4.1. Aplicação do modelo FPEIR

4.1.1. Indicador de Força Motriz

No modelo FPEIR, de acordo com os Comitês PCJ (2019), os indicadores de Força-Motriz estão relacionados com aspectos sociodemográficos, como: Taxa Geométrica de Crescimento Anual, Densidade Demográfica e Índice Paulista de Responsabilidade Social, entre outros.

4.1.2. Indicador de Pressão

PNUMA (2004) refere-se por Pressão as forças econômicas e sociais, sendo que por uma perspectiva política, Pressão é o ponto de início para enfrentar os problemas ambientais. Para os Comitês PCJ (2019), a Pressão trata do desenvolvimento de atividades que de alguma forma pode afetar a qualidade e/ou quantidade dos recursos hídricos.

Como exemplos de indicadores de Pressão pode-se citar: consumo de água, produção de esgoto e produção de resíduos sólidos e áreas contaminadas (COMITÊS PCJ, 2019).

Segundo o PNUMA (2004), esse tipo de indicador tende a ser facilmente encontrado, pois é proveniente de banco de dados socioeconômicos. Além disso, para se conhecer sobre fatores de Pressão, coloca-se a seguinte questão: Por que isto está acontecendo?

4.1.3. Indicador de Estado

Indicadores de Estado compõem os parâmetros oriundos à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos (Comitês PCJ, 2019). Para o PNUMA (2004), é a condição em que se encontra o meio ambiente, resultante das pressões, como por exemplo o nível de poluição atmosférica, a erosão do solo ou o desmatamento. Exemplos abordados pelos Comitês PCJ (2019) são: Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP), Índice de Qualidade das Águas (IQA), Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática (IVA), Índice de Estado Trófico (IET) e demanda total em relação ao $Q_{7,10}$ ³

Para melhor compreensão do Estado, coloca-se a seguinte questão: O que está acontecendo com o meio ambiente? (PNUMA, 2004).

4.1.4. Indicador de Impacto

De acordo com os Comitês PCJ (2019), os indicadores de Impacto são provenientes da situação do Estado dos recursos hídricos, expressam os problemas que decorrem dos indicadores de Estado. Para o PNUMA (2004), entende-se como Impacto os efeitos oriundos do Estado do meio ambiente sobre os aspectos e qualidade de vida, saúde humana, o próprio meio ambiente, o ambiente construído, e a economia urbana.

³ Vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de recorrência.

A erosão do solo, que é um Estado, pode produzir várias consequências, como: diminuição da produção de alimentos, e consequente aumento de sua importação, aumento do uso de fertilizantes e desnutrição (PNUMA, 2004). Alguns exemplos de Impacto nos recursos hídricos são: as interações por doenças de veiculação hídrica, os conflitos pelo uso da água (COMITÊS PCJ, 2019).

Para obter maior conhecimento sobre o Impacto, a pergunta que se procura responder é: Qual é o Impacto causado pelo Estado do meio ambiente? (PNUMA, 2004).

4.1.5. Indicador de Resposta

Entende-se por Resposta as ações coletivas ou individuais que podem atenuar ou prevenir os Impactos ambientais negativos, corrigir danos causados ao meio ambiente, preservar os recursos naturais ou ainda contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população local (PNUMA, 2004).

Os indicadores de Resposta agrupam as Respostas da sociedade diante dos problemas existentes, e podem apontar os índices de cobertura de rede coletora e de redução da carga orgânica, bem como as condições de disposição final de resíduo sólido domiciliar e de áreas contaminadas (COMITÊS PCJ, 2019).

Estes indicadores abrangem ações do governo, bem como de Organizações não Governamentais, associações, população, ou seja, de todo e qualquer cidadão (COMITÊS PCJ, 2019). Ainda podem-se incluir nas Respostas a opinião pública, preferências dos consumidores, mudanças nas estratégias de gestão, informações sobre o meio ambiente, além de regulação de custos ambientais ou de pesquisa (PNUMA, 2004).

Os instrumentos que estão incluídos neste indicador procuram responder o questionamento: O que estamos fazendo a respeito? (PNUMA, 2004).

4.2. Análise da Segurança Hídrica segundo os especialistas

Com o objetivo de realizar um mapeamento de possíveis indicadores importantes para a segurança hídrica na aplicação prática das sub-bacias do estudo, elaborou-se um questionário (Apêndice B) que foi encaminhado à Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos Recursos Naturais CT-RN, membros do Grupo de Trabalho Indicadores e Monitoramento GT-IM.

Referente às combinações de indicadores considerados dentre os que causam maior impacto para a segurança hídrica nas Bacias Hidrográficas PCJ, obteve-se o resultado da Demanda de água *versus* Disponibilidade de águas superficiais, seguido da combinação Demanda de água *versus* Perdas do sistema de distribuição de água, e da relação entre Disponibilidade de águas superficiais *versus* Perdas do sistema de distribuição de água.

Ao serem questionados sobre a escolha de apenas um indicador para a segurança hídrica das Bacias Hidrográficas PCJ, a Demanda de água foi o indicador mencionado como o mais importante por grande parte dos especialistas.

Os comentários adicionais sobre a proposição de novos indicadores para a segurança hídrica incluem a Demanda de água (usos e projeções de crescimento populacional) *versus* Disponibilidade de água (superficial e subterrânea - quantidade e qualidade); Grau de resiliência dos mananciais de interesse para o abastecimento público *versus* Influência na regulação hídrica (qualidade e quantidade); Perdas hídricas no abastecimento *versus* Investimento em melhoria dos sistemas de abastecimento público.

Um dos especialistas enfatizou a importância da gestão do indicador Demanda de água para a segurança hídrica, tendo em vista que em um ambiente de estresse hídrico, como as Bacias PCJ, conhecer detalhadamente a quantidade de água utilizada pelos diversos setores/usuários é fundamental para a gestão, o que possibilita o desenvolvimento de políticas de incentivo ao uso racional e otimização da alocação da água.

Outro especialista comentou ser necessário incluir indicadores que estejam correlacionados com Comportamento humano em relação à segurança hídrica e ao Consumo individual: Uso e ocupação do território, principalmente áreas críticas de recarga (produção de água) e Governança local (município) com relação à gestão dos recursos hídricos (Plano diretor, Plano municipal de recursos hídricos, Conselhos municipais, Legislação municipal etc.).

4.2.1. Crescimento populacional

O indicador de Crescimento populacional foi considerado por grande parte dos especialistas entre os indicadores mais importantes junto da Demanda de água. Em complemento, um dos respondentes acredita que o crescimento, elaboração de projeções e atualização de cálculos de oferta e demanda de água em estudos de segurança hídrica são fundamentais para alavancar os estudos inerentes a temática, além da atualização dos cálculos de oferta e demanda. As informações do Crescimento populacional são de fácil obtenção e de

impactos previsíveis no contexto da gestão dos recursos hídricos. Para outro especialista, o Crescimento populacional afeta diretamente a demanda, e no caso das Bacias PCJ, o fator agravante é a transposição de água para a RMSP (Alto Tietê).

4.2.2. Demanda de água

O indicador Demanda de água foi considerado com grau máximo de importância pela maioria dos especialistas. Um dos especialistas relata que este indicador está relacionado com a soma de todos os usos da bacia e da eficiência conforme são gerenciados os recursos hídricos disponíveis. Um outro especialista comentou que a Demanda de água é diretamente proporcional ao crescimento da população, mas os demais usos da água devem também ser considerados, como por exemplo o industrial que aparece como um dos maiores nas Bacias PCJ (segundo maior após o abastecimento público), o agrícola e os outros usos, que apesar de menos expressivos, são consideráveis. Outro especialista acredita que em um ambiente de estresse hídrico como apresentado pelas Bacias PCJ, ter um conhecimento detalhado da quantidade de água utilizada pelos diversos setores/usuários é fundamental para a gestão, com vistas ao delineamento de políticas de incentivo ao uso racional e otimização da alocação da água.

4.2.3. Qualidade das águas superficiais e subterrâneas

O indicador de Qualidade das águas superficiais foi considerado com grau máximo de importância por pequena parcela dos especialistas. Um dos especialistas comentou que a Qualidade das águas é importante, entretanto, há métodos e investimentos capazes de conter e melhorar a Qualidade da água bruta captada, em complemento, ressaltou as tecnologias tradicionais de tratamento de água bruta, ou seja, utilizar a infraestrutura natural como elemento mitigador. Outro especialista acredita que o indicador é importante em razão do intenso uso das águas superficiais no contexto das Bacias PCJ. Ademais, é considerado por outro especialista como fator importante por estar diretamente relacionado com a disponibilidade, já que a qualidade pode impedir ou inviabilizar economicamente o seu tratamento. Em geral, água de baixa qualidade não atende à demanda, pois é considerada como não disponível por conta da má qualidade, o que não tem permitido o uso na dessedentação animal e no abastecimento urbano.

Da mesma forma, o indicador de Qualidade das águas subterrâneas foi considerado com grau máximo de importância por pequena parcela dos especialistas. Um dos especialistas acredita que o indicador Qualidade das águas subterrâneas é mais importante em relação ao indicador da Qualidade das águas superficiais, e que se considerado na gestão integral dos recursos hídricos, possui maior dificuldade no tratamento e necessita ainda mais atenção do que é dada atualmente pelos órgãos gestores. Outro especialista acrescentou que é relativamente menos importante que a Qualidade das águas superficiais. Entretanto, tem crescido em importância pelo aumento gradativo do uso de águas subterrâneas nas Bacias PCJ.

4.2.4. Disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas

O indicador de Disponibilidade das águas superficiais foi assinalado como o mais importante para a maioria dos especialistas. Um deles considera muito importante para o estabelecimento da relação "Demanda *versus* Disponibilidade". Gerenciar a variação da Demanda versus Disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas é fundamental para acompanhar a Disponibilidade de águas das sub-bacias. Isso pode contribuir para definir áreas prioritárias de políticas e intervenções específicas. Outro especialista considera que a Disponibilidade (superficial ou subterrânea) é fator crucial na discussão sobre segurança hídrica, principalmente para atender as demandas de vazão ecológica (disponibilidade mínima para manutenção da qualidade ecológica).

Da mesma forma o indicador de Disponibilidade das águas subterrâneas foi considerado por grande parte dos especialistas com o grau máximo de importância e ressalta a importância de observar o aumento gradativo do uso de águas subterrâneas nas Bacias PCJ. Um dos especialistas acredita que este indicador é pouco considerado na gestão dos recursos hídricos, possivelmente porque a sociedade visualiza a água como um recurso infinito. Na região das Bacias PCJ ainda existe a extração de águas subterrâneas sem controle, o que gera baixos níveis de reserva, perda de qualidade e aumento da insegurança hídrica.

4.2.5. Perdas dos sistemas de distribuição

O indicador de Perdas dos sistemas de distribuição de água é considerado por pequena parcela dos especialistas com o grau máximo de importância. Um dos especialistas aponta que

este indicador está relacionado com a eficiência do abastecimento público. Outro especialista relata que é desejado que as Perdas dos sistemas de distribuição, de valor médio atual de 40%, sejam reduzidas para valores abaixo de 10%. São perdas de água e de recursos financeiros, mesmo considerando que estas perdas retornam para alimentar as águas subterrâneas.

4.2.6. Doenças de veiculação hídrica

O indicador de Doenças de veiculação hídrica é considerado por uma pequena parte dos especialistas como sendo o mais importante. Um dos especialistas atribui menor importância a este indicador comparado ao de Qualidade das águas. Outro especialista acredita que está diretamente relacionada a Qualidade da água e ausência de saneamento básico, enfatiza ainda que recursos humanos e financeiros perdidos são muito significativos.

4.2.7. Coleta e disposição de resíduos sólidos

O indicador de Coleta e disposição de resíduos sólidos é considerado o mais importante para uma pequena parcela dos especialistas. Um deles afirma que esse indicador tem impacto pontual nos recursos hídricos, quando comparado com outros já mencionados. Um dos especialistas acredita que todo resíduo sólido não coletado ou depositado irregularmente contribui para aumentar as dificuldades e custos do tratamento dos esgotos, bem como acabam contaminando as águas superficiais.

4.3. Análise dos resultados

Como comentado anteriormente, inicialmente foram coletados dados de 60 indicadores para compor a pesquisa sobre segurança hídrica, entretanto, tendo em vista que esta pesquisa envolve 42 municípios atendidos pelas sub-bacias, e nem todos os dados estão disponibilizados por municípios nas plataformas de coleta de dados, eliminaram-se alguns desses indicadores. Sendo assim, para os municípios pertencentes às sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, do total dos 60 indicadores pré-selecionados, estabeleceu-se apenas 20 indicadores com o intuito de obter resultados satisfatórios com a Análise Fatorial.

Esta seção propõe-se a apresentar a análise dos resultados da pesquisa com base nos municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba. Primeiramente, discorre-se sobre a

seleção dos indicadores e a aplicação da Análise Fatorial obtida com o *Software* IBM SPSS *Statistics* versão 28.0.0.0. Em seguida apresenta-se um *Ranking* do IDSH dos municípios das sub-bacias elencadas.

Vale ressaltar que apesar da fácil acessibilidade às plataformas de buscas e coletas de dados, alguns indicadores que foram julgados importantes para compor a análise tiveram que ser excluídos, considerando a falta de dados e informações dos municípios nas bases de dados do BRASIL, ou por terem o preenchimento com valores nulos.

4.3.1. Resultados da Análise Fatorial da Segurança Hídrica

Para a aplicação da Análise Fatorial, neste estudo foram selecionados indicadores, tratados como variáveis aquelas que estavam mais adequadas quanto ao tema segurança hídrica. O processo de determinação das variáveis baseou-se nos estudos realizados sobre indicadores; na definição de um conceito mensurável de segurança hídrica; no modelo FPEIR, utilizado pelos Comitês de Bacias Hidrográficas PCJ; no ODS 6, bem como para atender ao que é proposto pelo PNSH. O processo de exclusão e inclusão de uma ou mais variáveis partiu de uma coleta de indicadores relacionados à segurança hídrica, após a realização de testes de adequabilidade dessas variáveis por meio do SPSS, os resultados apontaram a viabilidade desta pesquisa considerando o conjunto de 20 variáveis adequadas para o presente estudo. O Quadro 10 apresenta as variáveis selecionadas para a elaboração do IDSH.

Quadro 10. Variáveis selecionadas para a elaboração do IDSH

Variáveis	Interrelações				
	ANA	GT-IM	FPEIR	ODS 6	FONTE
A1 População urbana atendida com esgotamento sanitário	Humana e Econômica	Crescimento Populacional	Força Motriz	6.3.1	BRASIL (2019)
A2 População total atendida com esgotamento sanitário	Humana e Econômica	Crescimento Populacional	Força Motriz	6.3.1	BRASIL (2019)
A3 População urbana atendida com abastecimento de água	Humana	Crescimento Populacional	Força Motriz	6.1.1	BRASIL (2019)
A4 População total atendida com abastecimento de água	Humana	Crescimento Populacional	Força Motriz	6.1.1	BRASIL (2019)
A5 Índice de atendimento total de água	Resiliência	Demanda de água	Pressão	6.1.1	BRASIL (2019)
A6 Índice de coleta de esgoto	Ecossistêmica e Humana	Coleta e disposição de resíduos	Resposta	6.3.2	BRASIL (2019)

		sólidos			
V1 Consumo médio per capita de água	Humana	Demanda de água	Pressão	6.1.1	BRASIL (2019)
V2 Volume de água faturado	Econômica	Disponibilidade de água	Estado	6.5.1	BRASIL (2019)
V3 Volume de água consumido	Resiliência	Demanda de água	Pressão	6.1.1	BRASIL (2019)
V4 Volume de água produzido	Humana e Econômica	Disponibilidade de água	Estado	6.1.1	BRASIL (2019)
P1 Índice de perdas na distribuição	Econômica, Ecológica e Resiliência	Perdas do sistema de distribuição de água	Estado	6.4.1	BRASIL (2019)
P2 Índice de perdas por ligação	Econômica, Ecológica e Resiliência	Perdas do sistema de distribuição de água	Estado	6.4.1	BRASIL (2019)
P3 Índice de perdas faturamento	Ecológica, Econômica e Resiliência	Disponibilidade de água	Estado	6.3.2	BRASIL (2019)
U1 Taxa de Urbanização	Ambiental e Humana	Crescimento Populacional	Força Motriz	6.2.1	IBGE (2019) / SEADE (2019)
U2 Taxa de cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município	Ecológica	Disponibilidade de água	Estado	6.6.1	BRASIL (2019)
U3 Densidade demográfica	Humana	Crescimento Populacional	Força Motriz	6.1.1	IBGE (2019) / SEADE (2019)
D1 Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação	Humana e Econômica	Qualidade da água	Estado	6.3.2	BRASIL (2019)
D2 Doenças de veiculação hídrica – Interações	Humana, Econômica e Ecológica	Doenças de veiculação hídrica	Impacto	6.1.1 e 6.3.1	DATASUS (2019)
E1 Temperatura	Ecológica, Humana e Resiliência	Qualidade da água	Estado	6.3.2	CIAGRO (2019) / CLIMATE (2019)
E2 Precipitação	Ecológica	Disponibilidade de água	Estado	6.6.1	CIAGRO (2019) / CLIMATE (2019)

Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 10 permite notar que os indicadores utilizados englobam todas as dimensões propostas pela ANA (humana, econômica, ecológica e de resiliência) e está em consonância com o modelo FPEIR utilizado para gestão das Bacias PCJ. Isso mostra a eficiência destes indicadores como instrumento de gestão, sem muitas lacunas para as dimensões. A maior parte dos indicadores está atrelada ao Estado do modelo FPEIR.

Nesta pesquisa, faz-se uma ressalva em relação a menor quantidade de indicadores para os Impactos e as Respostas. Quanto aos indicadores para o cumprimento dos ODS, nota-se a ausência de correspondência para os indicadores 6.4.2 - Nível de stress hídrico: proporção das retiradas de água doce em relação ao total dos recursos de água doce disponíveis; 6.5.2 - Proporção das áreas de bacias hidrográficas transfronteiriças abrangidas por um acordo operacional para cooperação hídrica; 6.a.1 - Montante de ajuda oficial ao desenvolvimento na área da água e saneamento, inserida num plano governamental de despesa; 6.b.1 - Proporção das unidades administrativas locais com políticas e procedimentos estabelecidos e operacionais para a participação das comunidades locais na gestão de água e saneamento. Nota-se que os indicadores referentes aos ODS mencionados acima englobam principalmente questões de infraestrutura, e, portanto, relacionam-se com a dimensão de resiliência proposta pela ANA.

A fim de garantir uma técnica adequada para o conjunto de dados propostos, foram realizados dois testes: Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Bartlett (Quadro 11).

Quadro 11. Teste de KMO e Bartlett

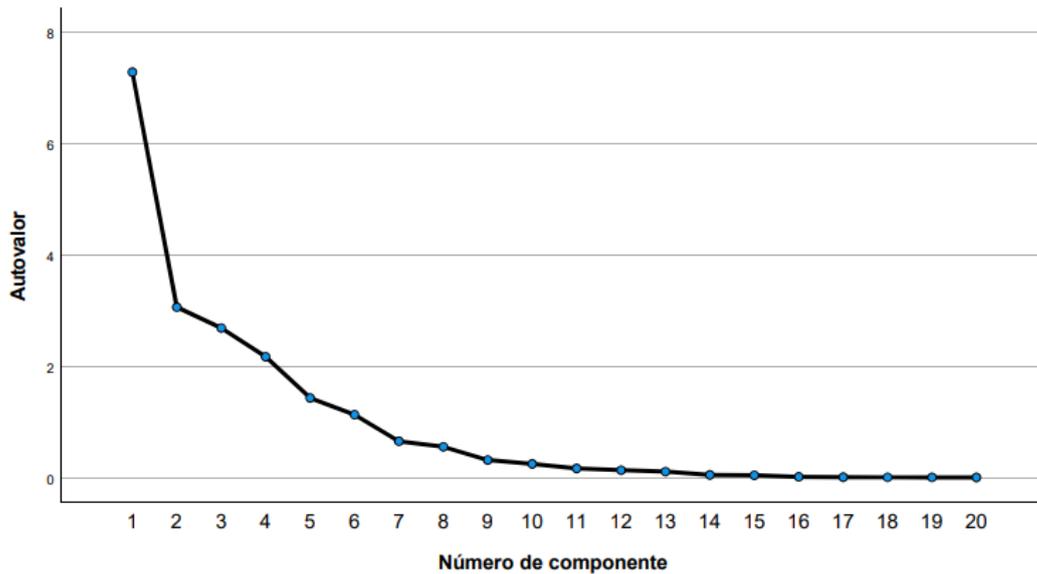
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		0,659
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	1755,513
	G1	190
	Sig.	< 0,001

Fonte: Elaboração própria a partir do SPSS.

Conforme os resultados obtidos, observa-se que o $KMO = 0,659$ e o Valor Significância apresentaram valores próximos a zero (menor que 0,001) para o teste de Bartlett. Os resultados obtidos nos testes permitem validar os dados para a aplicação da Análise Fatorial (Quadro 11).

Após a rodada do SPSS identificaram-se seis componentes principais os quais atendem ao critério de Kaiser, considerando que o autovalor deve ser maior que 1, conforme ilustra o Gráfico 2.

Gráfico 2. ScreePlot



Fonte: Elaborado a partir do SPSS.

O Gráfico 2 elenca os seis componentes principais que possuem o autovalor maior que 1. Nota-se que quando se realiza a aplicação por componentes principais, os dois primeiros fatores apresentados permitem explicar grande parte da variabilidade dos dados.

De acordo com Hair *et al.* (2009, p. 114) “o teste *scree* é usado para identificar o número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a quantidade de variância única comece a dominar a estrutura de variância comum”.

No presente estudo, o primeiro fator extraído explica um pouco mais de 35% da variância total dos dados, sendo que cumulativamente os seis fatores explicam quase 90% da variância (Tabela 2).

Tabela 2. Variância total explicada pelos seis fatores selecionados

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	7,276	36,382	36,382	7,276	36,382	36,382	5,429	27,147	27,147
2	3,057	15,285	51,668	3,057	15,285	51,668	3,368	16,841	43,988
3	2,684	13,42	65,088	2,684	13,42	65,088	3,174	15,872	59,86
4	2,168	10,841	75,929	2,168	10,841	75,929	2,152	10,758	70,617
5	1,428	7,141	83,07	1,428	7,141	83,07	1,901	9,504	80,121
6	1,127	5,637	88,707	1,127	5,637	88,707	1,717	8,586	88,707
7	0,65	3,249	91,956						
8	0,551	2,754	94,71						
9	0,312	1,561	96,271						
10	0,243	1,216	97,487						
11	0,162	0,811	98,298						
12	0,131	0,656	98,954						
13	0,106	0,529	99,483						
14	0,046	0,228	99,71						
15	0,039	0,196	99,907						
16	0,011	0,053	99,96						
17	0,005	0,024	99,984						
18	0,003	0,014	99,997						
19	0,001	0,003	100						
20	1,02E-08	5,12E-08	100						

Fonte: Elaboração própria a partir do SPSS.

A técnica mostra-se adequada para ilustrar de forma satisfatória o conjunto de dados selecionados, tendo em vista os resultados obtidos, com uma variância total explicada de 88,707. Para Hair *et al.* (2009), uma variância total explicada acima de 60% é bastante aceitável.

A fim de evidenciar a composição de cada um dos seis fatores, optou-se pela rotação ortogonal dos fatores, a partir do método Varimax (Tabela 3). De acordo com Hair *et al.* (2009), a maioria dos programas tem como padrão de rotação o Varimax, que é um dos mais populares métodos de rotação fatorial ortogonal, pois concentra-se em simplificar as colunas em uma matriz fatorial. O método de rotação Varimax é considerado na maior parte das vezes superior a outros métodos de rotação fatorial ortogonal para conseguir uma estrutura fatorial simplificada.

Tabela 3. Cargas fatoriais dos fatores rotacionados: Matriz de componente rotativa ^a

Variáveis	Fatores					
	1	2	3	4	5	6
A1	0,957	0,071	0,062	0,037	0,049	0,140
A2	0,914	0,131	0,081	0,227	0,067	0,188
A3	0,913	0,069	0,118	-0,134	0,097	0,130
A4	0,897	0,159	0,123	0,229	0,088	0,192
A5	0,897	0,159	0,123	0,229	0,088	0,192
A6	0,811	0,060	0,185	0,061	-0,021	-0,072
V1	-0,180	0,961	-0,046	0,017	0,013	-0,143
V2	0,256	0,938	0,057	0,100	0,014	0,035
V3	0,315	0,935	0,024	0,111	0,062	-0,029
V4	0,303	0,746	0,567	0,091	0,064	0,015
P1	0,052	-0,017	0,970	-0,052	-0,015	0,061
P2	0,154	0,099	0,956	0,084	0,093	0,060
P3	0,235	0,058	0,918	-0,025	0,056	-0,032
U1	0,002	0,134	0,041	0,894	0,076	0,158
U2	0,254	0,037	-0,136	0,832	0,028	-0,045
U3	0,130	0,064	0,137	0,567	0,314	0,209
D1	0,052	0,030	0,103	0,034	0,942	0,029
D2	0,127	0,049	-0,008	0,233	0,923	0,048
E1	0,273	0,000	0,088	0,248	0,038	0,804
E2	-0,177	0,117	0,011	-0,027	-0,053	-0,903

Fonte: Elaboração própria a partir do SPSS.

Método de Extração: Análise de Componente Principal⁴.

Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser⁵.

a. Rotação convergida em 5 iterações⁶.

Hair *et al.* (2009) assinalam que o teste de Kaiser permite verificar que o padrão fatorial obtido por rotação Varimax tende a ser mais invariante do que o obtido pelo método Quartimax quando diferentes subconjuntos de variáveis são analisados. O método Varimax tem sido muito bem-sucedido como uma abordagem analítica para a obtenção de uma rotação

⁴ Análise de Componente é um modelo fatorial no qual os fatores são baseados na variância total. Na análise de componentes, unidades (1s) são usadas na diagonal da matriz de correlação; esse procedimento implica computacionalmente que toda a variância é comum ou compartilhada (HAIR *et al.*, 2009).

⁵ Normalização de Kaiser, pode-se dizer que é a normalização de dados brutos. Alguns programas de computador fornecem um procedimento de normalização para viabilizar essa comparação direta (HAIR *et al.*, 2009).

⁶ As iterações podem ser executadas diversas vezes até que uma solução final seja obtida (HAIR *et al.*, 2009).

ortogonal de fatores. Já o experimento Bartlett é um teste estatístico da significância geral de todas as correlações em uma matriz de correlação.

Após a extração e organização dos componentes, para melhor visualização, foi realizada a análise de cada um dos fatores no contexto da segurança hídrica dos municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba estudadas nesta pesquisa.

Na Tabela 3, estão dispostas as cargas fatoriais, as variáveis e os fatores. Na análise, foi realizado um agrupamento das cargas fatoriais, segundo as variáveis. Ressalta-se que a variável População urbana atendida com esgotamento sanitário possui uma carga fatorial de 0,957, isso explica que essa variável possui uma grande correlação positiva com o Fator 1. Pode-se dizer que, para os municípios estudados, onde o Fator 1 é predominante, a realidade é de que a população que reside em áreas urbanas possui alto atendimento para o esgotamento sanitário. O mesmo ocorre para a variável População total atendida com esgotamento sanitário, o que explica a boa segurança hídrica quando se trata de coleta de esgoto e abastecimento de água, tanto para a população total quanto para a urbana, o que evidencia a correlação do Fator 1 com a qualidade e quantidade de água.

As variáveis elencadas ao Fator 1 estão estritamente ligadas às três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica, “tendo-se em vista as características transversais da água e os prejuízos provenientes da falta de coleta e de tratamento de esgotos sanitários (e.g., econômicos, sociais e ambientais)” (BEGA *et al.*, 2021, p. 4). A dimensão ambiental pode ser explicada pelos bons resultados quanto ao tratamento e atendimento de esgoto sanitário, relevantes à saúde do meio ambiente. A social e econômica são fortemente explicadas pelas variáveis de população atendida com água, o que reforça a importância da água para a manutenção da saúde e desenvolvimento de atividades básicas para a subsistência, que pode gerar economia aos gastos públicos com saúde provenientes da água. Portanto, o Fator 1 está relacionado com o atendimento de água e esgoto, e, conseqüentemente contribui positivamente com a segurança hídrica.

Neste sentido, pode-se concluir que o Fator 1 elenca os municípios que possuem níveis adequados de segurança hídrica nas três dimensões abordadas da sustentabilidade, sendo possível identificar que esse fator é o mais representativo quando se trata de segurança hídrica.

O Fator 2 está correlacionado com quatro variáveis: Consumo médio *per capita* de água; Volume de água faturado; Volume de água consumido; Volume de água produzido. Está relacionado à segurança hídrica pelo consumo de água *versus* produção de água, e inclui investimentos em tratamentos. Este é um Fator passível de ser mensurado, porém com alguns

desafios para ser monitorado. Portanto, o Fator 2 está relacionado com o monitoramento do consumo de água, e relaciona-se negativamente com a segurança hídrica.

Já o Fator 3 está correlacionado com questões de infraestrutura, pois englobam as seguintes variáveis: Índice de perdas na distribuição, Índice de perdas por ligação, Índice de perdas de faturamento. Os resultados revelam que estes componentes necessitam de maior atenção quando se aborda a segurança hídrica, pois um município que possui altos níveis de perdas seja por ligação, distribuição ou faturamento necessita de maiores investimentos para conter as perdas que podem impactar tanto nos gastos públicos e privados, a depender da autarquia, que impacta diretamente a questão econômica do município, bem como a social, onde a água pode não chegar de maneira adequada ao consumidor final. Neste sentido, pode-se dizer que este fator, além das dimensões sociais e econômicas, engloba igualmente a dimensão ambiental, por conta do desperdício de água. Mediante os municípios estudados, verifica-se que há uma boa correlação entre a infraestrutura e as perdas de água. Em complemento, ressalta-se que os especialistas reforçam sobre os esforços para que a perda de água seja reduzida de 40% para 10%, o que enfatiza que estas questões estão sendo monitoradas, um fator essencial para a garantia da segurança hídrica. Portanto, o Fator 3 está relacionado com o controle de perdas na distribuição de água, mais diretamente relacionado à infraestrutura, que em consequência contribui negativamente para a segurança hídrica.

No Fator 4, foram agrupadas as variáveis: Taxa de Urbanização, Taxa de cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município e Densidade Demográfica, intimamente relacionadas às modificações destes espaços pelos processos de urbanização. Deve-se levar em consideração que um *habitat* que passa de rural para urbano, a tendência é que fatores naturais sejam alterados, a exemplo o ciclo natural da água que ocasiona eventos hidrológicos extremos, seja seca ou inundação, que igualmente pode ser explicado pela baixa arborização. O Fator 4 permite explicar como a urbanização afeta a segurança hídrica, e os municípios que são totalmente urbanizados tendem a possuir níveis mais alarmantes quanto aos eventos hidrológicos extremos, que pode ser explicado igualmente pela pavimentação, por conta da modificação do solo, entre outras questões. Entende-se que o Fator 4 está mais relacionado ao evento hidrológico seca. Portanto, o Fator 4 relaciona-se com a urbanização e densidade demográfica, e, conseqüentemente contribui negativamente com a segurança hídrica.

O Fator 5 engloba a Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação e Doenças de veiculação hídrica, que são importantes para a segurança hídrica considerando que essas variáveis estão diretamente relacionadas às questões sociais, ambientais e econômicas, e

fortemente ligadas a eventos hidrológicos extremos, no caso inundação. A questão social pode ser englobada quando se verifica que a população mais vulnerável se encontra na parcela de domicílios atingidos por inundações, por ocuparem massivamente espaços irregulares de moradia. A questão ambiental pode ser observada a partir dos impactos que as modificações urbanas ocasionam no meio, denunciando a falta de planejamento nas cidades e de orientação à população. A econômica está relacionada às doenças que podem ser mensuradas pela quantidade de internações e gastos públicos que poderiam ser evitados. Além disso, poderia estar relacionada com a falta de investimentos a fim de evitar inundações. Portanto, o Fator 5 possui relação com os eventos hidrológicos extremos, o que contribui negativamente para a segurança hídrica.

O Fator 6 pode explicar a correlação entre as variáveis Precipitação e Temperatura, questões que estão relacionadas com as alterações climáticas. A temperatura possui carga fatorial positiva em relação a este fator. Em relação à variável precipitação os dados revelam que há uma boa correlação inversa entre esta variável e o sexto fator (-0.903). Este resultado pode ser explicado como um indicativo para a sustentabilidade ambiental, considerando que o índice é bastante baixo, o que explica a condição da segurança hídrica descrita pelo Fator 6, englobando a possível correlação entre o aumento das temperaturas e baixa nas precipitações. Portanto, o Fator 6 é pertinente aos eventos relacionados às mudanças climáticas, e, conseqüentemente contribui negativamente com a segurança hídrica.

4.3.2. O IDSH dos municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba

A partir dos fatores identificados pela aplicação da ACP com o *Software* SPSS, foi possível determinar o Índice de Segurança Hídrica – IDSH para os municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba. Obteve-se o IDSH a partir da Equação (1):

$$\text{IDSH} = 27,147F1 - 16,841F2 - 15,872F3 - 10,758F4 - 9,504F5 - 8,586F6 \quad (1)$$

No qual:

F1 - Fator 1, F2 - Fator 2, F3 - Fator 3, F4 - Fator 4, F5 - Fator 5, F6 - Fator 6.

Os municípios, classificados em ordem decrescente, e o respectivo IDSH encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. IDSH dos municípios inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba

Municípios	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	IDSH
Iracemópolis	1,15	-1,58	-1,64	0,82	-0,6	-0,33	83,57
Cordeirópolis	1,02	-0,09	-1,28	-0,36	-0,37	-0,23	58,89
Saltinho	0,69	-0,19	-1,21	-1,94	-0,17	0,61	58,39
Anhembi	0,22	-0,63	-0,26	-2,6	-0,03	-0,24	51,03
Morungaba	0,57	-0,96	-0,1	-0,03	-0,52	-0,58	43,47
Brotas	0,99	0,54	0,13	-0,82	-0,17	-1,53	39,29
Capivari	0,48	-0,14	-1,24	0,47	-0,4	0,16	32,44
Bragança Paulista	0,3	-0,31	-0,97	0,46	-0,31	-0,26	28,99
Torrinha	0,51	-0,44	-0,03	-0,55	-0,53	0,56	27,88
Itatiba	0,33	-0,55	0,53	-1,43	-0,02	-0,26	27,62
Camanducaia	-0,58	-0,21	0,18	-1,94	0,4	-2,61	24,41
Limeira	0,54	0,26	-1,68	0,5	0,58	0,29	23,56
Botucatu	0,71	0,05	-0,05	0,15	-0,26	-0,33	22,92
Dois Córregos	0,57	-0,48	0,32	-0,06	-0,13	-0,07	20,96
Nova Odessa*	0,68	-0,12	-0,27	0,72	-0,32	0,19	18,43
Monte Mor	0,34	-0,05	-0,73	-0,25	-0,38	1,17	17,91
Louveira	0,37	-0,41	0,31	0,76	-0,15	-1,25	16,01
Cosmópolis*	0,36	0,76	-0,79	-0,2	-0,33	0,16	13,43
Joanópolis	-1,16	-0,51	-1,45	0,96	-0,34	-2,28	12,59
Charqueada	0,23	-0,15	0,22	-0,12	-0,45	0,28	8,44
Itirapina	-0,22	0,06	0,01	-0,81	-0,38	0,03	4,93
Valinhos	0,27	-0,01	0,2	0,52	-0,47	0,01	3,11
Jaguariúna	0,5	0,24	0,52	0,69	-0,62	-0,06	0,26
Paulínia*	0,36	0,46	-0,75	0,53	-0,3	1,49	-1,71
Jundiá	0,58	0,62	0,29	0,79	0,45	-0,54	-7,44
Extrema	-0,63	0,17	0,96	-0,4	-0,16	-2,3	-9,63
Atibaia	-0,15	-0,4	1,16	-0,8	0,56	-0,23	-10,49
Santa Maria da Serra	-0,79	-0,04	-1,1	-0,28	-0,42	1,87	-12,37
Vinhedo	-0,08	0,38	0,17	0,81	-0,16	-0,45	-14,60
Rio das Pedras	0,22	-0,7	1,74	0,57	-0,78	0,81	-15,53
São Pedro	0,2	0,6	1,35	-2,24	-0,27	2,27	-18,93
Sumaré	0,22	-0,56	0,74	0,95	0,99	0,49	-20,18
Hortolândia	0,24	-0,51	0,14	1,84	0,2	1,5	-21,69
Americana*	0,34	0	1,42	1,28	0,18	0,19	-30,42
Santa Bárbara D' Oeste	0,31	-0,14	2,33	0,98	-0,58	0,21	-33,04
Campo Limpo Paulista	-1,17	-0,71	0,76	0,92	-0,22	-0,43	-35,98
Campinas*	0,14	0,14	-1,23	0,28	5,45	0,25	-35,99
Piracaia	-2,1	-0,31	-0,23	0,57	-0,42	0,44	-54,06
Jarinu	-2,37	-0,2	-0,13	-1,49	0,12	1,22	-54,49

Piracicaba	0,26	0,62	2,47	-0,2	2,07	0,01	-60,19
Águas de São Pedro	-0,13	5,6	-0,43	0,35	-0,69	-0,37	-85,04
Nazaré Paulista	-4,32	-0,11	-0,4	0,58	-0,07	0,13	-115,76

Fonte: Elaboração própria a partir do SPSS.⁷

* Municípios inseridos nas duas sub-bacias (Rios Atibaia e Piracicaba).

A Tabela 4 ilustra o IDSH dos municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba.

De acordo com os seis fatores extraídos do SPSS, os municípios que mais se aproximam de uma condição ideal de segurança hídrica, dentre os inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, são Iracemápolis, Cordeirópolis e Saltinho. Os três municípios mais vulneráveis quanto à segurança hídrica são Piracicaba, Águas de São Pedro e Nazaré Paulista, que apresentam valores negativos, sendo possível identificar a fragilidade na gestão hídrica de tais municípios.

Apesar de o município de Iracemápolis liderar o IDSH, pode-se notar que se analisados os fatores que compõem o IDSH, individualmente, alguns valores podem ser melhorados quando comparado com outros municípios estudados.

Isso mostra uma possibilidade de gestão integrada entre municípios *versus* fatores. Sendo assim, é uma possibilidade na identificação de um agravante na situação hídrica para cada município, o que favorece a tomada de decisão e possíveis melhorias pensando no contexto individual da necessidade e realidade local. A partir dessa premissa é possível traçar estratégias, que influenciam no alcance dos objetivos de modo mais eficaz e eficiente. Muitas vezes, se observado o índice total de um município, o IDSH pode ocultar um fator agravante a ser melhorado que tem potencial de gerar impacto no todo da BH.

Alguns municípios como de Joanópolis, por exemplo, inserido no Estado de São Paulo, não dispunha de dados de temperatura e precipitação em fontes como CIIAGRO, o que conota uma gestão possivelmente mais centralizadora e não integrada, e dificulta a realização de uma análise da real condição de segurança hídrica do município.

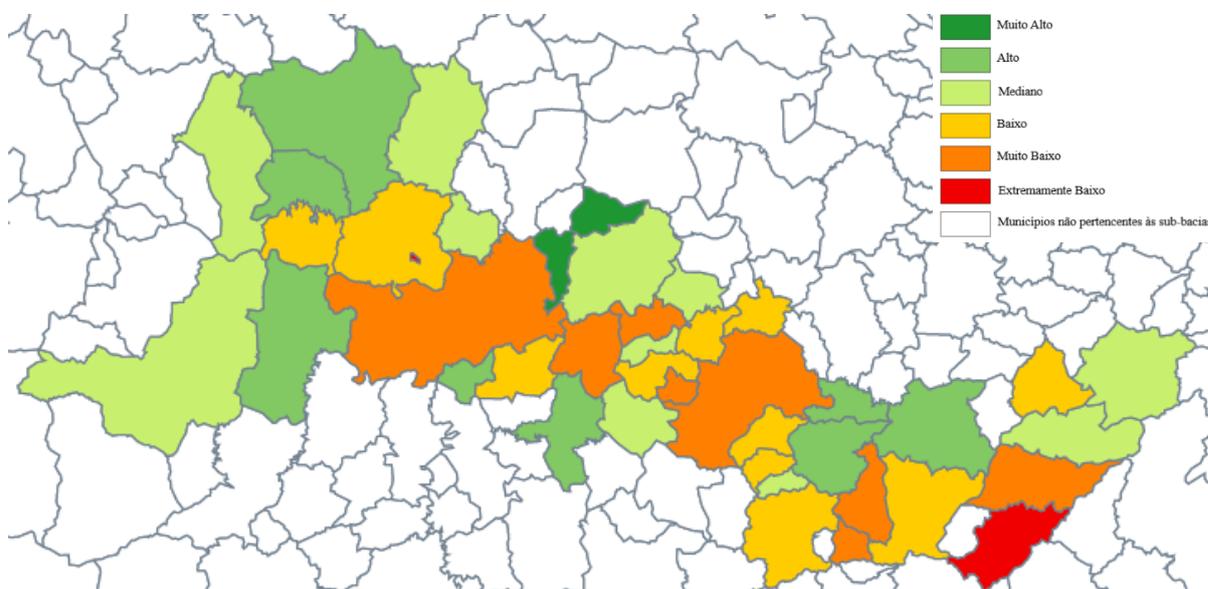
Ao comparar o IDSH dos municípios das duas sub-bacias elencadas, observa-se que aproximadamente 48% dos municípios da sub-bacia do Rio Piracicaba se encontram nos quintis mais elevados, ou seja, quase metade dos municípios desta sub-bacia apresenta os melhores resultados no IDSH, contra 31% dos municípios da sub-bacia do Rio Atibaia. Esses resultados permitem concluir que a sub-bacia do Rio Piracicaba se apresenta com melhor

⁷ Municípios com destaque em branco estão inseridos na sub-bacia do Rio Piracicaba. Os destacados em cinza estão inseridos na sub-bacia do Rio Atibaia.

segurança hídrica. Entretanto, faz-se necessário uma gestão integrada entre os municípios e os fatores obtidos na Tabela 3, no sentido de identificar a situação hídrica para cada município, tendo em vista que o IDSH calculado pode ocultar fatores que geram impactos nas Bacias Hidrográficas.

Para melhor ilustrar as condições dos municípios inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, seguem os mapas elaborados a partir do *Software* livre Philcarto, bem como os mapas dos fatores dispostos separadamente, no sentido de visualizar as condições mais agravantes em cada município (Figuras 8-14).

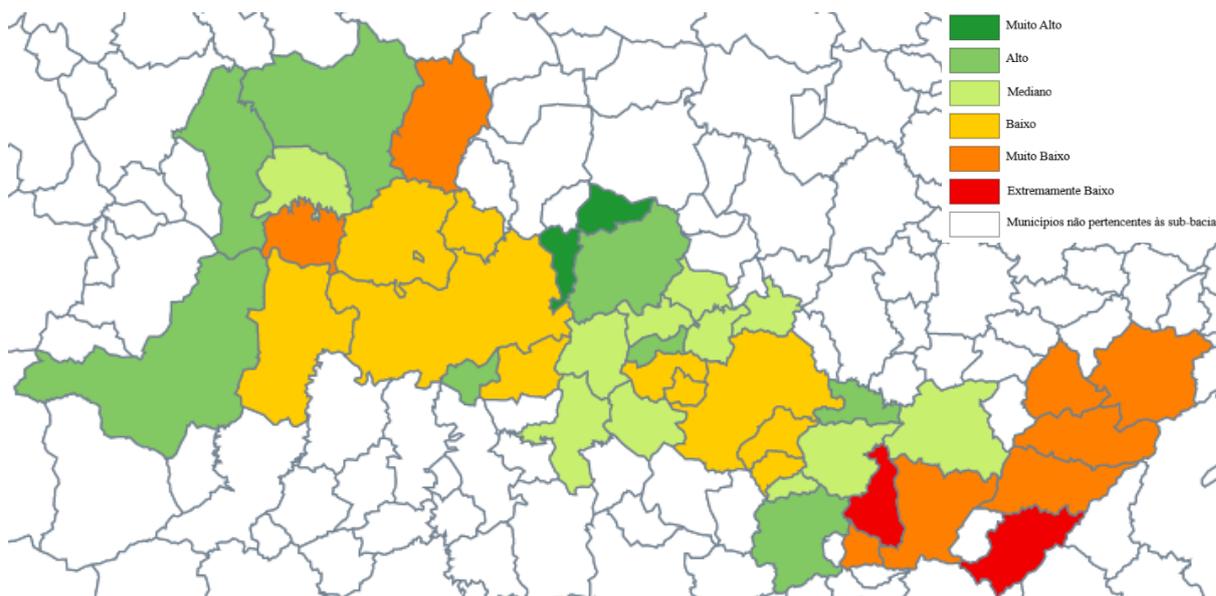
Figura 8. Classificação do IDSH por município das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba



Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

O IDSH (Figura 8) ilustra as condições dos municípios e possibilita estabelecer um *Ranking*. É possível notar que a maior parte dos municípios se encontra entre os níveis Alto e Muito Baixo para a segurança hídrica. Os municípios de Nazaré Paulista e Águas de São Pedro (em vermelho) são os que possuem a situação atual mais agravante para a segurança hídrica, levando em consideração os seis fatores, o que caracteriza um IDSH Extremamente Baixo, entre os municípios elencados. Os municípios que possuem os melhores desempenhos para a segurança hídrica são Iracemápolis e Cordeirópolis (verde escuro), verificando-se melhores condições para a segurança hídrica, predominando o nível Muito Alto.

Figura 9. Fator 1 – Cobertura dos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água

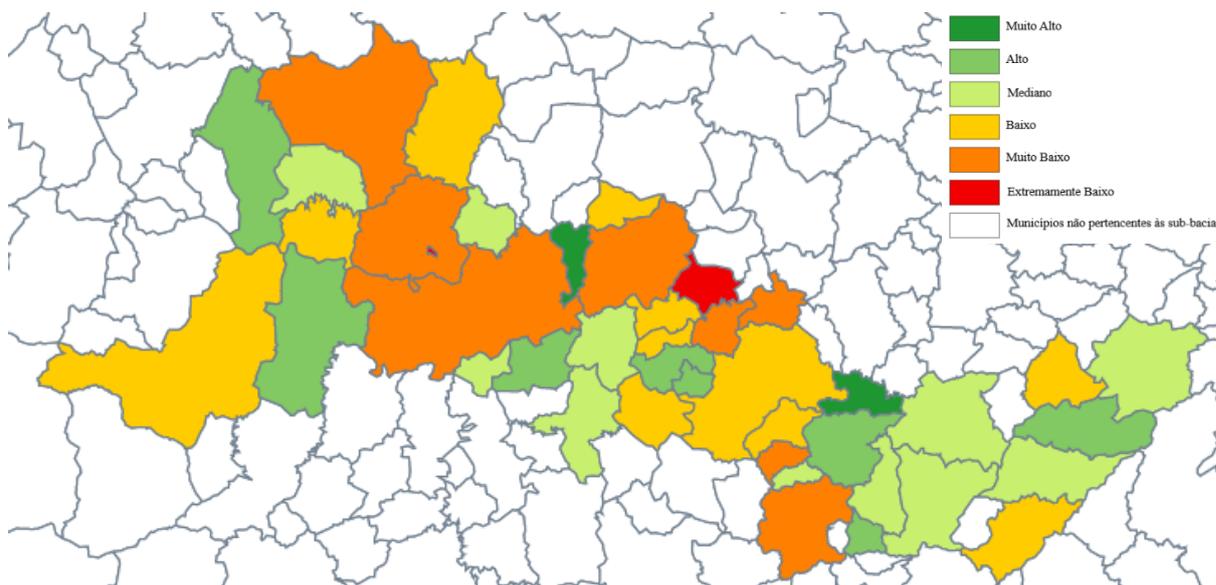


Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

Para o Fator 1 (Figura 9) verifica-se a condição predominante de municípios enquadrados em alto e mediano, com destaque para os municípios localizados na porção leste com níveis a serem melhorados especificamente para as dimensões relacionadas à qualidade e quantidade de água, que englobam indicadores de esgotamento sanitário e abastecimento de água.

Vale ressaltar que o Fator 1 quanto mais positivo o valor para cada município é melhor. O restante dos fatores, como relacionam-se negativamente com a segurança hídrica (Fatores 2 ao 6), quanto mais negativo o valor para o município, é considerado melhor.

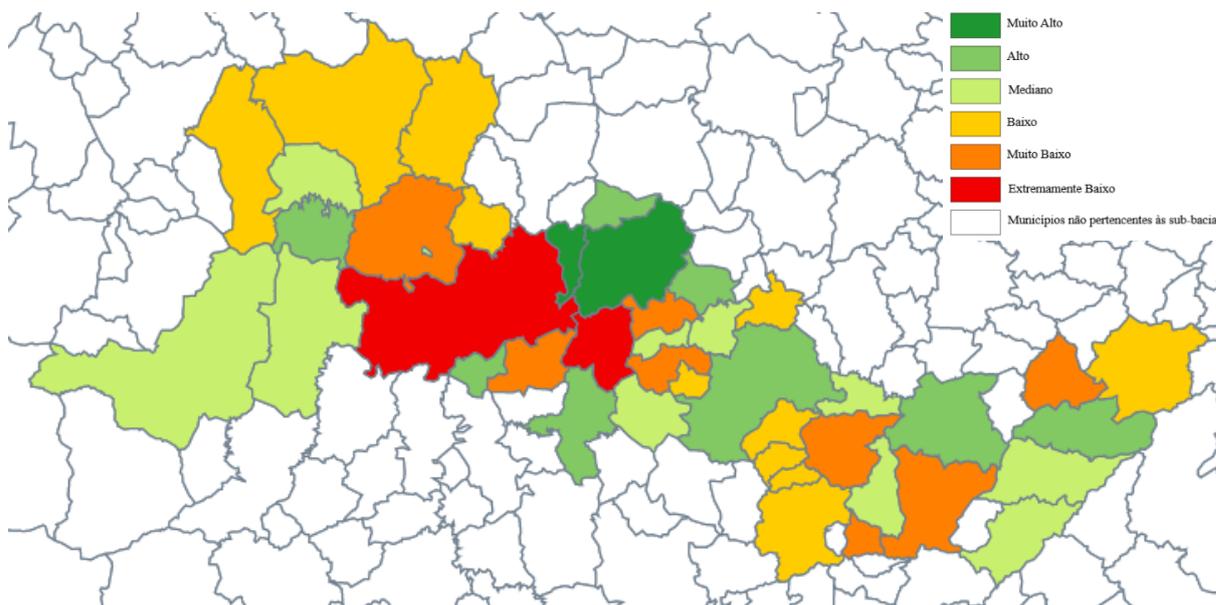
Figura 10. Fator 2 – Eficiência no consumo e produção de água



Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

No Fator 2 (Figura 10) foram englobados os indicadores de Consumo médio *per capita* de água; Volume de água faturado; Volume de água consumido; Volume de água produzido, o que se relacionam com o consumo de água. Apesar de haver alguns municípios com destaque Muito Baixo ou Extremamente Baixo, a maioria deles possui índices entre Muito Alto e Mediano, o que muitas vezes pode não caracterizar de fato uma dada realidade, e sim mascarar um Fator por conta da dificuldade no controle do consumo e produção de água, e ainda levantar questionamentos sobre a eficiência e eficácia dos instrumentos de monitoramento e gestão dos recursos hídricos. É possível notar que os municípios inseridos na parte Leste das sub-bacias são os que apresentam melhores condições para este Fator.

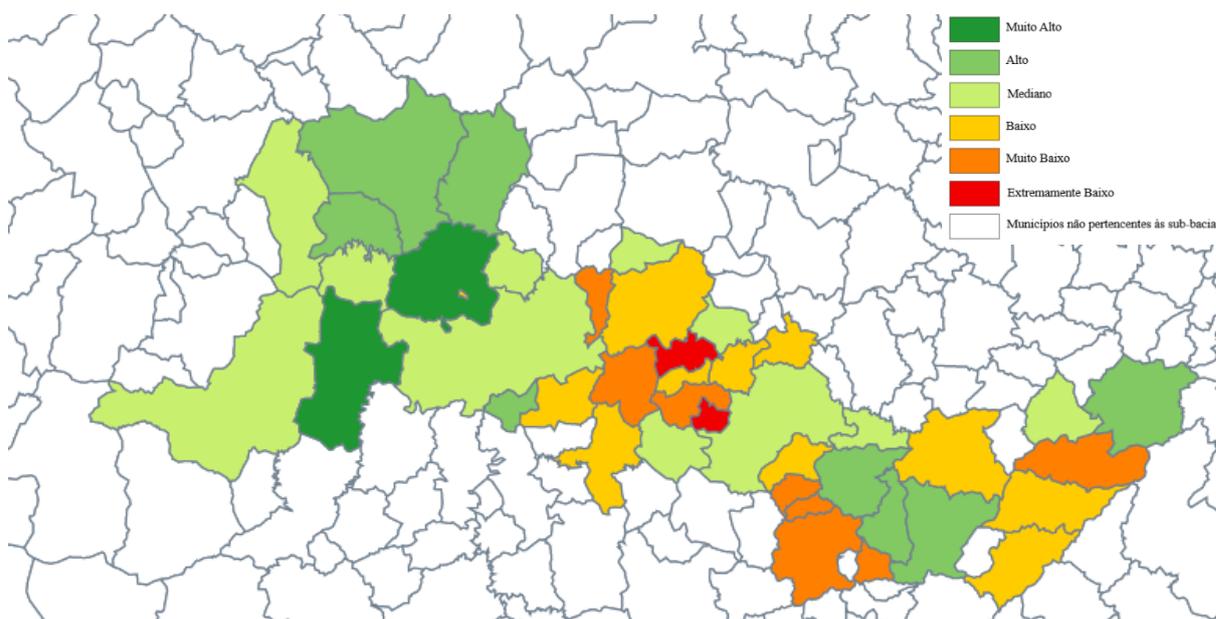
Figura 11. Fator 3 – Eficácia no controle de perdas na distribuição de água



Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

O Fator 3 (Figura 11) tem a maior parte dos municípios entre Alto e Muito Baixo, e representa um Fator relacionado à perda, e relaciona-se mais com a infraestrutura, como a presença de tubulações e encanamentos sem manutenções periódicas e apropriadas. É um Fator que requer muitas vezes obras e grandes investimentos para que sejam suprimidas as perdas. Vale ressaltar que é outro Fator de dificuldade de monitoramento e, muitas vezes, necessita de boas tecnologias para eficiência.

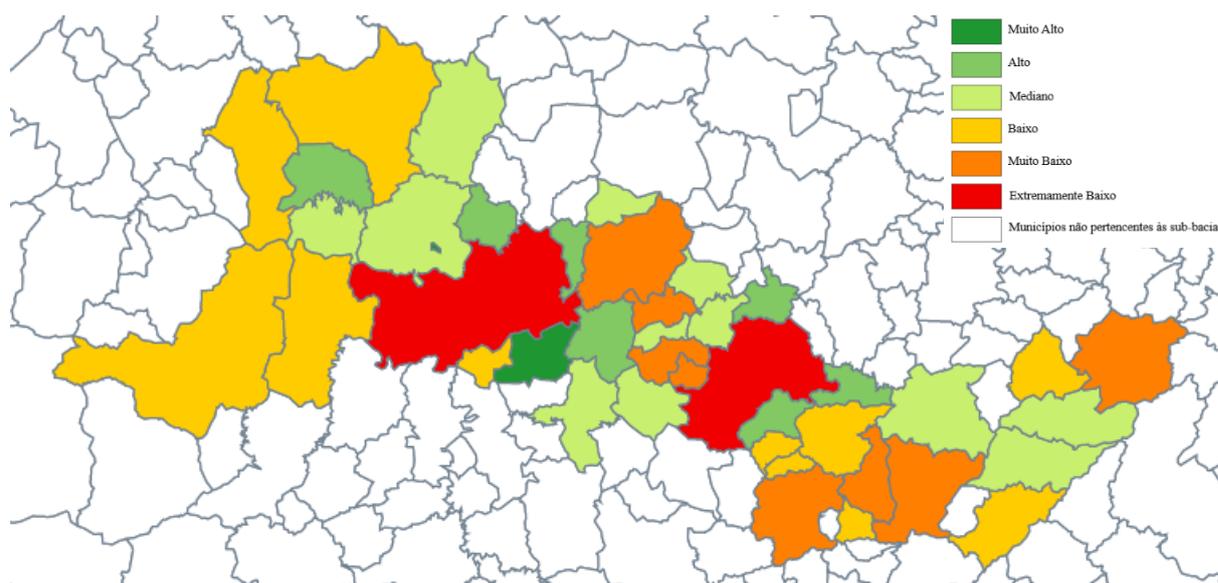
Figura 12. Fator 4 – Tipologia da urbanização e densidade demográfica



Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

O Fator 4 (Figura 12) está fortemente ligado à urbanização, pois alguns dos indicadores utilizados foram Taxa de Urbanização, Taxa de cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município e Densidade Demográfica. Nota-se que os municípios localizados a Oeste são os que possuem melhores condições para este Fator, e são os municípios localizados em regiões menos urbanizadas e populosas.

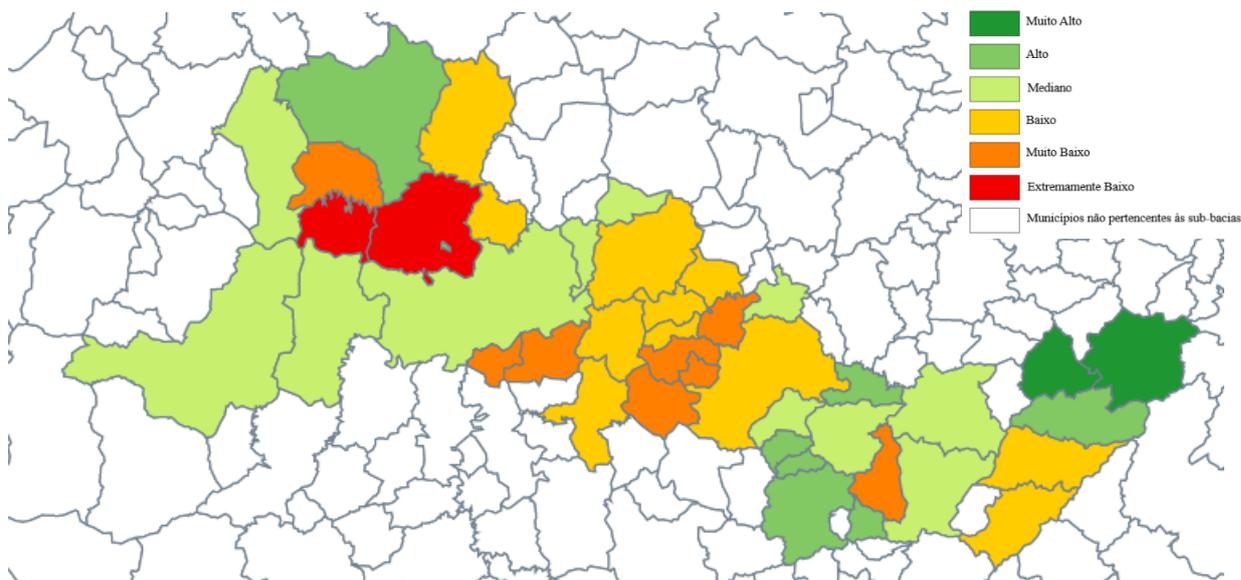
Figura 13. Fator 5 – Eficiência no controle de eventos hidrológicos extremos



Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

O Fator 5 (Figura 13) possui uma predominância de municípios enquadrados entre Alto e Baixo, o que mostra uma média na eficiência da segurança hídrica quanto aos riscos referentes a possíveis eventos hidrológicos extremos, por exemplo, pois englobam indicadores de quantidade de domicílios sujeitos a Riscos de Inundações e Doenças de veiculação hídrica.

Figura 14. Fator 6 – Efeitos e mitigação de eventos relacionados às mudanças climáticas



Fonte: Elaboração própria a partir do Philcarto.

Quanto ao Fator 6 (Figura 14) os municípios localizados no extremo leste e oeste das sub-bacias possuem um dos melhores índices para este Fator que engloba indicadores de Temperatura e Precipitação. Os municípios centrais são os que estão enquadrados com níveis Baixo e Muito Baixo para este Fator. Nota-se que para mitigação e melhoria do restante dos municípios, medidas de preservação de florestas nativas, por exemplo, podem ser adotadas, principalmente pensando no ciclo natural da água, entre outros fatores que promovam a conservação e recuperação ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se trata de gestão das águas, pode-se notar que o Brasil é referência mundial, pois possui leis que respaldam e dão suporte a uma gestão mais descentralizada que, segundo órgãos competentes como a ANA, é algo fundamental para a tratativa de questões relacionadas à água e ao saneamento. Além disso, os Comitês de Bacias Hidrográficas são órgãos gestores que por possuírem a prerrogativa de deliberar sobre os recursos hídricos das bacias hidrográficas previstos no PNRH e relatórios adjacentes, possuem papel fundamental para a melhoria da gestão das águas.

As questões que envolvem o conceito de segurança hídrica ainda estão em discussão, entretanto no Brasil houve grandes conquistas nos últimos anos, com a construção do PNSH em 2019, documento que aborda a segurança hídrica em diversas dimensões da sustentabilidade, incorporando a de resiliência, com panorama geral sobre o atual cenário e possíveis ações a serem adotadas para alcançar a segurança hídrica nacionalmente. Apesar de no Brasil existir um Plano Nacional de Segurança Hídrica, este instrumento ainda é bastante recente em sua abordagem e nas discussões levantadas, e não há uma especificidade de fato definida para que a segurança hídrica seja amplamente alcançada em território nacional e mundial.

Nesta pesquisa, a literatura nacional e internacional consultada evidencia que se trata do acesso à água em quantidade e qualidade adequada para todas as camadas sociais, incluindo as vulneráveis, para os meios de produção de alimento e indústria, e que a retirada de água não deve alterar e impactar negativamente o seu ciclo natural, que pode desencadear eventos hidrológicos extremos. Nota-se que os conceitos englobam os aspectos sociais, econômicos e ambientais da sustentabilidade.

Com a presente pesquisa foi possível verificar a abrangência conceitual do termo segurança hídrica por órgãos internacionais. No Brasil, o conceito tem sido mais evidenciado após a construção do PNSH e fortemente discutido em pesquisas acadêmicas.

Merece destaque, quando se trata de segurança hídrica no Brasil, a dimensão de resiliência citada no PNSH, que poderia ser enquadrada em uma quarta dimensão da sustentabilidade, o que traz a visão de que os municípios e determinadas regiões possam suprir as demandas de água, caso ocorra eventos hidrológicos extremos como secas e inundações, sem comprometer o abastecimento hídrico tanto em quantidade como em qualidade. Simplificando, essa dimensão enquadra-se sobre a capacidade de armazenamento

de água, mas além dos aquíferos, por meio de reservatórios ou outros tipos de tecnologia, e estão diretamente atrelados à infraestrutura de reservatórios e preservação de aquíferos, notadamente questões essenciais para a segurança hídrica em caso de eventos hidrológicos extremos.

De forma crítica, a presente pesquisa permite revelar que uma das principais preocupações do PNSH sobre a segurança hídrica tem como foco o cenário de estiagem e secas severas, abordando questões climáticas, fazendo majoritariamente referência à Região Nordeste. Abordam-se questões sobre desmatamento, decorrentes do agronegócio, o que é extremamente importante para reverter o cenário de destruição no País, contudo, falhas ocorrem ao incorporar o cenário crescente do expressivo aumento dos conglomerados urbanos, o que mostra uma lacuna no PNSH para o planejamento dos recursos hídricos e tomadas de decisões assertivas quando o cenário é urbanizado, o que responde o problema inicial da pesquisa. Neste sentido, observa-se uma lacuna quanto às tratativas e gestão para os possíveis riscos de enchentes e inundações que podem tornar-se crescentes derivados dos processos contínuos de urbanização.

Vale destacar que discussões e constatações provenientes da ANA sobre segurança hídrica são de suma importância para os avanços da temática no Brasil, principalmente mediante os atuais cenários de pressão antrópica, que impactam diretamente a Demanda de água da região em que as Bacias PCJ estão inseridas.

Esta pesquisa evidencia a importância de mensurar a sustentabilidade a partir de indicadores, e no caso deste estudo em específico, a segurança hídrica. Para tanto, trouxe alguns pensamentos importantes de Meadows e Gibson sobre a importância da avaliação de sustentabilidade como validação dos estudos ambientais.

Ao tratar da segurança hídrica a pesquisa evidenciou a necessidade do estudo dos indicadores de sustentabilidade. Foi possível ter uma visão mais ampla e simplificada do que são os indicadores de sustentabilidade e suas funcionalidades, como instrumentos para facilitar o alcance dos objetivos desta pesquisa. Os indicadores possuem papel fundamental para o monitoramento e avaliação de fatores que se deseja estudar e atingir, sobretudo para a segurança hídrica no sentido de fornecer possíveis direcionamentos para políticas públicas e planos governamentais.

As sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba foram o objeto de análise que, para a gestão das águas, utiliza-se do modelo de indicadores FPEIR. Este modelo é referência mundial quando se trata de analisar recursos hídricos, porém, notam-se algumas questões a serem melhoradas, como a aplicação deste modelo junto aos indicadores que podem ser

dispostos por município, além da aplicação da Análise Fatorial, e para possibilidades de pesquisas futuras, a validação por algum modelo de avaliação da sustentabilidade, como o modelo proposto por Gibson. Uma importante contribuição evidenciada nesta pesquisa refere-se ao cuidado com a aplicação do modelo FPEIR, considerando que o uso de uma divisão territorial mais ampla ao invés de local, pode fazer com que muitas tomadas de decisões não sejam tão assertivas. Pode-se entender que, uma BH que ocupa geograficamente uma região dicotômica, com características culturais, ambientais e sociais divergentes, não pode ser aplicada exatamente às mesmas decisões. Por isso a sugestão da aplicação por sub-bacias, utilizando-se dados dos municípios inseridos.

Dessa forma, a pesquisa com base em indicadores de segurança hídrica aplicados às sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba teve sua relevância considerando os desafios das condições das águas destas sub-bacias evidenciadas nos relatórios dos Comitês das Bacias PCJ.

Nota-se que os atuais meios de armazenamento e disposição de dados não estão sendo realizados através de indicadores por município, pois houve dificuldade na coleta de dados para o ano de 2019, considerando que alguns municípios não disponibilizam esta informação para alguns indicadores.

A fim de validar algumas informações sobre os indicadores de sustentabilidade para segurança hídrica, pôde-se contar com a contribuição dos especialistas do Comitê das Bacias PCJ, com a realização da aplicação de um questionário aos representantes do CT-RN das Bacias PCJ. Foi possível coletar informações importantes sobre as maiores dificuldades enfrentadas na gestão dos recursos hídricos, a visão da segurança hídrica, bem como as perspectivas futuras para as Bacias PCJ.

Acredita-se que algumas informações podem não ter sido reveladas considerando a formação e experiência dos especialistas que participaram da pesquisa. Isso pode ser exemplificado a “baixa importância” atribuída pelos ao indicador de Doenças de veiculação hídrica, pode ser justificada pelo perfil dos respondentes ou área de atuação deles. Para futuras pesquisas, sugere-se a aplicação do questionário a outros especialistas, de áreas interdisciplinares, englobando a saúde, políticas públicas, entre outros.

Desse modo, nota-se a validação do conjunto de indicadores de sustentabilidade para a segurança hídrica escolhido como adequado á gestão das respectivas sub-bacias, e essenciais para se estabelecer um IDSH por município. Os indicadores coletados possibilitaram a construção do IDSH que permite comparar as condições de segurança hídrica entre os municípios inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, podendo ser aplicado e

replicado para outros municípios e sub-bacias. A criação desse novo Índice de Segurança Hídrica pode trazer grandes contribuições científicas e profissionais para complementar o que vem sendo feito por órgãos nacionais e internacionais frente à segurança hídrica, e para possíveis estudos futuros.

Considerar os municípios de acordo com as classificações no IDSH não quer dizer que possuem uma condição tão favorável quanto à segurança hídrica. Essa conjuntura leva a propor uma análise de cada fator elencado individualmente, o que evidencia que se deve mapear os fatores estudados, e individualmente traçar estratégias para reverter este cenário.

No tocante ao modelo FPEIR, pode-se dizer que para a gestão dos recursos hídricos nas Bacias PCJ, a ressalva que se faz é para complementação desse modelo junto à validação com outro modelo de avaliação de sustentabilidade, como foi elucidado brevemente no presente trabalho, a exemplo os princípios de Gibson. Defende-se essa questão, pois agregaria valor na escolha dos indicadores, para uma gestão mais integrada. Além disso, sugere-se a aplicação deste modelo por sub-bacia, a fim de traçar o cenário mais próximo possível da realidade e assim construir e permear ações para abranger o local e expandir para as Bacias PCJ.

Para estudos futuros, seria interessante englobar mais indicadores de Impacto e Resposta. As possibilidades da aplicação desta pesquisa reforçam que os resultados poderão ser discutidos, ampliados e melhorados, para a aplicabilidade em outras sub-bacias como já mencionado anteriormente.

Os indicadores aplicados nesta pesquisa possuem correlação com o modelo FPEIR, englobam todas as dimensões da ANA, alguns dos indicadores estão elencados no ODS 6, e têm correlação com o que foi relatado pelos especialistas. Como por exemplo o que é evidenciado por um deles sobre acréscimo de indicadores que estejam correlacionados com comportamento humano em relação à segurança hídrica e o consumo individual; uso e ocupação do território, principalmente áreas críticas de recarga (produção de água) e governança local (município) com relação à gestão dos recursos hídricos (plano diretor, plano municipal de recursos hídricos, conselhos municipais, legislação municipal etc.).

Para futuras pesquisas, sugere-se englobar também indicadores correspondentes aos ODS 6.4.2 - Nível de stress hídrico: proporção das retiradas de água doce em relação ao total dos recursos disponíveis de água doce; 6.5.2 - Proporção das áreas de bacias hidrográficas transfronteiriças abrangidas por um acordo operacional para cooperação hídrica; 6.a.1 - Montante de ajuda oficial ao desenvolvimento na área da água e saneamento, inserida num plano governamental de despesa; 6.b.1 - Proporção das unidades administrativas locais com

políticas e procedimentos estabelecidos e operacionais para a participação das comunidades locais na gestão de água e saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTUPA, Y.; ARÉSTEGUI, D.; CASTRO, E.; CHOQUEVILCA, W.; GUZMÁN, G.; SÁNCHEZ, P. Aplicación de la metodología FPEIR al diagnóstico ambiental Del Humedal Lucre-Huacarpay. **Yachay - Revista Científico Cultural**, v. 6, n. 01, p. 90-114, 2018. <https://doi.org/10.36881/yachay.v6i01.33>

AGENDA 2030. **Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: Brasil, c2020. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/ods/6/>>. Acesso em: 02 out. 2020.

AGENDA 2030. **A Integração dos ODS**. Brasília: Brasil, c2021. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/os_ods/>. Acesso em: 03 abr. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Cadernos de capacitação em recursos hídricos Brasília: SAG, 2011, 64 p., v. 1. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao01.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília: Brasil, 2018, 74 p. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>>. Acesso em 14 out. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: Brasil, 2019a, 114 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **ODS 6 no Brasil**: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: Brasil, 2019b, 98 p. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6/ods6.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, Brasília, 2020. Águas no Brasil. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>>. Acesso em 03 out. 2020.

ARAÚJO, C. Brasil tem 40 milhões sem acesso à água. **Agência Amazônia de Notícias**, 14 mar. 2019. Notícias antigas. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/brasil-tem-40-milhaes-sem-acesso-a-a-gua.2019-03-14.4546006521>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

ARAÚJO, M. D. de; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Integrando a modelagem da alocação de água ao sistema de indicadores FPEIR: aplicação ao semiárido do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 1167-1181, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019184425>

ARTIGO 19. **Acesso à água e Saneamento para enfrentar a Covid-19 no Brasil**. São Paulo: Artigo 19, 2020. Disponível em: <<https://artigo19.org/wp-content/blogs.dir/24/files/2020/12/Acesso-a-agua-e-saneamento-para-enfrentar-a-Covid-19-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 10 abr 2021.

BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities. **Science**, v. 337, n. 6097, p. 914-915, 2012.

BEGA, J. M. M.; BORGES, A. V.; LAGO, C. A. F.; MENDES, J. P.; AZEVEDO, P. T.; SANTOS, W. J. R.; MARIOSA, D. F. Avaliação da Sustentabilidade dos Indicadores de Saneamento do Plano das Bacias PCJ 2020-2035. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 24, p. 1-19, 2021.

BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é – O que não é**. Petrópolis: Vozes, 2012.

BRASIL. Água no Mundo: situação da água no mundo. **Agência Nacional de Águas Saneamento Básico**, 2020a. Ações e Programas – Cooperação Internacional. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo#:~:text=Estima%2Dse%20que%2097%2C5,%25%20encontra%2Dse%20nos%20rios>>. Acesso em: 03 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Planalto, 1997.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 182 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020b. 183 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2021.

BRASIL DAS ÁGUAS. **A importância da água**. Brasília: Geeks Propaganda e Marketing, c2013. Disponível em: <<http://brasildasaguas.com.br>>. Acesso em: 02 out. 2020.

CEBDS. Conselho Empresarial Brasileiro pelo Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). **Gerenciamento de Riscos Hídricos no Brasil e o setor empresarial: desafios e oportunidades**. São Paulo: CTÁgua, 2015. Disponível em: <<https://cebds.org/publicacoes/gerenciamento-de-riscos-hidricos/#.YKgcELdKjZ4>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

CEREZINI, M. T. Segurança Hídrica em tempos de pandemia de Covid-19. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<http://rmrh.igam.mg.gov.br/ojs3/index.php/NM/article/view/32/51>>. Acesso em: 16 mai. 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Bacia Hidrográfica do Rio**

Piracicaba: síntese da situação atual dos recursos hídricos e comentários dos instrumentos de gestão disponíveis. São Paulo: Unicamp, 2001. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Jose_de_Assis_Tavares.pdf>. Acesso em: 21 set. 2020.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Surtos de Doenças de Veiculação Hídrica:** doenças de veiculação hídrica. São Paulo: 2021. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/atendimento-a-emergencia/surtos-de-doencas-de-veiculacao-hidrica/#:~:text=Doen%C3%A7as%20de%20veicula%C3%A7%C3%A3o%20h%C3%ADrica%20s%C3%A3o,%C3%A1gua%20utilizada%20para%20diferentes%20usos>>. Acesso em 11 nov. 2021.

CIAGRO. Portal Agro meteorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ciiagro.org.br/diario/cperiodo>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

CHAUVEL, M. A.; COHEN, M. (Org.) **Ética, Sustentabilidade e sociedade:** Desafios da nossa era. Rio de Janeiro: Mauad X, 2009.

CLIMATE. Clima São Paulo. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/aguas-de-sao-pedro-286881/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

COBRAPE. Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. **Relatório Final.** Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 - 2020, com propostas de atualização do Enquadramento dos Corpos d'Água e de Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água até o ano de 2035. Cobrape: Piracicaba, 2020. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/plano-bacias-2010-2020/PCJ_PB-2010-2020_RelatorioFinal.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

COMITÊS PCJ. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2019.** Versão simplificada. Ano Base – 2018. UGRHI 05 - Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2019.

COMITÊS PCJ. Comitês das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório da Situação dos Recursos Hídricos 2015:** UGRHI 05 - Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Versão Simplificada Ano Base - 2014. Piracicaba: Comitês PCJ e Agência das Bacias PCJ, 2015, 54 p. Disponível em: <http://www.comitespcj.org.br/images/Download/RS/PCJ_RS-2015_RelatorioFinal_CRH-SP.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

COMITÊS PCJ. Comitês das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório Síntese:** Plano De Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035. Piracicaba: Consórcio Profill-Rhama PCJ, 2020a. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-PCJ/19207/relatorio-sintese_pbh-pcj-2020-2035.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

COMITÊS PCJ. Comitês das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório Final:** Plano De Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035. Piracicaba: Consórcio Profill-Rhama PCJ, 2020b.

CONSÓRCIO PCJ. Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Nossa área de atuação: As Bacias PCJ. Americana: **Consórcio PCJ**, c2018. Disponível em: <<https://agua.org.br/nossa-area-de-atuacao/>>. Acesso em: 04 out. 2020.

CRHi. Coordenadoria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Relatório de situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica**: roteiro para elaboração e fichas técnicas dos parâmetros. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2019 Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/Roteiro_RS_ab2018.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2021.

DATASUS. Tecnologia da Informação a Serviço do SUS. **Morbidade Hospitalar SUS** – por local de residência. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/nrsp.def>> . Acesso em: 15 ago. 2021.

DEHEZA UGARTE, G. Reflexiones en torno a: Principios Básicos de La Investigación Científica. **Punto Cero**. Cochabamba, v. 5, n. 1, p. 36-39. Disponível em: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S181502762000000200007&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 01 mai. 2020.

DEMANBORO, A. C.; LAURENTIS, G. L.; BETTINE, S. do C. Cenários ambientais na bacia do rio Atibaia. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.18, n. 1, p. 27-37, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v18n1/a04v18n1.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2020.

DIAMOND, J. **Colapso**: como as sociedades escolhem os fracassos ou o sucesso. 5. ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Record, 2007.

DUARTE NETO, E. **Gestão integrada dos recursos hídricos**: saneamento básico na área metropolitana da sub-bacia do Rio Atibaia. 2005. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/287094>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

EEA. European Environment Agency. **Environmental indicators**: Typology and overview. Luxembourg: Technical report n. 25, 1999. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>>. Acesso em: 15 jun 2020.

EEA. European Environment Agency. **Environmental indicators**: Typology and Use in Reporting. Luxembourg: EEA internal working paper, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Peter-Bosch-3/publication/237573469_Environmental_Indicators_Typology_and_Use_in_Reporting/links/53e35f9c0cf23a7ff7494402/Environmental-Indicators-Typology-and-Use-in-Reporting.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water at a Glance**: The relationship between water, agriculture, food security and poverty. Nova York: FAO Fiat Panis, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ap505e/ap505e.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2020.

FELINTO, C. M. R.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Aplicação do Modelo Força

Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para Gestão dos Recursos Hídricos em João Pessoa-PB. **Revista DAE**, v. 67, n. 218, p. 118-136, 2019. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.038>

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007>

FRIENDS, A; RAPPORT, D. Towards a comprehensive framework for environmental statistics: a stress-response approach. [S.L.]: **Statistics Canada**, 1979. Disponível em: <https://projects.eionet.europa.eu/leac/library/background-papers-and-publications/rapport-friend_stress-response_statcanada_11-5101979.pdf/download/en/1/Rapport-Friend_Stress-Response_StatCanada_11-5101979.pdf?action=view>. Acesso em: 31 jul. 2020.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2018: UGRHI 05 - Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. Versão simplificada Ano Base - 2017**. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias Hidrográficas PCJ, 2018, 125 p. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-situacao-2018/relatorio-situacao-2018.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. **Plano Municipal de Recursos Hídricos: Município de Camanducaia. Síntese do Relatório Final, 2013 – 2020**, Camanducaia: Fundação Agência das Bacias Hidrográficas PCJ, 2020, 62 p. Disponível em: <<https://www.agenciapcj.org.br/docs/pmrh/pmrh-camanducaia-relatorio-sintese.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

GEO Brasil: **Recursos Hídricos: resumo executivo**. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

GIBSON, R. B. Beyond the pillars: Sustainability assessment as a framework for effective integration of social, economic and ecological considerations in significant decision-making. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 8, n. 3, p. 259–280, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, L. T.; MAGRINI, A. A proposal of indicators for sustainable development in the management of river basins. **Water Resour Manage**, v. 22, n. 9, p. 1191-1202, 2008. <http://doi.org/10.1007/s11269-007-9220-x>.

GUNNARSDOTTIR, M. J.; GARDARSSON, S. M.; FIGUERAS, M. J.; PUIGDOMÈNECH, C.; JUÁREZ, R.; SAUCEDO, G.; ARNEDO, M. J.; SANTOS, R.; MONTEIRO, S.; AVERY, L. Water safety plan enhancements with improved drinking water quality detection techniques. **Science of The Total Environment**, [S.L.], v. 698, p. 1-11, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134185>. Disponível em:

<<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969719341622?token=F6333C7F8642DE22098E475CCA8B39494467F33B56F54FF440E2574FB1EFC1CB83B6FB7561FC5F12524BD388D13CE6D5&originRegion=us-east-1&originCreation=20210522020053>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

GWP/OECD. Global Water Partnership/Organization for Economic Co-operation and Development. Securing Water, Sustaining Growth. **University of Oxford**, 2015. Disponível em: <<https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/the-global-dialogue/securing-water-sustaining-growth.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2020.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. **World Resources Institute**, 1995. Disponível em: <http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2020.

HASAN, H.; PARKER, A.; POLLARD, S. J. T. Whither regulation, risk and water safety plans? Case studies from Malaysia and from England and Wales. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 755, p. 1-16, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142868>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/sdfe/reader/pii/S0048969720363981/pdf>>. Acesso em 21 abr. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Brasília: Diário Oficial da União, 04 nov. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades: Conheça Cidades e Estados do Brasil**. Brasília: IBGE, c2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. E-book. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020. 352p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua): Características gerais dos domicílios e dos moradores 2019**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries Históricas e Estatísticas**. Disponível em: <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>> e <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP117#:~:text=IBGE%2C%202009.&text=Habitantes%20por%20unidade%20de%20superf%C3%ADcie%2C%20expressa%20pela%20express%C3%A3o%20hab%2Fkm2.&text=A%20densidade%20demogr%C3%A1fi>>

ca%20%C3%A9%20uma,popula%C3%A7%C3%A3o%20no%20espa%C3%A7o%20geogr%C3%A1fico%20considerado>. Acesso em: 15 ago. 2021.

IBM. International Business Machines. **Software IBM SPSS**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/analytics/spss-statistics-software>>. Acesso em: 15 out. 2021.

IISD. International Institute for Sustainable Development. **Bellagio Principles**, Winnipeg, IISDnet, 2000. Disponível em: <<https://www.iisd.org/focus-areas/act-together>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Glossário**. Disponível em: <[https://portal.inmet.gov.br/glossario/glossario#PTAXA GEOMETRICA CAMANDUCAIA E EXTREMA](https://portal.inmet.gov.br/glossario/glossario#PTAXA_GEOMETRICA_CAMANDUCAIA_E_EXTREMA)>. Acesso em: 15 out. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. E-book. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020. 352p.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Segurança hídrica para um planeta sob pressão**. Transição para a sustentabilidade: desafios interligados e soluções. Londres: Planet under Pressure, 2012. Disponível em: <http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water_FINAL_LR-portugues.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Agenda 2030**. Brasília: IPEA, 2018. E-book. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180801_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020. 546p.

IPPLAP. Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba. Piracicaba em traços e cores atuais. Piracicaba: **Ipplap**, 2015. Disponível em: <<https://ipplap.com.br/site/wp-content/uploads/2015/08/TRACOS-E-CORES-ATUAIS-site.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

JANNUZZI, P. de M. Indicadores para diagnóstico, monitoramento e avaliação de programas sociais no Brasil. **Revista Do Serviço Público**, v. 56, n. 2, p. 137-160, 2014. <https://doi.org/10.21874/rsp.v56i2.222>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2008.

MACHADO, F. H. **Proposição de Indicadores de Segurança Hídrica: Seleção, Validação e Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim, Jundiá – SP, Brasil**. 255 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/153669>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JUNIOR, A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**, [S.L.],

v. 17, n. 1, p. 7-20, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-12902008000100002>.

MEADOW, D. H. **Indicators and Information Systems for Sustainable Development**. Hartland: The Sustainability Institute, 1998. 78 p. Disponível em: <<https://donellameadows.org/wp-content/userfiles/IndicatorsInformation.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **Limites do Crescimento**: um relatório para o projeto do clube de roma sobre o dilema da humanidade. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.

MELO, C. R.; JOHNSON, M. F. O Conceito Emergente de Segurança Hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2017. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4325/pdf_5>. Acesso em: 01 jun. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. **Sobre a Doença**: como se proteger. Brasília: Governo Federal, 2020. Disponível em: <<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#como-se-proteger>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. OCDE Publishing, 307 p., 2015. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>. Disponível em: <https://read.oecd-ilibrary.org/governance/governanca-dos-recursos-hidricos-no-brasil_9789264238169-pt#page1>. Acesso em: 15 out. 2020.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development (2013b). Environment at a Glance 2013. OECD Indicators. **OECD Publishing**, 108 p., 2013. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264185715-en>. Disponível em: <https://read.oecd-ilibrary.org/environment/environment-at-a-glance-2013_9789264185715-en#page4>. Acesso em: 10 jul. 2020.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. **Environmental Indicators**: towards sustainable development. Environment, 2001, 152 p. Disponível em: <<https://www.oecd.org/site/worldforum/33703867.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2020.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. **OECD environmental indicators**: development, measurement and use. Reference Paper, 2003, 37 p. Disponível em: <<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2020.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. A synthesis report by the Group on the State of the Environment. Environment monographs, 1983. OECD, 1993, 39 p. Disponível em: <[https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(93\)179&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(93)179&docLanguage=En)>. Acesso em: 21 maio 2021.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. **Water security for better lives**: a summary for policymakers. OECD, 2013a, 16 p. Disponível em:

<<https://www.oecd.org/env/resources/Water%20Security%20for%20Better%20Lives-%20brochure.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2020.

OGA Brasil. Observatório das Águas. **Água e Coronavírus**: Monitoramento das medidas para garantir saneamento em tempos de pandemia. Brasília: Oga Brasil, 2020. Disponível em: <<https://observatoriodasaguas.org/agua-e-coronavirus-monitoramento-das-medidas-para-garantir-saneamento-em-tempos-de-pandemia/>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

OLIVEIRA, G. C. de S.; CURI, R. C.. Análise de metodologias de avaliação da sustentabilidade hidroambiental segundo BellagioSTAMP. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 275-288, 2018. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2018.003.0022>.

ONDAS. Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento. **Água como Direito**: Tarifa Social como Estratégia para a Acessibilidade Econômica. 1. ed. Organização Ricardo de Sousa Moretti e Ana Lucia Britto. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021.

ONU-BR. Organização das Nações Unidas - Brasil. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Nações Unidas Brasil, c2021. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 02 out. 2020.

PACTO GLOBAL. Rede Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Un Global Compact, 2021. Disponível em <<https://pactoglobal.org.br/ods>>. Acesso em: 19 out. 2020.

PINTÉR, L.; HARDI, P.; MARTINUZZI, A.; HALL, J. Bellagio STAMP: principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 17, p. 20-28, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.001>

PNUD-BR. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Pnud, c2021. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals.html>>. Acesso em: 19 out. 2020.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Metodologia para a elaboração de Relatórios GEO Cidades**: Manual de Aplicação, Versão 2. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Escritório Regional para a América Latina e o Caribe. Brasília: Pnuma, 2004.

PORTO, D. T.; BASSO, L. A.; STROHAECKER, T. M. Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Mampituba, Região Sul do Brasil, utilizando a matriz FPEIR. **Geosul**, v. 34, n. 72, p. 28-50, 2019. <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p28>

PREFEITURA MUNICIPAL DE EXTREMA – MG. Serviços Públicos de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário: Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI). **Caderno 01 revisado**. Estudos de viabilidade técnica – relatório de análise e viabilidade técnica. PLANEX S/A, 2021. Disponível em: <<https://www.extrema.mg.gov.br/imprensaoficial/wp-content/uploads/2021/08/Caderno-1-Estudo-de-Viabilidade-Tecnica.pdf>>. Acesso em: 19 out 2021.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Coronavírus**. São Paulo, Governo do Estado: Sabesp, 2020. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=8299>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: incluyente, sustentável e sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SANTOS, A. C. dos; REIS, A.; MENDIONDO, E. M. Segurança hídrica no Brasil: situação atual, principais desafios e perspectivas futuras. **Revista Dae**, [S.L.], v. 68, n. 225, p. 167-179, 2020. <http://dx.doi.org/10.36659/dae.2020.060>

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **População deve chegar a quase 3,5 milhões na RMC em 2030**. São Paulo, Governo do Estado: Fundação Seade, 2020a. Disponível em: <<https://www.seade.gov.br/populacao-deve-chegar-a-quase-35-milhoes-na-rmc-em-2030/>>. Acesso em 29 set. 2020.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Sistema Seade de Projeções Populacionais**. São Paulo, Governo do Estado: Fundação Seade, 2020b. Disponível em: <<http://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/>>. Acesso em 12 dez. 2020.

SEADE. Fundação SEADE. **Perfil dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://perfil.seade.gov.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/s1414753x2007000200009>>.

SIGRH. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. CBH-PCJ: Apresentação. São Paulo, Governo do Estado: **Coordenadoria de Recursos Hídricos**, 2020. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>>. Acesso em: 04 out. 2020.

SOARES, A. B.; SILVA FILHO, J. C. L. da; SÁ DE ABREU, M. C.; ASSIS SOARES, F. de. Revisando a estruturação do modelo DPSIR como base para um sistema de apoio à decisão para a sustentabilidade de bacias hidrográficas. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 4, n. 3, p. 521-545, 2011. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2011v4n3p%25p>

SOUZA, C. F. C. de S.; MASTRODI NETO, J.; SOUZA, C. C. de; FRAINER, D. M. Índice de Desenvolvimento Econômico (IDE): cálculo para municípios da Região Metropolitana de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [S.L.], G&DR. v. 16, n. 3, p. 17-30, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0039>

SPANGENBERG, J. H.; DOUGUET, J.M.; SETTELE, J.; HEONG, K. L. Escaping the lock-in of continuous insecticide spraying in rice: developing an integrated ecological and socio-political DPSIR analysis. **Ecological Modelling**, [S.L.], v. 295, p. 188-195, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.05.010>.

SUN, S.; WANG, Y.; LIU, J.; CAI, H.; WU, P.; GENG, Q.; XU, L. Sustainability assessment of regional water resources under the DPSIR framework. **Journal of Hydrology**, [S.L.], v. 532, p. 140-148, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.11.028>.

THE WORLD BANK. Recovering Water: A Results-Based Approach to Water Supply and Sanitation in Brazil's São Paulo State. **World Bank Group**, 2018. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/results/2018/05/07/approach-to-water-supply-and-sanitation-brazil-sao-paulo-state>>. Acesso em: 24 out. 2020.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos: Scienza, 2020.

UNCED. United Nations Conference on Environment and Development. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, Junho 1992, Brasil. Rio de Janeiro: United Nations Sustainable Development, UNSD, 1992. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. **Water Security**. Unesco, 2019. Disponível em: <<https://en.unesco.org/themes/water-security>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

UNESCO; UNESCO i-WSSM. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization; International Centre for Water Security and Sustainable Management. **Water Security and the Sustainable Development Goals**. Unesco / Unescoi-Wssm, 2019, 212 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000367904&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_0ef4ee7a-8fd4-4909-9572-b17a7cc4e8eb%3F_%3D367904eng.pdf&locale=en&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000367904/PDF/367904eng.pdf#WaterWeb.indd%3A.32912%3A24>. Acesso em: 17 out. 2020.

UN-WATER. United Nations Water. **What is Water Security?** Infographic. Nova York: UN-Water, 2013a. Disponível em: <<https://www.unwater.org/publications/water-security-infographic/#:~:text=%E2%80%9CThe%20capacity%20of%20a%20population,ecosystems%20in%20a%20climate%20of%20>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

UN-WATER. United Nations Water. **Water Security and the Global Water Agenda**. Nova York: UN-Water, 2013b. Disponível em: <<https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/>>. Acesso em: 10 out. 2020.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cad. EBAPE.BR**, v. 2, n. 1, p. 01-14, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1679-39512004000100002>

VEIGA, J. E. Indicadores de Sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>.

VEIGA, J. E. **Para entender o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora 34, 2015.

WATERAID. Water security framework. Londres: WaterAid, 2012. Disponível em: <<https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxooof256/files/download-our-water-security-framework.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2020.

WATERAID. Water security. Londres: WaterAid, 2020. Disponível em: <<https://washmatters.wateraid.org/water-security>>. Acesso em: 10 out. 2020.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Our Common Future: The Brundtland Report**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WFD. Water Framework Directive. **Guidance for the analysis of Pressures and Impacts in accordance with the Water Framework Directive**. Pressure and Impacts Analysis Final, 2002. Disponível em: <http://www.bipro.de/_prtr/documents/impress.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.

WHO; UNICEF. World Health Organization; United Nations International Children's Emergency Fund. **Hand Hygiene for All Global Initiative**. Organização Mundial da Saúde, UNICEF, 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/m/item/hand-hygiene-for-all-global-initiative>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

WWC. World Water Council. **A Pact for a Water Security World**. World Water Council 2013 - 2015 Strategy. Marseille: WWC Strategy, 2013. Disponível em: <https://www.worldwatercouncil.org/sites/default/files/Official_docs/WWC_Strategy_2013-2015_-_A_Pact_for_Water_Security.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

WWC. World Water Council. **Water and Climate Change**. Conselho Mundial da Água, c2020. Disponível em: <<https://www.worldwatercouncil.org/en/water-and-climate-change>>. Acesso em: 16 de out. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YOSHII, M. P. C.; CETRULO, T. B.; MALHEIROS, T. F. Boas práticas para a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo de caso no município de Piracicaba SP. **Revista Dae**, [S.L.], v. 67, n. 219, p. 115-127, 2019. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.049>.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Aprovação do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Indicadores de sustentabilidade para gestão da segurança hídrica nas Bacias Hidrográficas PCJ.

Pesquisador: Jakeline Pertile Mendes

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 39927320.2.0000.5481

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUC/ CAMPINAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.424.792

Apresentação do Projeto:

O projeto elege as Bacias Hidrográficas como objeto. Em regiões metropolitanas, como é o caso da de Campinas (RMC), o crescimento populacional e adensamento demográfico é derivado da industrialização e disponibilidade hídrica, o que torna as Bacias Hidrográficas desses entornos cada vez mais comprometidas em abastecer as comunidades ao redor, seja pela quantidade, qualidade da água, entre outros fatores. Sendo assim, espera-se aprofundar os conhecimentos em indicadores de sustentabilidade para a segurança hídrica em Bacias Hidrográficas, e para isso, irá verificar quais indicadores contribuem para a gestão dos recursos hídricos, de acordo com as dimensões da Segurança Hídrica, pré-estabelecidas pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica, bem como o Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta. O método de pesquisa caracteriza-se como exploratório qualitativo. Como procedimento técnico será realizado um questionário online, que será disponibilizado aos gestores (as) e colaboradores (as) da Câmara Técnica de Conservação e Proteção dos Recursos Naturais (CT-RN), e seus respectivos Grupos de Trabalho: Indicadores e Monitoramento, Áreas Protegidas e Mananciais dos Comitês PCJ. A escolha do objeto de estudo justifica-se pois as Bacias Hidrográficas PCJ, localizada na região metropolitana de Campinas, está posicionada em um território estratégico sob o ponto de vista econômico e político. Como resultados, espera-se que o estudo dos indicadores de sustentabilidade contribuam para melhor gestão da segurança hídrica das Bacias Hidrográficas PCJ, possibilitando a replicação do estudo em outras Bacias Hidrográficas.

Endereço: Rua Professor Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 1516
Bairro: Parque Rural Fazenda Santa Cândida **CEP:** 13.087-571
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3343-6777 **Fax:** (19)3343-6777 **E-mail:** comitedeetica@puo-campinas.edu.br



Continuação do Parecer: 4.424.702

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo dessa pesquisa é analisar um conjunto de indicadores de segurança hídrica visando dar suporte à gestão de recursos hídricos nas Bacias Hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiá, considerando como referência as dimensões da segurança Hídrica, conforme Plano Nacional de Segurança, em consonância ao Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A atual pesquisa apresenta risco mínimo de constrangimento aos participantes, mas, se caso no momento de responder ao questionário o participante sinta que seus direitos estão sendo violados e se sentir constrangido, o mesmo poderá interromper a sua participação a qualquer momento. Como benefícios, o desenvolvimento da pesquisa pode contribuir para o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável - ODS 6, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e adequada. Relevante por considerar o objeto. Adequada pelo desenho metodológico.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE está adequado. Prevê riscos e benefícios e a proteção dos participantes em casos de constrangimento.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após atendimento do solicitado pelo CEP, consideramos o projeto aprovado. Não há mais pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Dessa forma, e considerando a Resolução CNS nº. 466/12, Resolução CNS nº 510/16, Norma Operacional 001/13 e outras Resoluções vigentes, e, ainda que a documentação apresentada atende ao solicitado, emitiu-se o parecer para o presente projeto: Aprovado. Conforme a Resolução CNS nº. 466/12, Resolução CNS nº 510/16, Norma Operacional 001/13 e outras Resoluções vigentes, é atribuição do CEP "acompanhar o desenvolvimento dos projetos, por meio de relatórios semestrais dos pesquisadores e de outras estratégias de monitoramento, de acordo com o risco inerente à pesquisa". Por isso o/a pesquisador/a responsável deverá encaminhar para

Endereço: Rua Professor Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 1516
 Bairro: Parque Rural Fazenda Santa Cândida CEP: 13.087-571
 UF: SP Município: CAMPINAS
 Telefone: (19)3343-6777 Fax: (19)3343-6777 E-mail: comitedeetica@puc-campinas.edu.br



Continuação do Parecer: 4.424.792

o CEP PUC Campinas os Relatórios Parciais a cada seis meses e o Relatório Final de seu projeto, até 30 dias após o seu término.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1832570.pdf	24/11/2020 13:51:13		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_versao_24_novembro.pdf	24/11/2020 13:50:13	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Outros	Carta_CEP.pdf	24/11/2020 13:47:29	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Demonstrativo_de_infraestrutura.jpg	23/10/2020 09:36:48	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Orçamento	Declaracao_de_Custos_e_Recursos.jpg	23/10/2020 09:36:28	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_Pesquisa.jpg	23/10/2020 09:36:01	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Outros	Oficio_autorizacao_Comites_PCJ.pdf	14/10/2020 19:06:57	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Comite_de_Etica.pdf	14/10/2020 19:01:06	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Outros	Questionario.pdf	14/10/2020 18:55:54	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	14/10/2020 18:38:22	Jakeline Pertile Mendes	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Jakeline_Mendes.pdf	14/10/2020 18:35:37	Jakeline Pertile Mendes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Professor Doutor Eurycides de Jesus Zerbini, 1516
 Bairro: Parque Rural Fazenda Santa Cândida CEP: 13.087-571
 UF: SP Município: CAMPINAS
 Telefone: (19)3343-6777 Fax: (19)3343-6777 E-mail: comitedetica@puc-campinas.edu.br



Continuação do Parecer: 4.424.792

CAMPINAS, 27 de Novembro de 2020

Assinado por:
Mário Edvin GreTERS
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Professor Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 1516
Bairro: Parque Rural Fazenda Santa Cândida CEP: 13.087-571
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3343-6777 Fax: (19)3343-6777 E-mail: comitedeetica@puc-campinas.edu.br

APÊNDICE B – Questionário Segurança Hídrica

Questionário para fins acadêmicos - Segurança Hídrica

Pesquisa: Indicadores de Sustentabilidade para Gestão da Segurança Hídrica nas Bacias Hidrográficas PCJ.

Pesquisadora: Mestranda em Sustentabilidade Jakeline Pertile Mendes

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

Segurança Hídrica

Conforme a ONU (2013), segurança hídrica é a capacidade de uma população garantir a sustentabilidade quanto ao acesso a quantidade adequada de água e qualidade aceitável, para que seja possível sustentar os meios de subsistência, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico, garantindo a proteção contra a poluição e desastres hídricos, preservando os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política. Segundo a GWP/OECD (2015), a segurança hídrica visa aproveitar as oportunidades relacionadas à água e gerenciar os seus riscos, atendendo ao mesmo tempo às demandas sociais e ambientais, facilitando o crescimento sustentável e melhorando o bem-estar.

Baseada nas definições descritas acima, e visando atender a pesquisa de mestrado em andamento, que tem por objetivo analisar um conjunto de indicadores de sustentabilidade para a segurança hídrica a fim de apresentar uma proposta de aplicação como instrumento de gestão dos recursos hídricos nas Bacias Hidrográficas PCJ, expresse sua opinião sobre quais indicadores considera fundamentais para garantia da segurança hídrica.

Questionário de pesquisa e informações para o preenchimento

Na sequência, segue um conjunto de indicadores selecionados, pensando na segurança hídrica das Bacias Hidrográficas PCJ.

Avalie e responda, conforme grau de importância, considerando que assinalar na escala o mais próximo de 0 é sem importância e mais próximo a 10 é muito importante, conforme ilustrado na escala a seguir:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sem importância	Pouca importância		Importante		Muito importante					

2. Crescimento Populacional *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

3. Comentários

4. Demanda de Água *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

5. Comentários

6. Qualidade das Águas Superficiais *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

7. Comentários

8. Qualidade das Águas Subterrâneas *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

9. Comentários

10. Disponibilidade de Águas Superficiais *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

11. Comentários

12. Disponibilidade de Águas Subterrâneas *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

13. Comentários

14. Perdas do Sistema de Distribuição de Água *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

15. Comentários

16. Doenças de Veiculação Hidrica *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

17. Comentários

18. Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante									

19. Comentários

21. Na sua opinião, quais as combinações abaixo causam maior impacto para a segurança hídrica nas Bacias Hidrográficas PCJ? Considerando de 1 a 5, sendo o numerado em 1 a combinação MAIS importante e o numerado em 5 a MENOS importante. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Demanda de água X Disponibilidade de águas superficiais	<input type="radio"/>				
Disponibilidade de águas superficiais X Perdas do sistema de distribuição de água	<input type="radio"/>				
Crescimento populacional X Coleta e disposição de resíduos sólidos	<input type="radio"/>				
Demanda de água X Perdas do sistema de distribuição de água	<input type="radio"/>				
Crescimento populacional X Disponibilidade de águas superficiais	<input type="radio"/>				

22. Se tivesse que escolher apenas um indicador para segurança hídrica das Bacias Hidrográficas PCJ, qual seria?

23. Adicione comentários ou uma proposição de indicadores de segurança hídrica, considerando as possibilidades e a aplicabilidade nas Bacias Hidrográficas PCJ.

APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Prezado (a) membro ou colaborador (a) da Câmara Técnica de Conservação e Proteção Recursos Naturais (CT-RN). Grupo de trabalho: Indicadores e Monitoramento da Agência das bacias PCJ.

Eu, Jakeline Pertile Mendes, aluna do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da PUC-Campinas, sob a orientação da Profa. Dra. Denise Helena Lombardo Ferreira e coorientação da Profa. Dra. Cibele Roberta Sugahara, venho convidá-lo (a) a participar da pesquisa intitulada “Indicadores de sustentabilidade para gestão da segurança hídrica nas Bacias Hidrográficas PCJ”.

Trata-se de uma pesquisa de mestrado que tem como objetivo principal analisar um conjunto de indicadores de segurança hídrica visando dar suporte à gestão de recursos hídricos considerando como referência as dimensões da Segurança Hídrica, conforme Plano Nacional de Segurança, em consonância ao Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR).

A sua participação nessa pesquisa consiste em responder um questionário *online*, enviado por *email* via *google forms*. O arquivo do questionário será mantido sob guarda da pesquisadora responsável pelo prazo de 5 (cinco) anos, e destruído após esse período. As informações do questionário serão utilizadas para a realização do presente estudo e em possíveis publicações científicas, preservando o seu nome e o da instituição.

O envolvimento no estudo é voluntário, sem ônus, não gerando qualquer vínculo ou remuneração pelas informações. O participante tem a liberdade de desistir da pesquisa quando desejar, sem necessidade de qualquer explicação, e isso não lhe trará prejuízos de qualquer ordem.

A pesquisa apresenta risco mínimo de constrangimento aos participantes, mas, se caso no momento de responder ao questionário o participante sentir-se constrangido, ou que seus direitos estão sendo violados, poderá interromper a sua participação a qualquer momento. As informações serão utilizadas apenas para os fins de realização do presente estudo e todos os resultados serão guardados de forma sigilosa e confidencial por 5 (cinco) anos, em poder da pesquisadora responsável, a qual manterá os dados arquivados, sem riscos de perda dessa coleta de dados.

Os benefícios da pesquisa envolvem a geração de conhecimentos científicos sobre as práticas de indicadores de segurança hídrica e sua aplicabilidade em Bacias Hidrográficas para

uma melhor gestão, visando a sustentabilidade, que poderá ser passível de desenvolvimentos e melhorias, além de oportunamente ser replicada. Pretende-se divulgar os resultados e propor melhorias, podendo servir como ferramenta para as tomadas de decisões de gestores (as) e colaboradores (as) envolvidos (as) na Agência das Bacias PCJ, entre outros.

Para quaisquer dúvidas que surgir durante a realização da pesquisa ou mesmo depois do seu encerramento, o (a) Sr (a). poderá entrar em contato para esclarecê-las com Jakeline Pertile Mendes, pesquisadora responsável. Telefone (19) 99713-5910. E-mail: jakelinepertilemendes@gmail.com.

Questões de ordem ética podem ser esclarecidas junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da PUC- Campinas, que analisou e aprovou a pesquisa. Para tanto, o horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 8h às 12h e das 13h às 17h. Telefone (19) 3343-6777. E-mail: comitedeetica@puc-campinas.edu.br. Endereço: Rua Professor Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 1.516 – Parque Rural Fazenda Santa Cândida – CEP 13087-571 - Campinas – SP.

Eu, _____, RG nº _____
declaro ter sido informado (a) e concordo em participar, como voluntário (a), do projeto de pesquisa acima descrito.

Campinas, ____ de _____ de _____.

Assinatura do (a) participante