

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS**  
**ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM**  
**SUSTENTABILIDADE**

**NILTON LÚCIO JULIÃO**

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: proposta de uma matriz de avaliação dos indicadores de sustentabilidade das ações propostas no Plano de Bacias 2020 / 2035 dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**

**CAMPINAS**

**2024**

NILTON LÚCIO JULIÃO

PUC Campinas	GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: proposta de uma matriz de avaliação dos indicadores de sustentabilidade das ações propostas no Plano de Bacias 2020 / 2035 dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí	2024
--------------	--	------

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS  
ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM  
SUSTENTABILIDADE**

**NILTON LÚCIO JULIÃO**

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: proposta de uma matriz de avaliação dos indicadores de sustentabilidade das ações propostas no Plano de Bacias 2020 / 2035 dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade, Mestrado em Sustentabilidade, da Escola de Economia e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade.

**Orientador:** Prof. Dr. Duarcides Ferreira Mariosa

**CAMPINAS  
2024**

---

Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI  
Gerador de fichas catalográficas da Universidade PUC-Campinas  
Dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Julião, Nilton Lucio

J94g

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS : PROPOSTA DE UMA MATRIZ DE AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DAS AÇÕES PROPOSTAS NO PLANO DE BACIAS 2020/2035 DOS COMITÊS DAS BÁCIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ / Nilton Lucio Julião. - Campinas: PUC-Campinas, 2024.

93 f.

Orientador: Duarcides Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Sustentabilidade) - Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade, Escola de Economia e Negócios, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2024.

Inclui bibliografia.

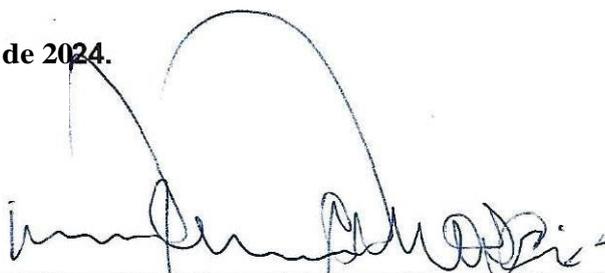
1. Bacias Hidrograficas. 2. Desenvolvimento Sustentável . 3. Gerenciamento Ambiental. I. Ferreira, Duarcides . II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola de Economia e Negócios. Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade. III. Título.

**NILTON LUCIO JULIÃO**

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: proposta de uma matriz de avaliação dos indicadores de sustentabilidade das ações propostas no Plano de Bacias 2020 / 2035 dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**

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

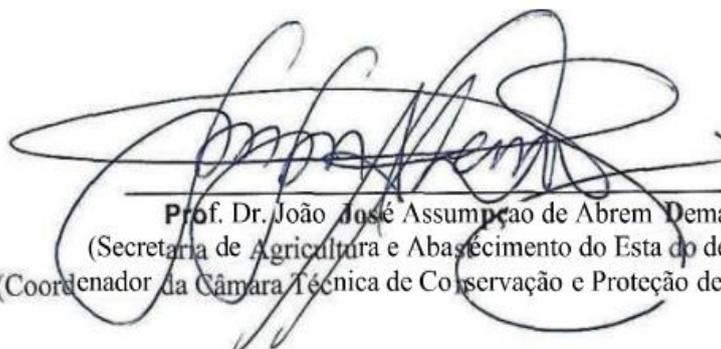
APROVADA: 20 de fevereiro de 2024.



Prof. Dr. Duarc dos **Ferreira Marinho**  
(Orientador- PUC-CAMPINAS)



Prof. Dr. Orandi **Mina Falsarella**  
(PUC-CAMPINAS)



Prof. Dr. João José Assumpção de Abreu Demarehi  
(Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo)  
(Coordenador da Câmara Técnica de Conservação e Proteção de Recursos Naturais)

## **DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS**

A finalização do curso de mestrado me apresentou um universo que até então era totalmente desconhecido e bem diferente do que eu imaginava. Meu início no mestrado se apresentou com inúmeras dificuldades, principalmente quando iniciamos o projeto de pesquisa e eu apresentei uma ideia de análise de indicadores, mas ainda não apresentava uma estrutura lógica e que foi tomando forma a partir das ações do meu orientador. Hoje refletindo sobre todo caminho percorrido e a experiência adquirida durante o curso de consigo refletir sobre a importância da pesquisa para meu projeto de dissertação e principalmente para sociedade.

Agradeço primeiramente a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, permitindo que tivesse saúde e determinação para ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização desse trabalho. Agradeço meus familiares e amigos em especial minha esposa Paula e meus filhos Pedro e Vitor por todo o apoio e compreensão a minha ausência enquanto eu me dedicava aos estudos durante todas as noites e aos finais de semana.

Meus agradecimentos aos meus colegas de classe Elias, Afonso, Bruna, Danielle e Rodrigo pelas trocas de informação, escutas parcerias nos trabalhos e as ricas discussões sobre a dissertação.

Dedico esse trabalho ao curso de Mestrado em Sustentabilidade da PUC Campinas, que nos proporcionou um ensino de qualidade, contribuindo para fosse possível alcançar um nível de excelência ao final do curso e apresentar nossa contribuição para sociedade através da dissertação e ao programa de bolsa de estudo da CAPES que concedeu a oportunidade de participar do PROGRAMA DE SUPORTE A PÓS GRADUAÇÃO e ao corpo docente a quem fico lisonjeado por ter sido discente e em especial ao professor Duarcides por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com muita dedicação, maestria e acima de tudo paciência e respeito as minhas limitações.

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

## RESUMO

O rápido crescimento populacional, a urbanização e a industrialização geraram um grande impacto no sistema hídrico mundial, e os estudos mostram que até 2050 a demanda por água deve aumentar de forma significativa devido ao crescimento populacional, que pode saltar de 7,7 bilhões de pessoas, atualmente, para 10,2 bilhões até 2050. A Política Nacional de Recursos Hídricos foi criada para regular a gestão dos recursos hídricos, e nela encontra-se a gestão das Bacias Hidrográficas do país, geridas pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, ainda em processo de implementação em algumas regiões, e já totalmente implementado na região Sudeste, servindo como referência nacional na gestão dos recursos hídricos e contando com total participação dos setores públicos, privado e da população. A região Sudeste do Brasil é considerada um dos principais polos econômico do país, e São Paulo lidera esse ranking, com disponibilidade hídrica garante à região destaque na economia nacional, e com grande parte da água utilizada é disponibilizada pelas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, formando o conjunto de Bacias PCJ. Devido ao rápido desenvolvimento da região, as Bacias PCJ foram fortemente impactadas pelo aumento da demanda hídrica. Em busca da disponibilidade hídrica da região, criou-se um plano estratégico com propostas, metas, prioridades, ações e os recursos financeiros denominado Plano de Bacias PCJ 2020 a 2035. Baseando-se nesse relatório, este trabalho tem como objetivo selecionar ações de maior prioridade do Plano de Bacias PCJ 2020 a 2035, criar uma matriz para avaliar as ações selecionados com base nas dimensões ambiental, econômica e social da sustentabilidade, a fim de identificar possíveis impactos na implementação das ações definidas no plano, e contribuir para que possíveis impactos sejam identificados antes de implementados. O presente estudo caracteriza-se como sendo uma pesquisa exploratória, de base bibliográfica e documental. Utiliza para coleta e análise dos dados técnicas de abordagem mista, qualitativa e quantitativa, com o propósito de avaliar os indicadores de sustentabilidade das ações de gestão dos recursos hídricos das Bacias PCJ. A análise apresentou uma baixa eficiência nos planos de planejamento, execução, identificação dos riscos, nas medidas de controle e plano de emergência para possíveis cenários adversos, não garantindo explicitamente os aspectos que têm relação com o desenvolvimento sustentável no que se refere à gestão dos recursos hídricos. Para pesquisas futuras recomenda-se que além das análises documentais realizadas seja feita entrevistas com a comissão do Plano de Bacias PCJ para que seja possível alcançar um maior detalhamento das discussões e que questionar as tomadas de decisões em relação a classificação das prioridades, valores definidos para investimentos e quais os planos emergências em caso de não atendimento dos respectivos planos e assim realizar uma análise mais detalhada sobre os impactos nos três pilares da sustentabilidade e sugerir ações mais assertivas em relação as medidas de contenção.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade Hídrica; Gestão de recursos hídricos; Indicadores para a gestão de recursos hídricos; Plano de bacias; Plano de bacias PCJ

## ABSTRACT

Rapid population growth, urbanization and industrialization have had a major impact on the world's water system, and studies show that by 2050 the demand for water is expected to increase significantly due to population growth, which could jump from 7.7 billion people today to 10.2 billion by 2050. The National Water Resources Policy was created to regulate the management of water resources, and it includes the management of the country's River Basins, managed by the River Basin Committees, which are still in the process of being implemented in some regions, and have already been fully implemented in the Southeast, serving as a national reference in the management of water resources and counting on the full participation of the public and private sectors and the population. The Southeast region of Brazil is considered one of the country's main economic hubs, and São Paulo leads this ranking, with water availability guaranteeing the region prominence in the national economy, and with much of the water used being made available by the Piracicaba, Capivari and Jundiaí River Basins, forming the PCJ Basins. Due to the rapid development of the region, the PCJ Basins have been strongly impacted by the increase in water demand. In search of water availability in the region, a strategic plan was created with proposals, goals, priorities, actions and financial resources called the PCJ Basin Plan 2020 to 2035. Based on this report, this work aims to select the highest priority actions from the PCJ Basin Plan 2020 to 2035, create a matrix to evaluate the selected actions based on the environmental, economic and social dimensions of sustainability, in order to identify possible impacts on the implementation of the actions defined in the plan, and contribute to possible impacts being identified before they are implemented. This study is characterized as exploratory research, based on bibliography and documents. It uses mixed qualitative and quantitative techniques to collect and analyze data, with the aim of evaluating the sustainability indicators of water resource management actions in the PCJ Basins. The analysis showed low efficiency in planning, execution, risk identification, control measures and emergency plans for possible adverse scenarios, and did not explicitly guarantee the aspects related to sustainable development in terms of water resource management. For future research, it is recommended that, in addition to the documentary analysis carried out, interviews be conducted with the PCJ Basin Plan commission so that it is possible to go into greater detail in the discussions and question the decision-making process in relation to the classification of priorities, the amounts set for investments and the emergency plans in the event of the respective plans not being met, in order to carry out a more detailed analysis of the impacts on the three pillars of sustainability and suggest more assertive actions in relation to containment measures.

**Keywords:** Water sustainability; Water resources management; Indicators for water resources management; Basin plan; PCJ basin plan

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PCJ	Piracicaba, Capivari e Jundiá
CT-PL	Câmara Técnica de Planejamento dos Comitês PCJ
CBH-PCJ	Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1	Estrutura do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035	24
Figura 2	Prioridades da Gestão dos Recursos na Bacias PCJ	25
Figura 3	Percentual de investimentos totais por temas estratégicos	26
Figura 4	Etapas do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035	40

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> - Critérios para a avaliação da sustentabilidade proposto por Gibson.....	44
<b>QUADRO 2</b> - Tabela de avaliação seguindo os critérios proposto por Gibson.....	45
<b>QUADRO 4</b> - Síntese das informações dos Planos de Ações ; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
<b>QUADRO 5</b> - Avaliação da ação 1.1.2.5 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson .....	55
<b>QUADRO 6</b> - Avaliação da ação 2.1.1.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson .....	60
<b>QUADRO 7</b> - Avaliação da ação 3.1.2.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson .....	63
<b>QUADRO 8</b> - Avaliação da ação 4.3.2.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson .....	67
<b>QUADRO 9</b> - Avaliação da ação 5.1.1.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson .....	72

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1 A CRISE HÍDRICA E SUAS ORIGENS.....	11
1.2 EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	15
1.2.1 A perspectiva e contribuição das Nações Unidas .....	15
1.2.2 A política nacional de recursos hídricos no Brasil .....	18
1.3 A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ.....	22
1.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....	27
1.4.1 Hipótese de trabalho .....	27
1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	28
1.5.1 Objetivo Geral .....	28
1.5.2 Objetivos específicos .....	28
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	29
2.1 SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES .....	29
2.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	30
2.2.1 Pegada hídrica.....	32
2.3 INDICADORES PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES .....	33
2.3.1 Águas subterrâneas .....	35
2.4 PLANO DE BACIAS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES .....	37
2.4.1 Bacias hidrográficas e o reuso das águas.....	38
2.5 PLANO DE BACIAS PCJ: CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	39
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, MATERIAIS E MÉTODOS .....	42
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	42

3.1.1 Matrizes de avaliação da sustentabilidade proposta por Gibson .....	43
3.1.2 APLICAÇÕES DO MÉTODO E ACHADOS DA PESQUISA .....	52
4. RESULTADOS .....	54
4.1 ANÁLISES DOS RESULTADOS ENCONTRADOS.....	54
4.2 Códigos das ações .....	54
4.2.1 Códigos de ação 1.1.2.5 .....	54
4.2.2 Códigos de ação 2.1.1.1 .....	59
4.2.3 Código de ação 3.1.2.1.....	62
4.2.4 Códigos de ação 4.3.2.1 .....	66
4.2.5 Códigos de ação 5.1.1.1 .....	69
4.2.6 Código de ação 6.2.3.1.....	74
4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	79
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

## 1. INTRODUÇÃO

Como todo e qualquer recurso indispensável à sobrevivência humana, a água insere-se numa trama complexa em que às suas características naturais se somam os efeitos cumulativos da interferência humana, exigindo que os muitos aspectos e dimensões que a comportam sejam vistos e percebidos em sua interdependência. A gestão sustentável dos recursos hídricos refere-se a este olhar.

De fato, recuperando-se a historicidade do fenômeno hídrico no Brasil, diante da baixa densidade demográfica e a pouca intensidade com que seu uso e consumo eram praticados pelas primeiras populações, pode-se afirmar que a disponibilidade de água fazia crer na eterna abundância e, até mesmo, na impossibilidade de seu esgotamento. Todavia, com a ocupação territorial e o desenvolvimento de várias atividades econômicas associadas aos processos hídricos, como o abastecimento das vilas e cidades, a agricultura, pesca e criatórios de animais para o fornecimento de alimentos, o garimpo de metais e de pedras preciosas e o transporte hidroviário, a realidade mostrou-se outra. Sem a necessária preocupação com a preservação, conservação e manuseio adequado das fontes, o modelo exploratório de desenvolvimento da economia propiciou que fossem criados cenários diversos de consumo de água. Mesmo que considerando a prosperidade de cada cidade ou região do país observado, os impactos no sistema hídrico tornaram-se ambiental e socialmente seletivos. A escassez dos recursos hídricos foi a contrapartida dos benefícios alcançados pelos setores economicamente privilegiados.

### 1.1 A CRISE HÍDRICA E SUAS ORIGENS

Liu e Savenije (2008) destacam que, com o aumento da população, os aglomerados urbanos começaram a sofrer com a escassez de água, dando início às medidas de racionalização e controle do acesso às fontes hídricas. Entre estas, em anos mais recentes, colocou-se especial atenção à quantificação do uso direto da água doce para elaboração de um produto, ou para suprir as necessidades do consumo humano e de animais, como, também, quantificando-se o uso indireto necessário ao longo de toda a cadeia produtiva ou todos os processos, até que um produto ou serviço possa ser utilizado.

Harvey (2020) aponta para a difícil situação dos estados em relação à gestão hídrica, confirmando a necessidade de regular as atividades econômicas e os recursos naturais de uso privado e público, criando um clima pacífico de negócios, em que se

procura manter o equilíbrio entre as partes, mas reforçando o protagonismo das ações para os agentes estatais.

Tais preocupações postas pelos autores têm razão de ser. Analisando dados apresentados no Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água, elaborado pelas Nações Unidas, Boretti e Rosa (2019) descrevem um cenário crítico para a disponibilidade futura de água em quantidade e qualidade. Atualmente tem-se que atender às necessidades de uma população de 7,7 bilhões de pessoas, mas com previsão para que esse número possa atingir entre 9,4 e 10,2 bilhões de pessoas até o ano de 2050. A situação, entretanto, ainda pode ser pior se considerarmos o aumento populacional de forma desigual em diferentes áreas em que este crescimento demográfico não é compatível com os recursos da região, como é o caso de populações em regiões da África e Ásia, que já apresentam condições difíceis para atender à necessidade hídrica da região. Em termos globais, continuam os autores, tem-se 47% da população vivendo em locais onde a escassez hídrica atinge a população ao menos um mês por ano. Para 2050, a previsão é de que essa escassez possa chegar a atingir até 57% da população ou mais, ao considerar que esses números podem aumentar, dado que a disponibilidade e qualidade da água dependem de fatores geopolíticos que são de difícil previsão.

As implicações são muitas e graves. Boretti e Rosa (2019) admitem, ainda, que haverá um crescimento global no consumo de água nos próximos anos, principalmente na indústria, uso doméstico e na agricultura, onde está o maior consumo de água. Esse crescimento traz a certeza da necessidade de aumento na demanda de alimentos, exigindo terras para sua produção e tendo como consequência o aumento no consumo de água. A estimativa do aumento de consumo de água na África será algo em torno de 800% sobre os números atuais, e na Ásia, um aumento de 250%, ambos até 2050. Globalmente, o aumento da demanda de água na manufatura chegará em 400%, o quanto ao consumo global de água para uso doméstico, que atualmente é de 10% do total, devido aos serviços de abastecimento na região urbana de países localizados na África e Ásia, espera-se aumento em 300%. Já na América Central e do Sul o aumento previsto será de 200%.

Na América Latina e Caribe, os autores Garcia-Sanchez e Güereca (2019), preocupados com a falta de água nas cidades da região, apontam como fatores determinantes a contaminação das bacias hidrográficas, serviços inadequados de abastecimento, aumento das inundações que têm impacto direto na qualidade da água, crescimento desordenado das áreas urbanas, mudanças climáticas e a desigualdade social. No caso da Cidade México, um dos maiores conglomerados de pessoas no mundo, embora

apresente taxas crescentes nos indicadores de desenvolvimento humano, esse crescimento também acontece de forma desordenada. No que concerne ao abastecimento hídrico, os aquíferos são explorados de forma insustentável, seguido de inundações que impactam na qualidade da água e, devido à desigualdade social característica do local, o acesso ao fornecimento de água com qualidade se torna também desigual. Por fim, a cidade do México apresenta um sistema de distribuição de água precário, fazendo com que 40% da água se perca durante a distribuição.

Outra questão importante refere-se à qualidade da água. O crescimento demográfico e das atividades econômicas contribuem decisivamente para a contaminação dos estoques hídricos. Os países em desenvolvimento destinam 90% do esgoto que produzem diretamente aos cursos d'água. São as instalações industriais as que mais contribuem para esse descarte, despejando de 300 a 400 megatoneladas por ano de resíduos na água, afirmam Boretti e Rosa (2019). Dessa forma, 12% da população mundial recebe água sem nenhum tipo de tratamento, e outra parcela da população, cerca de 2,4 bilhões de pessoas, estão vivendo sem nenhum tipo de saneamento, fator que agrava ainda mais a poluição da água. Dali *et al.* (2017) reforçam sobre o risco de esgotamento da água subterrânea, cuja principal utilização é a irrigação dos campos de plantio. A água subterrânea é um recurso não renovável e, quando utilizada para irrigação, atende o comércio internacional de alimentos. Países como EUA, México, Irã e China estão em situação mais crítica porque produzem e exportam alimentos irrigados por aquíferos que tem seu rápido esgotamento.

Veldkamp *et al.* (2017) reiteram que o aumento da demanda de água nos últimos 100 anos aumentou em 8 vezes. Esse aumento decorre do crescimento da população global, que quadruplicou nesse período, impactando na demanda por alimentos, devido à melhora do poder aquisitivo dos consumidores em várias regiões do planeta. Para atender às necessidades da população foram feitas intervenções técnicas na estrutura hídrica do planeta, como a implementação de irrigação na produção de alimentos, criação de reservatórios e barragens, e a retirada de água dos corpos de água superficiais e subterrâneas, causando prejuízos irreparáveis ao sistema hídrico global.

Rangecroft *et al.* (2019) relatam que a seca é um fator capaz de gerar impactos ambientais e socioeconômicos em várias regiões do planeta, alterando os ritmos da atividade humana. Em relação ao consumo, às perdas na agricultura e quanto à produção de alimentos, a seca se caracteriza pela falta de chuvas por um determinado período, gerando escassez hídrica na região. A escassez, todavia, pode ter como causa inúmeros

outros fatores, inclusive as ações humanas sobre o meio ambiente, quando impactam negativamente os córregos e as águas subterrâneas. Nesse caso, é de suma importância que se faça a gestão dos recursos hídricos com aplicação de estudo específico da região que possa gerar impactos no sistema hídricos, como a irrigação, captação de água subterrânea e urbanização, e, assim, entender melhor os impactos antrópicos nas águas.

Rivera *et al.* (2018) destacam que os efeitos das secas na América do Sul, principalmente na Patagônia Argentina, ainda não foram devidamente avaliados. Fatores como as condições áridas e semiáridas da região interferem na disponibilidade de recursos hídricos. Os rios e cursos d'água são alimentados pelo degelo, e por chuvas que se tornam cada vez mais intermitentes. Os impactos nas atividades humanas, nos ecossistemas e na produção de alimentos podem deixar a população que ali vive em condições vulneráveis, devido às incertezas em relação ao clima.

No cenário brasileiro, estudos apontam para situações diversas acerca da gestão de recursos hídricos. Moraes *et al.* (2021) apresentam que, embora o Brasil seja referência em relação ao potencial hídrico, todavia possui regiões que estão sob conflitos diversos, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, onde se construiu um desvio para atender à Bacia Guandu, na região metropolitana do Rio de Janeiro. Os autores discutem, ainda, o consumo de água para geração de energia, na produção de alimentos e atendimento do processo industrial, que exigem o aumento da disponibilidade hídrica. Por essa razão, a água subterrânea é muito utilizada no Brasil, principalmente no estado de São Paulo. Para que a população seja bem atendida, a gestão hídrica na produção dos alimentos, geração de energia e fornecimento de água para consumo humano deve ser ajustada ao contexto ou realizada de forma integrada, com a participação do governo e sociedade.

Morais *et al.* (2018) ressaltam que mesmo depois de mais de 25 anos de sua publicação, a lei brasileira que versa sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e que confere poder de gestão sobre as Bacias Hidrográficas do Brasil, a despeito da criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, não está suficientemente implementada. Na região Nordeste, onde a questão hídrica é, há muito tempo, preocupante, vários comitês estão ainda no processo inicial de implementação. A região não dispõe das ferramentas adequadas de gestão, nem instituiu o processo de cobrança pelo uso da água, o que poderia dar independência para administrar e financiar os comitês de bacias hidrográficas da região. Situação muito diferente do que acontece na região Sudeste, tendo o Estado de São Paulo como referência nacional na gestão das bacias hidrográficas, quanto à arrecadação sobre o uso da água, e com total envolvimento de setores importantes da sociedade.

## 1.2 EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS.

Diante dos desafios com os quais a questão hídrica tem-se apresentado aos governos, entidades, organizações públicas e privadas e à sociedade humana de forma geral, alguns encaminhamentos estão sendo apresentados, como os que constam na Agenda 2030, proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU), em nível global, e pela Política Nacional de Recursos Hídricos, no que se refere ao Brasil.

### 1.2.1 A perspectiva e contribuição das Nações Unidas

A Agenda 2030 estrutura-se em torno dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), formado por 17 objetivos e 169 metas, e que tem como principal desafio discutir, de forma organizada e estruturada, ações acordadas internacionalmente entre a população e instituições diversas, com o intuito de propor ações capazes de contribuir para um planeta sustentável. A questão hídrica é tratada diretamente no ODS de número 06.

Na análise de Ait-Kadi (2016), o ODS 6 discute diretrizes para que seja possível garantir a gestão da água e saneamento básico para toda a população, de forma sustentável. Pressupõe fazer a gestão do ecossistema de água doce garantido, assim, a qualidade da saúde humana, a sustentabilidade do meio ambiente e da economia até 2030, com acesso universal, equitativo, de forma segura e com preços acessíveis para toda a população. Para tanto, será necessário ampliar a cooperação internacional, oferecendo suporte para capacitar os países onde a gestão dos recursos hídricos é mais problemática, através de atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, envolvendo a captação da água, a dessalinização, uso eficiente da água, de que forma tratar os efluentes gerados, reciclagem e tecnologias utilizadas no reuso da água, contribuindo para que as comunidades locais participem efetivamente dos projetos para melhoria da gestão dos recursos hídricos e saneamento.

De acordo com Mulligan *et al.* (2020) o programa tem, entre seus objetivos, garantir que a população tenha total acesso ao saneamento e higiene de forma igualitária, já que atualmente essa disponibilidade é desigual, e isso a nível mundial. Essa garantia tem como prioridade as mulheres e meninas, e as pessoas que estão vivendo de forma vulnerável. Vale ressaltar que as mulheres têm maior dificuldade em ter as condições básicas atendidas, uma vez que o investimento para condições adequadas para mulheres é bem maior, devido

à individualidade dos espaços femininos, diferentemente dos homens, para os quais simples mictórios de uso coletivo atendem às necessidades.

Os riscos de contaminação por falta de condições adequadas de higiene aumentam entre as mulheres, considerando as responsabilidades domésticas, devido ao contato com dejetos humanos e água contaminada. Esse cenário se reforça entre as mulheres grávidas ou que tiveram partos recentes e estão em processo de recuperação, vulneráveis a infecções que têm como principal motivo a falta de água potável, falta de higiene e esgotamento sanitário, uma deficiência estrutural que provoca um alto número de morte neonatal e materna. Esses cuidados também devem se estender entre os idosos e pessoas com deficiência, por serem mais propenso a doenças.

Ao tratar do tema ODS 6, Herrera (2019) afirma o direito ao acesso à água como um direito do ser humano, o que deve se dar de forma igualitária, conforme a resolução 64/292. Tal direito também foi reconhecido pela Assembleia Geral das Nações Unidas, incluindo o direito ao saneamento, sendo uma obrigação dos estados e organizações internacionais financiar os países necessitados, capacitá-los, e disponibilizar tecnologias que possam contribuir para o acesso à água potável em quantidade necessária, além de garantir que a população tenha condições financeiras de adquiri-la em seus locais de trabalho, escolas e residências, e que a fonte dos recursos hídricos sejam próximas, para garantir o acesso.

O cenário atual mostra a importância do tema e a necessidade do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 06. Hoje, cerca de 748 milhões de pessoas não têm acesso a fontes de água de qualidade para consumir, e 2,5 bilhões de pessoas vivem sem a mínima condição básica de saneamento, afetando, em sua grande maioria, os países não desenvolvidos e a agricultura, causando impacto à saúde das pessoas e na produtividade, o que interfere diretamente na economia. Em função do crescimento da população, do desenvolvimento econômico e com a melhora no poder aquisitivo, o consumo da água vem aumentando no mundo inteiro. Ademais, há o fato de que até 2050 a população mundial deve chegar a 10,2 bilhões, e grande parte desse número de habitantes estarão vivendo nas cidades, tendo como ponto crítico no crescimento a África, seguido da Ásia, que vão acumular mais da metade do crescimento mundial, afirmam Kannan e Anandhi (2020)

Saravanan *et al.* (2021) afirmam que a demanda por água cresce de forma acelerada em todo o mundo, e a busca por sustentabilidade hídrica é um dos principais desafios atual e futuro. Um dos grandes impactos causados sobre os recursos hídrico é o descarte residual, água contaminada com resíduos sólidos e líquidos gerados por edificações, agropecuária e

indústrias, que são descartadas nos rios, mares e lagos sem nenhum tipo de tratamento para eliminar os contaminantes. Essa prática acontece em todo o mundo, com exceção dos países desenvolvidos, e a falta de suporte financeiro, recursos técnicos e legislação são os principais motivos da prática irregular que afeta os países em desenvolvimento

Nesse sentido, Saravanan *et al.* (2021) afirmam que as águas residuais podem ser vistas como uma alternativa para suprir a falta desse recurso, passando a tratá-la como água de reuso. Se tratada de forma correta, essa água antes contaminada pode se tornar apta para consumo e ser aproveitada em vários segmentos. Com a aplicação desse recurso a necessidade de retirada da água do meio ambiente diminui, contribuindo com a sustentabilidade hídrica do planeta.

Ao tratar dessa importante temática, Asadi *et al.* (2019) afirmam que há limitação da disponibilidade de água doce no planeta, que apresenta um percentual menor do que um referente aos recursos hídricos disponíveis para consumo da humanidade. Com dados tão alarmantes, se reforça a necessidade de proteger e gerenciar os recursos hídricos, com leis que regulem e, ao mesmo tempo, limitem o uso de água doce. A produção agrícola se tornou um dos grandes desafios para os gestores das cidades, estados e governo federal, dado a importância desse precioso recurso para que haja um desenvolvimento sustentável.

De acordo com Silveira (2016), a defecação a céu aberto é um importante desafio para o saneamento no mundo. Cerca de 1 bilhão de pessoas não dispõe de condições mínimas para realizar suas necessidades fisiológicas, o que leva a práticas que geram impactos econômicos e sociais graves para a sociedade, devido aos resíduos descartados sem nenhum tipo de tratamento na natureza, em locais como rios, lagos e mares, o que pode desencadear uma série de doenças como diarreias, febres entéricas, Hepatite A, esquistossomose, leptospirose, doença dos olhos, tracoma, conjuntivites, doenças de pele, micoses superficiais, helmintíases e teníases. A Organização das Nações Unidas estima que 80% das águas residuais do mundo são despejadas sem tratamento adequado, causando impactos irreparáveis na natureza e, ainda mais, na disponibilidade hídrica.

Ao tratar desse tema, Morciano *et al.* (2020) afirmam que na busca por soluções para atender à necessidade hídrica da crescente população mundial, considerando que 95% da água terrestre é salgada e em algumas regiões já não há água doce disponível, a dessalinização, que processo consiste no processo de reduzir o teor de sal da água, de forma a torná-la adequada para usos específicos pela humanidade e, assim, diminuir significativamente a falta de água para a população, passou a ser uma alternativa para algumas regiões do planeta, mas deve ser considerado o alto custo do processo e a

necessidade de se desenvolver tecnologia que contribua para a agilidade e qualidade do processo de dessalinização. Outra ação importante para garantir que não falte água para a população é o uso eficiente da água, ou seja, produzindo mais com menos água através do emprego de tecnologia, e reduzindo a perda de água durante o processo de distribuição, causada por vazamentos em diferentes pontos do sistema de abastecimento, ligações clandestinas entre outros.

### **1.2.2 A política nacional de recursos hídricos no Brasil**

Ao tratar desse tema, Elabras Veiga e Magrini (2013) afirmam que o Brasil também enfrenta problemas para gerenciar os recursos hídricos, como o resto do mundo, mas com particularidades que são comuns em cada região do planeta. Para gerir os recursos hídricos de forma sustentável foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos, que nasce após o estabelecimento de várias leis, implementadas para fazer a gestão dos recursos hídricos, o que se iniciou em 1934, com o Código das Águas. Anos depois, em 1981, foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente que, na ocasião, deu base para a legislação brasileira ambiental. Já em 1988, a Constituição Federal dedicou o Artigo 225 para essa questão e, ainda no mesmo ano, foi instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

Finalmente, em 1997, foi publicado a Lei nº 9.433, que ficou conhecida como a Lei das Águas, e que previa a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), de fato instituída em 2000; anos depois, em 2010, foi instituída a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Atendo-se à Lei das Águas, que é a Política Nacional de Recursos Hídricos, ela apresenta, em sua estrutura, fundamentos, objetivos e instrumentos que têm como objetivo gerir os recursos hídrico do Brasil. Quando se fala em fundamentos, o mais importante para a gestão dos recursos hídricos é a definição da unidade de gestão, que é a bacia hidrográfica, uma vez que a lei define a água como um bem público, sendo um recurso natural limitado e com valor econômico, e determina que seja priorizado o uso múltiplo das águas com prioridade para o consumo humano e animal. A bacia hidrográfica deve ser como unidade territorial de gestão, mas a gestão deve ser descentralizada, afirmam Elabras Veiga e Magrini (2013).

Uma bacia hidrográfica é definida como um espaço geográfico onde ocorre a captação da água da chuva, nascentes e afluentes que correm para formar um determinado rio, considerado como o elemento principal da bacia. A lei diz que a gestão dos recursos hídricos deve obedecer aos limites geográficos da bacia hidrográfica, e isso independe dos limites municipais administrativos.

O objetivo da Política Nacional de Recursos Hídricos é garantir a disponibilidade hídrica, priorizando a prevenção e defesa contra eventos críticos, como secas ou inundações, e utilizar os recursos hídricos de forma racional e integrada, incluindo o transporte aquaviário. Os reservatórios para energia elétrica devem ser utilizados para abastecer a população, irrigação e lazer e aproveitamento das águas pluviais.

A PNRH autoriza o uso dos recursos hídricos mediante a outorga, que é a autorização para uso controlado dos recursos hídricos em relação à qualidade e quantidade, e a outorga é de direito de quem for derivar ou capitar parte da água existente em um corpo de água para consumo final, podendo ser utilizada para abastecimento da população ou no processo produtivo, o mesmo se aplicando para a extração de água dos aquíferos. A outorga também se aplica para regular o lançamento de esgoto e outros resíduos líquidos, podendo estar tratado ou não; para utilizar os recursos hídricos em hidrelétricas; e para qualquer outra finalidade que possa impactar a qualidade e quantidade da água existente. A autorização para utilização dos recursos hídricos poderá ser suspensa parcialmente ou em sua totalidade quando as regras estabelecidas no documento não forem atendidas, quando o solicitante não utilizar o recurso no período de 3 anos consecutivos, em situações de calamidade, onde haja necessidade de redirecionar a água para uso prioritário, por condições climáticas adversas, por situações ambientais graves, por prioridade de interesse coletivo e manter a navegabilidade do corpo de água. A outorga tem prazo máximo de direito de uso de 35 anos, devendo ser renovada após esse prazo (BRASIL, 1997).

Deve haver organizações civis dos recursos hídricos, podendo ser consórcios e associações entre os municípios das bacias, associações regionais, locais ou setoriais, dos usuários de recursos hídricos, organizações técnicas, de ensino e pesquisa, com interesses voltados para a área de recursos hídricos, organizações da sociedade civil (OSCs) com interesses difusos e coletivos da sociedade, e outras organizações que sejam reconhecidas pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos. Para fazer parte do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos SNIRH, as organizações devem ser legalmente constituídas. (BRASIL, 1997)

Foram contempladas na PNRH penalidades a serem aplicadas quando houver infração às normas de utilização de recursos hídricos, seja superficial ou subterrâneo, de qualquer natureza de disposição legal ou regulamentar. O infrator, a critério da autoridade competente, ficará sujeito às seguintes penalidades: advertência por escrito, na qual serão estabelecidos prazos para correção das irregularidades; multa, simples ou diária, proporcional à gravidade da infração, variando de R\$100,00 (cem reais) a R\$10.000,00

(dez mil reais); embargos provisórios e definitivos, e em todas as atuações caberá recursos (BRASIL, 1997).

O plano de recursos hídricos que vai fundamentar, orientar e gerenciar a implementação da PNRH é de longo prazo, e deve ser compatível com o período de implementação dos programas e projetos, sendo necessário atender, no mínimo, os incisos citados no artigo 7º da PNRH. Em relação ao enquadramento dos cursos de água, todos os rios do Brasil são classificados de acordo com o uso da água, podendo ser: classe especial, que se atribui às nascentes que podem ser consumidas apenas com a desinfecção; as águas de classe 1, também de qualidade e que podem ser utilizadas para abastecimento humano após tratamento simplificado; as águas de classe 2, que são, em sua grande maioria, as dos rios, em que as cidades usam o tratamento convencional; as águas de classe 3, que possuem várias restrições e só podem ser utilizadas para abastecimento se tiverem um tratamento avançado; e as águas de classe 4, que só podem ser usadas para navegação e harmonia paisagísticas, conforme afirmam Rodrigues *et al.* (2022).

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), determina que seja constituído o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que tem como competência articular os planejamentos de recursos hídricos nas esferas nacional, estaduais e os setores usuários, arbitrar os possíveis conflitos entre os conselhos estaduais, deliberar sobre projetos de recursos hídricos que extrapolem o âmbito dos estados em que serão implementados, deliberar sobre questões estaduais quando encaminhado pelos estados ou pelos Comitês de Bacias. Todas as propostas de alteração da legislação sobre recursos hídricos e da PNRH deve ser analisado pelo CNRH, que também deve instituir diretrizes que complemente a implementação da PNRH e dos instrumentos e atuação no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos SINGRH, avaliar e aprovar propostas para que sejam instituídos os Comitês de Bacias Hidrográfica e estabelecer critérios para que seus regimes sejam elaborados, além de acompanhar a execução do PNRH e garantir que as metas sejam cumpridas, e definir critérios para a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos e para a cobrança pelo uso (BRASIL, 1997)

A outorga de uso dos recursos hídricos é dada pela Agência Nacional das Águas (ANA). O usuário solicita, o órgão gestor avalia a possibilidade de emissão da outorga solicitada, mas a emissão vai depender da classe da água e a quantidade já utilizada na bacia hidrográfica. Caso concedida a outorga, o usuário vai utilizar água conforme especificado no ato da outorga e, periodicamente, o gestor fará a fiscalização. O processo

de cobrança para uso dos recursos hídricos iniciou-se no Ceará, em 1996, principalmente pela baixa disponibilidade hídrica; já no Paraná a cobrança foi instituída em 2013, e as águas superficiais são mais baratas que as águas subterrâneas (ANA, 2000).

O Plano de Recursos Hídricos faz o gerenciamento da segurança hídrica para garantir a oferta de água para abastecimento, controle da poluição e compatibilização da qualidade da água para diferentes usos, e redução de riscos associados a eventos críticos e a garantia de oferta de água para o desenvolvimento de atividades produtivas. A PNRH deve manter um sistema nacional de informação sobre os recursos hídricos, sobre coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e fatores relacionados a sua gestão. Os dados devem estar dispostos de forma descentralizadas, ter uma coordenação unificada, e o acesso às informações deve ser garantido para toda a sociedade, com o objetivo de ter dados consistente reunidos em uma base, evidenciando o cenário qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos no Brasil, além de manter atualizadas as informações sobre a disponibilidade hídrica em todo o país, e dar subsídio para que seja possível elaborar um plano de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A PNRH foi criada, no Brasil, para garantir a disponibilidade de água para a população atual e às futuras, em qualidade e quantidade, e para fazer com que os objetivos fossem alcançados trabalhou-se de forma conjunta, garantido a gestão participativa e descentralizada, e atendendo à Lei nº 9.433/97, que traz tópicos fundamentais, como reconhecer a água como um bem público, com valor econômico, mas finito, necessidade de uso múltiplo das águas de forma integrada, priorizar o consumo humano, dessedentação animal e, em caso de escassez, conservar os recursos hídricos e do ecossistema das bacias (BRASIL, 1997).

Com o aumento da degradação ambiental, os impactos sobre a disponibilidade de recursos hídricos e a gestão de bacias hidrográficas se tornaram cada vez mais importantes, e a necessidade de haver avanços no setor hídricos ao longo dos anos, principalmente na mudança de uma lei institucionalmente fragmentada para uma legislação descentralizadas, tendo como referência a edição da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, direcionando poder para as instituições descentralizadas das bacias, podendo discutir processos de negociação entres agentes públicos, usuários e a sociedade civil organizada ( BRASIL, 2007).

### 1.3 A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ

O Brasil é um país de dimensões enormes, podendo ser comparado a um continente, e quando se avalia a demanda regional por água, percebe-se que existe uma grande variedade de oferta e demanda. A Região Metropolitana de São Paulo tem uma área total de 10 mil hab/km<sup>2</sup> e 20 milhões de habitantes; por outro lado, existem municípios localizados na região Norte com densidade demográfica muito pequena, inferior a 0,15 hab/km<sup>2</sup>, e com abundância de recursos hídricos se comparado com outras regiões. A estimativa é que em 2025 a demanda por água na região Sudeste, que terá prováveis 87,3% da população concentrada nas áreas urbanas, seja de 298 m<sup>3</sup>/seg, muito superior ao volume necessário para a região Centro Oeste, que será de 44 m<sup>3</sup>/seg (ANA, 2010).

A unidade de gerenciamento dos Recursos Hídricos é formada por três bacias, que são Piracicaba, Capivari e Jundiaí, às quais são definidas Bacias Hidrográfica dos Rios PCJ, e têm como área um recorte espacial de 15.377,82 km<sup>2</sup>, estando sua grande maioria situada no estado de São Paulo, 14.216,58 km<sup>2</sup> (92,45%), e uma área de cobertura de 979,97 km<sup>2</sup> (7,55%) no estado de Minas Gerais. Com extensão de 300 km no sentido Leste- Oeste e 100 km no sentido Norte-Sul, a Bacia Hidrográfica PCJ atende 76 municípios, e desses, 58 estão no estado de São Paulo e 4 em Minas Gerais (COMITÊS PCJ, 2020).

Os acessos considerados como principais são as Rodovias dos Bandeirantes (SP-348), Anhanguera (SP-330), Santos Dumont (SP-75), Dom Pedro I (SP-65), Luiz de Queiroz (SP-304), Adhemar de Barros (SP-340) e Fernão Dias (BR-381). Na região ainda existe a linha tronco da FERROBAN, o terminal intermodal da Hidrovia Tietê Paraná, e o aeroporto internacional de Viracopos, no município de Campinas (COMITÊS PCJ, 2020).

Na região metropolitana de Campinas, onde estão os principais locais de cobertura das Bacias PCJ, a economia gira em torno da agropecuária, e as indústrias e cidades, como Campinas, Paulínia, Piracicaba, Jundiaí, Limeira e Americana, são responsáveis por circular um alto valor econômico com atividades diversas. A Bacia PCJ, com participação ativa na economia do país, ocupa uma área de 0,18% do território brasileiro. Grande parte da população do país está concentrada nessa região, o que representa 2,7% da população, e o Produto Interno Bruto (PIB) está representado com 5% do total do território brasileiro (COMITÊS PCJ, 2020).

Por se tratar de uma região com grande quantidade de indústrias, área de grandes negócios e importantes centros universitários, a quantidade de pessoas na área urbana aumentou de forma acelerada e, como consequência, a demanda por recursos hídricos

creceu na mesma proporção. As Bacias do PCJ foram impactadas e a oferta de água para os diversos fins diminuiu com o passar dos anos.

O relatório de situação de 2020 mostra que houve uma queda de 4% da disponibilidade hídrica entre os anos de 2015 e 2019, número que representa 961,3 m<sup>3</sup>/per capita por ano. Considerando que o número ideal seria 1.500 m<sup>3</sup>/per capita por ano, fica evidente que o cenário é preocupante, e as atividades econômicas e a concentração populacional agravam a disponibilidade hídrica na região (COMITÊS PCJ, 2020).

Para garantia da disponibilidade hídrica em qualidade e quantidade na região atendida pela Bacia Hidrográfica do PCJ foi desenvolvido um plano estratégico denominado Plano de Bacias PCJ 2020 a 2035, constituído como uma ferramenta de planejamento com propostas baseadas em uma agenda com metas, prioridades, ações e necessidades financeiras. O documento foi elaborado pelas Câmaras Técnicas dos Comitês PCJ e finalizado após quatro anos de estudos técnicos e específicos sobre importantes temas, como Águas Subterrâneas, Garantia de Suprimento Hídrico, Enquadramento dos Corpos de Água Superficiais, Uso e Conservação da Água no Meio Rural, Recomposição Florestal, Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (COMITÊS PCJ, 2020).

Destaca-se como plano as simulações realizadas para um cenário futuro, que apontam a urgência na recuperação da qualidade dos corpos de água, tornando possível disponibilizar e garantir água para as necessidades existentes e futuras. Para conseguir atingir esses objetivos se faz necessário grandes investimentos para implementar tecnologias de ponta e, para tal, o plano de ação apresenta metas direcionadas para a eficiência do tratamento até 2035 (COMITÊS PCJ, 2020).

Com base nos estudos realizados nos últimos anos, o Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 e suas ações têm como prioridade os temas estratégicos que são:

- 1) Enquadramento dos Corpos de Água Superficiais (ECA);
- 2) Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem (GSH);
- 3) Conservação e Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal (CRF);
- 4) Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas (EA);
- 5) Água Subterrânea (AS);
- 6) Gerenciamento de Recursos Hídricos (GRH).

O plano de ação para os temas estratégico é apresentado com o número de identificação, eixo temático, programas e ações, com o objetivo estratégico para a gestão

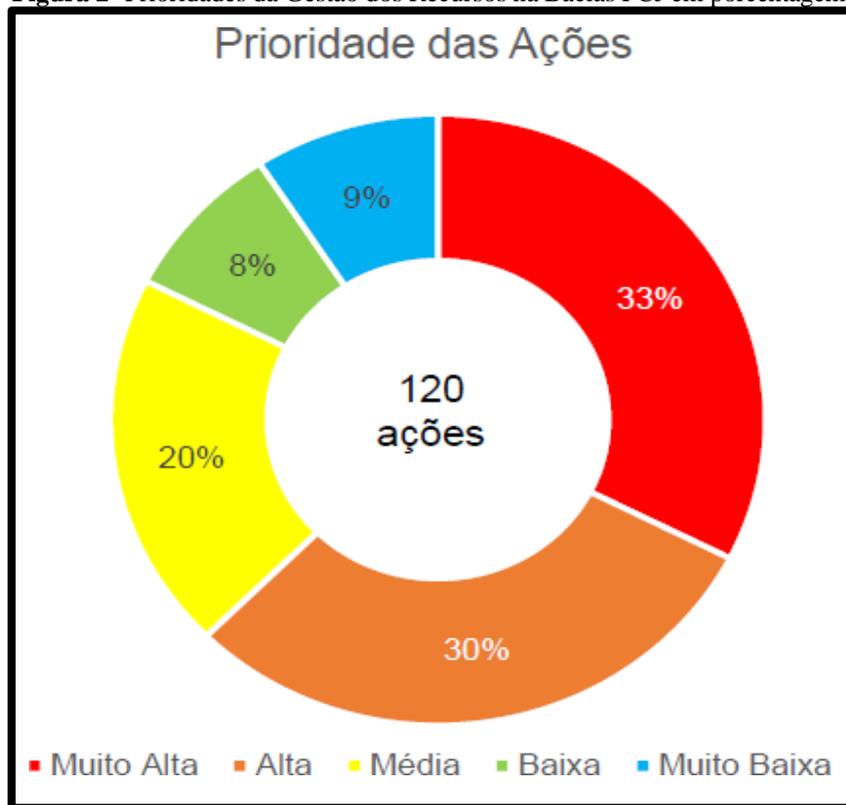
dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, para alcançar as metas direcionadas ao saneamento, conservação e recuperação dos mananciais, e a garantia da disponibilidade hídrica, conforme Figura 1 (COMITÊS PCJ, 2020).

**Figura 1** - Estrutura do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035

nº Tema	Temas Estratégicos	Nº Eixos temáticos	Nº Programas	Nº Ações
1	Enquadramento dos Corpos Hídricos (ECA)	4	7	29
2	Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem (GSH)	3	9	16
3	Conservação e Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal (CRF)	3	6	16
4	Águas subterrâneas (AS)	3	9	12
5	Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EA)	4	6	12
6	Gestão de Recursos Hídricos (GRH)	3	10	35
Total		20	47	120

**Fonte:** Elaborado pelo (COMITÊS PCJ, 2020).

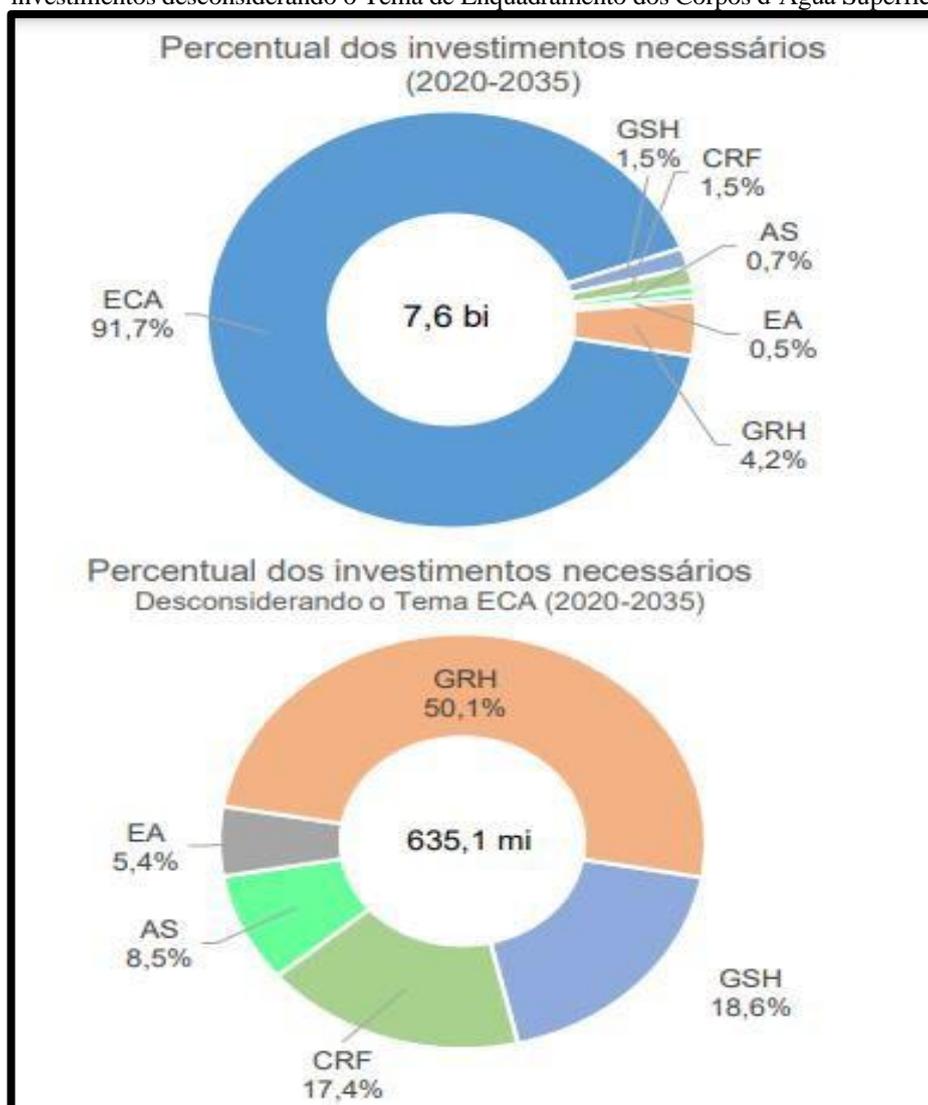
Em reuniões intercâmaras foram definidas as prioridades da Gestão dos Recursos nas Bacias PCJ, com base em aspectos técnicos, capacidade institucional da Agência e, particularmente, mediante o conhecimento dos integrantes dos Comitês PCJ e de representantes de entidades da sociedade que é atendida pelas Bacias PCJ. A escala de priorização estabelecida nas reuniões foi utilizada como base para o relatório final, e articulada em temas estratégicos, onde foram definidas um total de 120 ações, sendo 39 ações de Muito Alta prioridade (33% do total), 36 ações de Alta prioridade (30%), 24 ações de Média prioridade (20%), 10 ações de Baixa prioridade (8%) e 11 ações de Muito Baixa prioridade (9%) (COMITÊS PCJ, 2020).

**Figura 2-** Prioridades da Gestão dos Recursos na Bacias PCJ em porcentagem

Fonte: Elaborado pelo (COMITÊS PCJ, 2020).

Na Figura 2 apresentam-se as prioridades divididas em porcentagem e suas respectivas cores. Entretanto, com a Figura 3, destaca-se que os investimentos associados à recuperação da qualidade da água, do Tema Estratégico de Enquadramento dos Corpos de Água Superficiais, totalizam cerca de 6,9 bilhões de reais, representando, aproximadamente, 91,7% dos investimentos necessários até 2035.

**Figura 3** - Percentual de investimentos totais por temas estratégicos e também o percentual de investimentos desconsiderando o Tema de Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais (ECA)



Fonte: Elaborado pelo (COMITÊS PCJ, 2020).

Quando o Tema Estratégico de Enquadramento dos Corpos de Água Superficiais é desconsiderado, percebe-se que 50,1% dos investimentos são direcionados ao Tema Estratégico de Gestão de Recursos Hídricos, ou seja, a recuperação da qualidade da água é o grande desafio do Plano PCJ 2020 a 2035.

O plano de investimentos para o Plano das Bacias 2020 a 2035 soma um total de R\$7,6 bilhões até 2035, e 91,7% dos investimentos totais são direcionados para a recuperação da qualidade da água. Os Programas de Duração Continuada são responsáveis por articular as ações estabelecidas pela Deliberação nº 190/16, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo, juntamente com o Programa de Aplicação Plurianual das Bacias PCJ e o Plano Nacional de Recursos Hídricos. O plano também associa os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas, com

foco no ODS 6, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos (COMITÊS PCJ, 2020a).

O resultado do plano estratégico para o Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020 a 2035, se apresenta de forma robusta, com um grande número de ações, com lista de prioridades, com orçamentos, fontes para os recursos necessários para execução das ações listadas com destaque para a necessidade de se constituir uma articulação institucional entre as entidades que atuam com diferentes funções nas Bacias PCJ, e garantir que, com os recursos financeiros pontuados durante o planejamento, seja possível executar as ações contempladas no plano de bacias. (COMITÊS PCJ, 2020).

#### 1.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A escassez hídrica já é uma realidade no horizonte dos gestores deste importante recurso, pois que seu fluxo contínuo é o que garante a sobrevivência humana e a manutenção de atividades essenciais à sociedade. Diante do crescimento demográfico, adensamento populacional e dos efeitos das mudanças climáticas, o balanço hídrico indubitavelmente tenderá a se agravar ainda mais nos próximos anos e décadas.

No caso das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, o Plano de Bacias 2020-2035 elenca um conjunto de prioridades, metas e ações a serem implementadas no espaço territorial dessas bacias hidrográficas, visando otimizar recursos existentes, captar novos e obter resultados que possam mitigar vulnerabilidades e reduzir efeitos negativos da redução da disponibilidade hídrica para a população.

Diante deste cenário, o principal desafio que se nos coloca, portanto, é o de como realizar a gestão sustentável dos recursos hídricos. Para este fim, o problema de pesquisa que embasa esta dissertação de mestrado está colocado na seguinte questão: em que medida os indicadores propostos no plano de bacias PCJ 2020/2035 contribuem para a gestão sustentável dos recursos hídricos nas Bacias PCJ?

##### 1.4.1 Hipótese de trabalho

Sugere-se, neste estudo, que a análise dos indicadores previstos para avaliar as metas e ações do Plano de Bacias 2020-2035, quando realizada sob o viés dos princípios teóricos e metodológicos da sustentabilidade, poderá fornecer a medida dos impactos esperados de cada ação no plano ambiental, social e econômico e, dessa forma, contribuir como ferramenta de gestão para a tomada de decisão dos gestores.

## 1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

Em síntese, o objetivo geral do trabalho foi propor uma matriz de avaliação das ações, de gestão dos recursos hídricos nas Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020/20235, considerando o atendimento da população em suas necessidades e expectativas quanto ao acesso à água de qualidade e em quantidade suficiente, protegendo a integridade dos corpos hídricos existentes e de todo o ecossistema a eles relacionados.

### 1.5.1 Objetivo Geral

Com base na lista das principais questões ambientais e socioeconômicas frequentemente associadas à água, oferecida por Annandale, Hagler e Pakistan (2014) e os critérios de avaliação da sustentabilidade propostos por Gibson, o estudo avalia se as ações selecionadas plano de bacias PCJ 2020/2035 têm impacto ambiental, social e econômico.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- a) Selecionar as ações prioritárias dos eixos temáticos propostos no plano de Bacias do PCJ 2020/2035.
- b) Elaborar uma matriz de avaliação das ações selecionados.
- c) Fazer uma revisão de literatura para identificar modelos de matriz de avaliação de impactos econômicos, social e ambiental mais recomendados pela bibliografia
- d) Aplicar os critérios da matriz de avaliação da sustentabilidade as ações prioritárias selecionadas
- e) Análise crítica dos resultados e sugestões e contribuições para melhoria da gestão

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A sustentabilidade hídrica pode ser definida como uma estrutura projetada para gerenciar os recursos hídricos e atender de forma plena a sociedade, no presente e futuro, garantindo a integridade ecológica, ambiental e hidrológica, tornando todos capazes de usar a água em quantidade e qualidade, de forma local e global, atendendo os seres humanos e o ecossistema, e protegendo contra desastres naturais, antrópicos, que podem causar danos à vida, afirmam Juwana *et al.* (2012).

Quando se trata especificamente dos recursos hídricos, se identifica a desigualdade no desenvolvimento econômico regional, com diferentes graus de ocupação e intensificação das atividades produtivas, que tem como consequência o estresse hídrico ambiental. Corroboram com esse resultado os impactos provenientes da rede de influência antrópicas nos ambientes rurais e urbanos, que afetam a integridade dos sistemas hídricos, por meios de ações diversas como canalização, desvio de curso natural e impermeabilização do leito dos rios no meio urbano, despejo de poluentes, prática inadequadas de aquicultura e uso inadequado do solo nos meios urbanos e rurais, afirmam Pizella e Souza (2007).

A sobrevivência humana está vinculada à disponibilidade hídrica e Saravanan *et al.* (2021) completam, informando que em vários lugares do mundo a água é considerada um bem econômico e social, e sua disponibilidade global, considerando sua qualidade, está em torno de 2,5% do total, e analisando que essa quantidade tem que atender à população mundial e ao meio ambiente, que o recurso é finito e está se esgotando devido à exploração industrial, populacional e agrícola, adicionada a mudança climática e o uso para geração de energia. A gestão hídrica passou a ser prioridade global, uma vez que a escassez hídrica atinge 1,8 bilhão de pessoas no mundo.

O aumento da ocupação territorial global, crescimento da migração de pessoas para áreas urbanas e a industrialização têm causado danos ao sistema hídrico, devido ao aumento desordenado do consumo de água, comprometendo o abastecimento hídrico atual, o que certamente afetará a população futura, colocando em risco a sustentabilidade hídrica das regiões do planeta e os aspectos econômicos e sociais futuros. Sendo assim, os governantes devem estar alimentados de informações sobre a disponibilidade hídrica da sua região para tomadas de decisões necessárias para garantia hídrica futuras, afirmam Jia *et al.* (2018).

Liu e Jensen (2018) fazem referência sobre a importância do papel das cidades na gestão dos recursos hídricos, por seu potencial de impactar a qualidade e quantidade, por mau uso da terra, exploração do recurso e a contaminação. Para que a gestão da água seja feita com eficiência, as cidades precisam discutir o recurso hídrico durante o desenvolvimento urbano, fazendo com que os processos sejam realizados sempre considerando a disponibilidade hídrica e os possíveis impactos.

Atender à população urbana com água potável de qualidade é um grande desafio, considerando que existem mais de 4,2 bilhões de pessoas nas áreas urbanas, e a previsão é de que a migração aumente; estudos indicam que até o ano de 2050 mais de 2,5 bilhões de pessoas sejam acrescidas à população urbana e, como consequência, a necessidade hídrica pode chegar a um aumento de 80%. Assim, o diagnóstico atual evidencia crises hídricas em várias regiões ao redor do mundo; a busca por água torna-se constante, mas novas ideias devem ser implementadas para evitar o aumento da demanda e preservar os recursos hídricos, apontam De Souza Leão e De Stefano (2019).

Reforçando a necessidade da sustentabilidade dos recursos hídricos, Empinotti *et al.* (2019) discorrem sobre a importância da governança da água, para a garantia de sua disponibilidade, em suas estruturas política, organizacional e administrativa, para que os interesses da comunidade sejam discutidos, e suas ideias incorporadas às decisões e implementações. Vale ressaltar que as pessoas responsáveis em tomar as decisões também são responsáveis por desenvolver e gerir os recursos hídricos, além da prestação dos serviços hídricos, sempre objetivando a segurança hídrica e evidenciando a necessidade da governança hídrica de qualidade, para assegurar a segurança dos recursos hídricos a níveis operacionais.

## 2.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A gestão dos recursos hídricos é constituída por leis, normas, regulamentos e instrumentos que definem a governança, enfrentamento e a resolução de problemas que venham a surgir. Deve ser tratada de forma democrática, não se limitando à capacidade estatal de governar, e sim à habilidade do governo de articulação e institucionalização de políticas públicas com a participação de setores diversos, com o dever de participar da gestão dos recursos hídricos, sempre em busca de equilíbrio entre os interesses diversos, com tomada de decisões aceitáveis (PEREIRA; JOHNSON, 2005).

O recurso hídrico passou a ser um bem limitado, e quando se fala em água para consumo a disponibilidade é ainda mais reduzida. Assim, trata-se de um bem que deve ser

gerenciado para evitar o esgotamento e, para tanto, regular e limitar o uso são alguns dos importantes pontos a serem gerenciados, como é o caso da agricultura, que é o principal consumidor de água. Sendo assim, os governos locais e nacionais devem direcionar seus esforços para proteger esse importante recurso e crescer de forma sustentável, afirmam Asadi *et al.* (2019).

Segundo Pereira e Johnsson (2005), o aumento dos efeitos de degradação ambiental sobre a disponibilidade de recursos hídricos fez com que a gestão das bacias hidrográficas ganhasse cada vez mais importância no Brasil. Os avanços no setor de recursos hídricos foram crescendo de forma considerável ao longo dos últimos vinte anos, tendo como o mais importante a mudança do tipo de gestão, de fragmentada para uma legislação integrada e descentralizada, tendo como principal reforço a edição da Lei Federal nº 9.433, em 8 de janeiro de 1997 e a criação da Agência Nacional de Água (ANA), em 2000. Mesmo com essa mudança no sistema, há práticas enraizadas de planejamento tecnocrático e autoritário. O poder sobre a gestão descentralizada das bacias volta para as instituições, promovendo processos de negociação entre diversos agentes públicos, usuários e sociedade civil organizada.

Wang *et al.* (2020) afirmam ser a água um recurso hídrico imprescindível para sobrevivência humana, e que a escassez hídrica é um problema mundial, que deve ser tratado de forma urgente e emergente, considerando que, em um futuro próximo, o cenário poderá agravar-se. Portanto, a gestão dos recursos hídricos deve ser tratada como prioridade, através de pesquisa sobre desenvolvimento sustentável que se agrava devido ao crescimento populacional e a industrialização, aumentando a demanda por água no mundo.

Ainda sobre a importância dos recursos hídricos, Yang *et al.* (2019) citam a água como um bem insubstituível para o desenvolvimento, e a crise hídrica, que vem sendo agravada pelo crescimento da população e suas demandas, sendo acentuado pela escassez hídrica e a piora na qualidade da água. Tal agravo se dá, também, devido à urbanização, que aumentou a necessidade de coleta e tratamento de esgoto nos últimos anos, diagnóstico reforça a necessidade da gestão dos recursos hídricos para protegê-los.

Zhou *et al.* (2020) discorrem sobre a escassez hídrica e as mudanças climáticas, e o risco para a segurança alimentar. A falta de água doce já atingiu mais de 2 bilhões de pessoas no mundo nos últimos anos, situação criada pelo crescimento populacional e que atinge, em sua grande maioria, os países em desenvolvimento. Uma vez que, nos próximos anos, a população pode aumentar significativamente, ressalta-se a importância da gestão

dos recursos hídricos, e o entendimento do processo de consumo para que planos de ação robustos sejam adotados, a fim de evitar uma crise hídrica ainda maior.

### 2.2.1 Pegada hídrica

A pegada hídrica é o indicador do consumo de água para produção de bens e serviço, e também do consumo direto e indireto no processo produtivo, sendo capaz de quantificar o total de água ao longo do processo produtivo, afirmam Silva *et al.* (2013).

Segundo Hoekstra e Hung (2005), uma grande quantidade de produtos é inserida no mercado mundial com valores que não estão contabilizados de forma correta. Os custos da água contida no produto, portanto, são tarifados de forma incorreta e, com isso, algumas regiões acabam tendo que exportar produtos na forma de água virtual, o que torna os recursos hídricos cada vez mais escassos. Sobre a produção agrícola e a pegada hídrica, Mekonnen e Gerbens-Leenes (2020) afirmam que:

Em 2011, a pegada hídrica global da produção agrícola foi de 8.362 km<sup>3</sup> /ano (80% verde, 11% azul e 9% cinza), espera-se que a demanda mundial de água aumente de 20% a 30% entre 2010 e 2050 e a demanda por terra e recursos hídricos aumentou significativamente, e espera-se que esses recursos sejam mais escassos no futuro, assim a gestão eficiente da água na agricultura é necessária para atender à crescente demanda por alimentos e reduzir a pobreza e a fome de maneira sustentável, questão é como o mundo alimentará a população global sem impactar ainda mais a água doce e os ecossistemas. Vários pesquisadores defenderam a intensificação sustentável das mudanças na dieta e redução do desperdício e perda de alimentos para alimentar o mundo também foram realizados estudos que mostraram o valor do comércio de água virtual na economia global de água, reduzindo a escassez de água e ajudando a reduzir o risco de escassez de água. (MEKONNEN; GERBENS-LEENES, 2020, p. 2)

Há anos a discussão sobre a gestão de recursos hídricos vem aumentando, com o objetivo de diminuir o risco de desabastecimento de água em todo o mundo. Em algumas regiões do planeta os riscos são reais, e em outras, o risco será no futuro próximo. Saber o quanto de água tem incorporada em cada produto vai ajudar a gerir os recursos. Hídricos do planeta, assim, a pegada hídrica pode ser um dos grandes trunfos para saber o quanto de água cada produto tem embutido e definir ações pontuais por países e regiões (BLENINGER; KOTSUKA, 2015).

A pegada hídrica é utilizada como uma medida de apropriar os recursos de água doce pelo ser humano, utilizada como indicador que avalia o consumo de água e a poluição causada pelo seu uso, podendo, também, ser utilizada na avaliação dos recursos hídricos, fornecendo informações importantes sobre o uso da água e tomadas de decisões (CHEN, 2015).

Novoa *et al.* (2019) relatam a importância da gestão hídrica e o uso de indicadores que possam auxiliar na eficácia, implementação das ações e no monitoramento com objetivo de garantir a sustentabilidade hídrica atual e futura, mas, para o sucesso da gestão, são necessários dados que auxiliem na obtenção de informações sobre a variabilidade natural dos recursos hídricos, vazões hídricas e a demanda pelo recurso, e a pegada hídrica é a principal ferramenta para capturar esses dados.

Um indicador importante para avaliar a pegada hídrica é o modelo input-output (IO), um método top-down que quantifica a pegada hídrica, utilizado principalmente em regiões com deficiência hídrica. Esse indicador tem apresentado boa eficiência no fluxo de água entre os setores com representatividade na entrada direta e indireta de água na produção industrial, fornecendo uma perspectiva e metodologia para avaliar a estrutura e obter dados sobre a eficiência do sistema de utilização de água de forma completa. Com a preocupação em relação à pegada hídrica, vários estudos foram direcionados para a pegada hídrica de produtos agrícolas, mas não eram direcionados para regiões e países específicos, além de não considerarem cidades ou províncias específicas, como parques científicos de algumas regiões onde existe uma grande escassez de água, relata Chen (2015).

Chen (2015) completa a informação afirmando que esse indicador mede a intensidade do uso da água para cada setor econômico, facilitando a avaliação setorial sobre o uso da água, e identifica fontes de pressão nos recursos hídricos, auxiliando os políticos em tomada de decisões para direcionamento da água em regiões que estejam em condições de escassez, e contribuindo para quantificação do uso direto e indireto da água nas economias, se tornando essencial para avaliar como o abastecimento de commodities que utilizam água como insumo para produção econômica pode afetar os recursos hídricos disponíveis.

### 2.3 INDICADORES PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Os indicadores são informações que se comunicam, partindo de mensuração de elementos e fenômenos da realidade. A quantificação de informações com padrões de referências deixa seu significado mais transparente e facilita a comunicação. Os indicadores são informações pontuais no tempo e no espaço, e não explicativas e/ou descritivas, e a integração e evolução permite que a realidade tenha acompanhamento dinâmico (JUNIOR *et al.*, 2003).

Gain *et al.* (2016) relatam a existência de ferramentas e métodos de qualidade capazes de avaliar a escassez da água considerando abordagens quantitativas e integradas,

física e socioeconômicas, mas não é possível avaliar a segurança hídrica em nível global. A partir desse entendimento, inicia-se a busca por indicadores para atender de forma global a segurança hídrica, com base no ODS 6, com objetivo de atender a disponibilidade, acessibilidade aos serviços, segurança e qualidade, e gestão hídrica.

Boulay *et al.* (2015) definem a necessidade de reunir grupos de especialistas na gestão dos recursos hídricos utilizando indicadores hídricos específico para cada problema identificado. Essa análise foi realizada em pontos diversos do planeta, com o objetivo de identificar particularidades na gestão da água, e entender os indicadores aplicados para cada cenário. A criação de grupos de trabalho com o intuito de buscar ferramentas para entender o consumo de água em diferentes regiões do planeta contou com especialista do grupo Water Use in Life Cycle Assessment (WULCA).

Considerando a onda de desenvolvimento sustentável, há necessidade de indicadores ou ferramentas para garantir o crescimento de forma responsável, e a sociedade, de forma geral, vem trabalhando no desenvolvimento dessas ferramentas, que sejam capazes de refletir e analisar o consumo de forma razoável e eficaz, levando em consideração os diferentes tipos de impactos ambientais que o consumo de água pode causar. Os indicadores existentes têm características próprias e, em sua maioria, são capazes de atuar no desenvolvimento da sociedade de forma sustentável, na economia, no meio ambiente e na ecológica, relata Chen (2015).

Os fatores que afetam as bacias hidrográficas são de alta complexidade e o uso de indicadores capazes de representar e monitorar com facilidade as condições das bacias pode facilitar a descoberta de possíveis problemas que afetam as bacias, e a implementação de medidas necessárias para evitar maiores impactos, afirma Chou *et al.* (2016).

A EPA (Agência Nacional de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), segundo Chou *et al.* (2016), definiu um conjunto de indicadores para auxiliar na análise da saúde das bacias hidrográficas, denominado Índice de Indicadores de Bacias Hidrográficas (IWI). Esses indicadores são divididos em dois tipos: os que avaliam a condição e os que avaliam a vulnerabilidade. Os indicadores de condição foram utilizados para saber em quais condições se encontrava uma bacia hidrográfica, e os de vulnerabilidade foram utilizados com o intuito de expressar possíveis impactos à saúde das bacias hidrográficas.

Um indicador denominado Quantidade e Qualidade da Água para o Rendimento de Água Equivalente (QQWYE), foi utilizado para medir a qualidade e a quantidade da água ao mesmo tempo, uma vez que os indicadores utilizados anteriormente tratavam qualidade e quantidade de forma separada. O uso do indicador QQWYE para avaliar os recursos

hídricos indicou precisão nos dados, diferente do que ocorre quando a medição é feita de forma separada. Dois pontos importantes da análise foram considerar a precipitação e a evapotranspiração dos locais das bacias hidrográficas, pensando que as alterações no clima podem afetar diretamente esses dois pontos. Assim, será possível diminuir o consumo de água, segundo Cao *et al.* (2021).

As bacias hidrográficas têm em sua composição várias sub-aciais, e os impactos, na maioria das vezes, acontece de forma individual. A análise da demanda de um indicador linear, que é o caso do indicador QQWYE, que atua na conservação dos recursos hídricos, deve pontuar o impacto em cada sub-bacia, considerando qualidade e quantidade; caso contrário, vários indicadores deverão ser utilizados na gestão dos recursos hídricos, e os resultados poderão ser conflitantes, gerando incertezas em relação às ações a serem tomadas, afirmam Cao *et al.* (2021).

### **2.3.1 Águas subterrâneas**

Em algumas regiões do mundo o abastecimento de água para consumo, de forma geral, é inteiramente dependente dos recursos hídricos subterrâneos, e esses recursos são influenciados por vários fatores formados por sistema complexos, como a dificuldade de delimitar a captação da água, armazenamento prolongado e interações complicadas entre os aquíferos. Assim, surge a necessidade de desenvolver uma compreensão da sistemática e dinâmica das águas subterrâneas, e compreender a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, o que inclui quantificar detalhadamente os fluxos de água subterrâneo e analisar a captação sustentável das águas subterrâneas, afirmam Gejl *et al.* (2018).

As atividades humanas vêm causando enormes impactos ao sistema hídrico subterrâneo, como o esgotamento e a deterioração, produzindo diversos impactos para o desenvolvimento hídrico sustentável. Assim, torna-se urgente um plano para gestão das águas subterrâneas, com o objetivo de mapear os problemas causadores de impactos e criar planos de ação eficazes para auxiliar a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos. A literatura dispõe de ferramentas capazes de avaliar as condições hídricas subterrânea em relação à qualidade e quantidade hídrica com dados confiáveis, afirmam Jia *et al.* (2019).

O crescimento populacional e o consumo excessivos de água subterrânea são pontos importantes, conforme mencionado por Asadi *et al.* (2019), para o esgotamento dos recursos hídricos subterrâneos. O comprometimento da qualidade da água utilizada na agricultura causa sérios impactos no solo e, como consequência, as produções agrícolas

são comprometidas em relação à qualidade e quantidade produzida. Essas informações reforçam a necessidade de se preservar a área de cultivo e dos recursos hídricos utilizados na produção agrícola, e a implementação de projetos para auxiliar na melhoria da produção agropecuária e garantir a qualidade da água subterrânea é fundamental.

Asadi *et al.* (2019) ressaltam que a agricultura está entre os principais segmentos da economia no mundo, mas também é o principal consumidor de água doce do planeta, e responsável por grande parte dos impactos na degradação e na qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Em áreas com características áridas e semiáridas, o recurso hídrico subterrâneo é o principal recurso para a produção agrícola e o crescimento econômico, mas a ação antrópica determina a qualidade da água desde o momento da sua captação até o consumo final. Wu *et al.* (2019) reafirmam a importância da água subterrânea para regiões de característica árida e semiárida, que tem sua situação agravada pela escassez de água superficial e pela falta de precipitação.

Akbari *et al.* (2020) reforçam a importância da agricultura para o planeta, mas referem tratar-se de uma atividade ameaçada pela mudança climática, que gera impacto para a produção agrícola e na economia, devido à alteração na temperatura e na precipitação, causando desequilíbrio no sistema de água subterrânea, proporcionando redução significativa na produção de alimentos, impactos esses que afetam todas as regiões do planeta.

As ferramentas que avaliam os recursos hídricos, em sua grande maioria, se concentram na avaliação de água de superfície, mas diretrizes globais apontam para a necessidade e importância de se avaliar os níveis de estresse hídrico subterrâneo. Assim sendo feito, os resultados mostraram que havia captação em excesso de água em alguns aquífero e, em outros, bem menos captação, mas também observou-se que os indicadores não avaliam impacto de água doce na escala local ou nas sub-bacias hidrográficas, sinalizando, assim, a necessidade de adaptar métodos de análise para uso planejado local do abastecimento de água (GEJL *et al.*, 2018).

Para a busca por indicadores capazes de capturar resultados positivos para água subterrânea optou-se pelo AGWaRe (água subterrânea disponível restante), sofrendo algumas modificações para que fosse possível chegar a pontuações de impacto do uso de água subterrânea e, caso necessário, a utilização de outros indicadores, sendo relevante porque os sistemas de águas subterrânea estão ligados ao ciclo hidrológico e têm pontos para serem considerados em conjunto, ressaltam Gejl *et al.* (2018).

O AGWAre tem uma resolução espacial altíssima, capaz de suportar avaliações escalas de grande relevância para o abastecimento de água, em relação à captação subterrânea, oferecendo um suporte de alta qualidade na tomada de decisão, além de refletir distinções de impactos nos sistemas de água subterrâneas adjacentes, o que faz grande diferença de impactos entre os sistemas de águas subterrâneas. Esse indicador passa a ser de grande valia no auxílio da gestão regional da água e também auxiliando na formulação de regulamentos, afirmam Gejl *et al.* (2018).

#### 2.4 PLANO DE BACIAS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O Brasil possui um dos mais avançados planos de gestão de recursos hídricos do mundo, e um dos principais instrumentos de planejamento e gestão, que tem como objetivo dar diretrizes para os Plano de Bacias Hidrográficas, são constituídos por documentos compostos por diagnósticos, prognósticos, objetivos e metas estratégicas para alcançar os números estabelecidos, programas e projetos, todos direcionados para os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, afirmam Peres e Silva (2013).

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Ela é composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que afluem, até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997). É de responsabilidade do comitê de bacias a articulação entre os diversos agentes, atuar em primeira instância no caso de conflito e sobre a aprovação do plano de recursos hídricos da bacia da qual faz parte, argumentam Porto e Porto (2008).

Segundo Chou *et al.* (2016), os fatores naturais, características de saúde da bacia e atividades humanas, são fatores que determinam as condições das bacias hidrográficas, contemplam o clima, geologia, topografia e característica do solo. A bacia hidrográfica tem sua estrutura determinada pela morfologia; a evolução e as funções têm efeitos restritos, na medida em que a bacia se modifica em relação à atividade humana, apresentando saúde, classificada em quatro aspectos: hidrologia, sedimento, vegetação e qualidade da água. Os indicadores referentes a esses aspectos podem avaliar o estado geral das condições das bacias.

Pizella (2015) relata o histórico sobre a política hídrica no Brasil, que teve início em 1934, com a criação do Código das Águas, que regulava o uso de água doce para hidroelétricas. Entretanto, o Código das Águas foi criado pelo Ministério da Agricultura e foi gerenciado pelo setor até o ano de 1961 e, após pressões do setor hidroelétrico, a gestão

foi transferida para o Ministério de Minas e Energia, devido problemas, como aumento da contaminação dos recursos hídricos, falta de tratamento de esgoto de residências e indústrias, e o aumento do consumo de água para atender à demanda agrícola para irrigação. Assim, teve início uma pressão da sociedade pela criação de órgão autônomo para gerir os recursos hídricos, quando nasceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9433/97.

Pizella (2015) discorre sobre a finalidade da Política Nacional de Recursos Hídricos que tem, entre suas responsabilidades, gerir as bacias hidrográficas de forma descentralizada, com responsabilidades da União, dos Estados e Municípios, e que também constitui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com instrumentos de gestão que contemplam o Plano Nacional de Recursos Hídricos, enquadramento das águas doces superficiais em classes de qualidade, a outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, além de garantir o funcionamento do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e a participação pública na gestão desses recursos.

A implementação do Plano de Bacias Hidrográfica apresentou resultados positivos em relação à gestão dos recursos hídricos, mas, por outro lado, algumas dificuldades se fizeram presente durante o processo, como a inserção de questões ambientais ao definir as metas e os planos de ações. Também, tornou-se um desafio a inclusão social, pois, apesar de o projeto apresentar um discurso positivo, a gestão da água se apresenta como desigual entre as áreas de maior poder aquisitivo, e os pequenos usuários são quem enfrentam enormes barreiras na defesa de sua demanda, por se tratar de uma estrutura seletiva, completam Peres e Silva (2013).

#### **2.4.1 Bacias hidrográficas e o reuso das águas**

A reutilização de água residual é de suma importância na gestão dos recursos hídricos no Brasil, mas continua sendo uma prática pouco utilizada, ou seja, não são aproveitadas as possibilidades que esse processo oferece, e a falta de uma regulamentação robusta dificulta a implementação desse recurso (SCHAER-BARBOSA; SANTOS; MEDEIROS, 2014).

Na necessidade de se gerenciar as águas residuais, despertou-se a busca por alternativas eficientes, através de diversos estudos, que identificaram tecnologias que possam colaborar com a recuperação das águas residuais e alternativas potenciais, mas que devem ser utilizadas de forma descentralizadas, e que podem contribuir, do ponto de vista técnico e econômico, na maioria dos casos. A infraestrutura atual de tratamento de água

residual na maioria dos países é coordenada pelas concessionárias públicas ou controlada pelo governo, afirmam Sun *et al.* (2020).

A escassez hídrica remete para a necessidade do uso da água de reuso, que passa a ser uma das principais alternativas em atender à necessidade global de água. A água deve passar por um processo de recuperação que está determinado por uma legislação criteriosa, para garantir sua qualidade, para que possa ser destinada para o uso. Após o tratamento da água os benefícios são diversos, como economia de água doce, diminuição do impacto da

seca, produção de água mais barata, o que atende aos requisitos da meta do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, que é garantir a disponibilidade hídrica para todos e realizar uma gestão sustentável desse importante recurso, completam Chhipi-Shrestha *et al.* (2019).

O uso de água recuperada é uma tendência global, e Chhipi-Shrestha *et al.* (2019) relatam que a estimativa do consumo de água de reuso será maior que a de dessalinização, no futuro. Em torno de 60 países já utilizam a água recuperada para diversos fins, em diversas atividades.

Devido à crescente demanda por recursos hídricos, Saravanan *et al.* (2021) escrevem sobre a necessidade de se recuperar as águas residuais, e a remediação pode ser uma das alternativas adequadas para recuperar as águas industriais contaminadas. De forma geral, a produção industrial é o processo responsável por grande parte das contaminações dos recursos hídricos e o tratamento do recurso contaminado proporciona proteção para os recursos ambientais, já que os efluentes contaminados são compostos por metais pesados, corantes, pesticidas, herbicidas, produtos farmacêuticos, entre outros.

Saravanan *et al.* (2021) ainda detalham sobre os malefícios que os contaminantes podem causar ao meio ambiente quando encontrados em grande quantidade nos recursos hídricos. O agravamento na contaminação dos recursos hídricos acontece quando alguns segmentos, como mineração, petroquímica, têxtil ou de corantes, contêm produtos químicos tóxicos que oferecem risco à saúde humana. Os contaminantes perigosos foram identificados em maior quantidade em países em desenvolvimento, e com o constante crescimento do processo de contaminação das águas estima-se que cerca de 1,1 bilhão de pessoas no mundo consome água com algum tipo de contaminante.

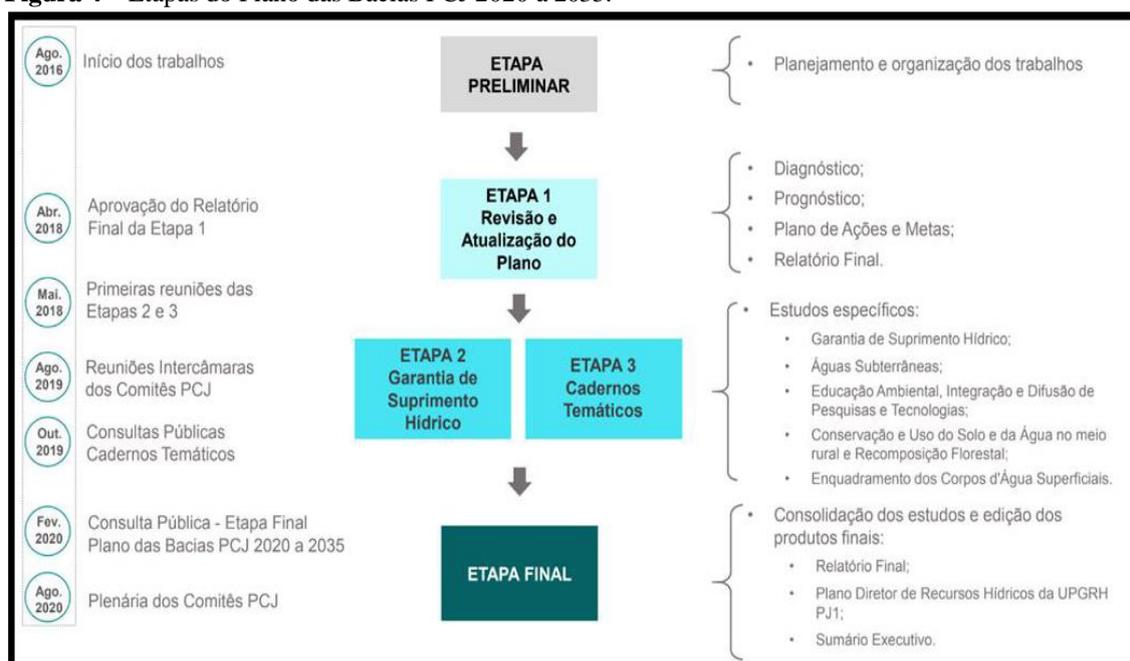
## 2.5 PLANO DE BACIAS PCJ: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O plano de Bacias PCJ é a consolidação de informações sobre a situação das Bacias PCJ com estudos sobre as tendências e possibilidades para o futuro dos recursos hídricos da região, ou seja, diagnóstico e prognóstico que simulam possíveis cenários futuros sobre

a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Também, contempla, no documento, um plano de ação robusto com metas definidas a serem alcançadas até 2035, com o objetivo de alcançar a sustentabilidade hídrica das Bacias PCJ (COMITÊS PCJ, 2020).

O plano de Bacias PCJ 2020 a 2035 foi desenvolvido entre os anos de 2016 e 2020, em cinco etapas que fizeram referência ao marco temático e temporal no período de construção deste plano, conforme ilustra a figura a seguir.

**Figura 4** – Etapas do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.



**Fonte:** Elaborado pelo (COMITÊS PCJ, 2020).

As etapas foram a preliminar, que organizou e planejou os trabalhos e teve início em 2016; a Etapa 01, que revisou e atualizou os Planos das Bacias PCJ entre os anos de 2010 a 2020; a Etapa 02, em que foi elaborado o Caderno Temático da Garantia de Suprimento Hídrico; a Etapa 03, em que o Caderno Temático definiu os 05 estudos específicos do programa que está descrito na figura 4; e, por fim, a consolidação dos estudos e edição dos projetos finais.

As bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá atendem uma população de 6 milhões de pessoas, com uma área de cobertura de 15.377 km<sup>2</sup>, somando um total de 76 municípios atendidos entre o Estado de São Paulo e Minas Gerais. A grande maioria das pessoas atendidas residem na área urbana e são responsáveis por uma fatia importante do produto interno bruto (PIB) do Brasil, chegando a 7% do total, e que conta com uma precipitação anual entre 1200 a 1800 mm/ano. Em relação à distribuição para abastecimento, 52% está direcionado ao abastecimento doméstico; já a indústria consome

29%, enquanto a agricultura é representada por 18%. Ainda como informação relevante sobre as bacias PCJ, é o cultivo de cana-de-açúcar que ocupa 33% do território das bacias, e as pastagens tomam 39% da região, afirmam De Souza Leão e De Stefano (2019).

Bega *et al.* (2021) relatam que a agência das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí foi a primeira do mundo a assinar o termo de adesão ao Pacto Global das Organizações das Nações Unidas (ONU), que tem como objetivo a conexão com órgão internacional, gerando visibilidade sobre os trabalhos realizados pela agência em relação aos Objetivo de Desenvolvimento Sustentável.

A bacia hidrográfica sofre com a falta de reservatórios. O abastecimento das bacias PCJ tem total dependência das vazões fluviais, e os reservatórios existentes para suportar o acondicionamento desse importante recurso natural fazem parte do sistema Cantareira. Essa dependência fez com que discussões sobre a necessidade de se construir outros reservatórios viessem à tona, e então nasceu o projeto de construção de um reservatório na cidade de Pedreira e outro na cidade de Amparo. Trata-se de projeto antigo, discutido desde a década de 1980, mas, são tratados como mais ou menos importância e/ou investimentos por cada gestor estadual que assume o governo. Outro agravante para a gestão dos recursos hídricos das bacias PCJ é o baixo nível de qualidade da água, devido ao baixo volume de esgoto tratado, uma vez que, mesmo com grande evolução no tratamento, os dados de 2016 apontam 90% do esgoto gerado foi capitado, e cerca de 73,5 desse total foram tratados, completam De Souza Leão e De Stefano (2019).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo caracteriza-se como sendo uma pesquisa exploratória, de base bibliográfica e documental. Utiliza para coleta e análise dos dados técnicas de abordagem mista, qualitativa e quantitativa, com o propósito de avaliar os indicadores de sustentabilidade das ações de gestão dos recursos hídricos das bacias PCJ.

#### **3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA**

A pesquisa exploratória auxilia no melhor entendimento do assunto pesquisado com variadas formas de discussão, passando para o pesquisador familiaridade do tema, contribuindo na construção das hipóteses (GIL, 2009).

A pesquisa qualitativa pode ser conduzida a partir de caminhos diferentes, não sendo uma proposta engessada, dando liberdade e permitindo criatividade e exploração sobre o objetivo estudado, buscando resposta para o tema em estudo, não se baseando em dados numéricos, mas sim em entendimento profundo, e explicando os porquês dos itens estudados (GODOY, 1995).

A pesquisa documental se apresenta como análise de diversas naturezas que ainda não foram analisadas de forma crítica, com o objetivo de adquirir novas interpretações ou para complementar informações já adquiridas (GODOY, 1995).

Gil (2009) afirma que a pesquisa documental é utilizada para a análise de documentos que ainda não receberam uma análise profunda ou que podem ser analisados de acordo com as pesquisas que estão sendo realizadas e com vantagens, como de que os documentos possuem fontes estáveis de dados podendo ser conservados por longos períodos.

Ainda, Gil (2009) define pesquisa bibliográfica como pesquisa por materiais previamente selecionados, com assuntos definidos e relevantes, que possam auxiliar no problema de pesquisa, colaborando com a busca de informações que possam ajudar na resolução de um determinado problema, sendo realizada a partir de buscas em livros, artigos científicos e pesquisa pela internet, entre outros.

A estratégia de busca para elaborar os referenciais utilizados no estudo baseou-se em uma pesquisa bibliográfica por artigos publicados nos últimos 5 anos, em inglês, português, espanhol e francês, utilizando as bases de dados constantes do Portal de Periódicos da CAPES, Scielo, Scopus e Web of Science.

A seleção do estudo foi feita a partir dos materiais encontrados na bibliografia, selecionados de acordo com as palavras chaves Sustentabilidade Hídrica, Gestão de Recursos Hídricos, Indicadores para a Gestão de Recursos Hídricos, Plano de Bacias e Plano de Bacias PCJ.

O presente estudo olha para os indicadores de avaliação da sustentabilidade das ações propostas no Plano de Bacias 2020/2035, dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, que resultou em 120 ações, classificadas por prioridades, definidas como Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa.

O estudo priorizou selecionar algumas ações classificadas no Plano de Bacias 2020-2035 como prioridade muito alta, dado que, hipoteticamente, seriam aquelas capazes de causar maior impacto para a sustentabilidade hídrica. Em seguida, tais ações foram submetidas a uma matriz de análise, previamente elaborada para avaliar o impacto destas ações nos três pilares da sustentabilidade. Esta matriz de avaliação recorre ao modelo de Robert Gibson (2006), em seu aspecto mais geral, e aos indicadores adaptados de David Annandale e Hagler Bailly (2014) e Annandale, Hagler e Pakistan (Pvt) (2014), em particular.

A definição pela escolha do modelo de Gibson para avaliar a sustentabilidade das ações propostas no Plano de Bacias 2020/2030 partiu do princípio da capacidade da ferramenta de avaliar os pilares econômicos, social e ambiental da sustentabilidade, apresentando uma baixa possibilidade de falhas e com resultados coerentes e alinhados com a sustentabilidade que, nesse caso, está voltada para a disponibilidade hídrica atual e futura, alimentando os gestores e tomadores de decisão com dados importantes para auxiliá-los nas tomadas de decisões sobre o plano de ação proposta pelo consórcio Profill-Rhama.

### **3.1.1 Matrizes de avaliação da sustentabilidade proposta por Gibson**

Gibson, apresenta oito critérios de avaliação voltados para a sustentabilidade do programa que auxilia na avaliação das ações com foco nos três pilares, a saber:

**QUADRO 1** - Critérios para a avaliação da sustentabilidade proposto por Gibson

<b>I. Integridade do sistema socioecológico;</b>
Tem referência na relação entre o ser humano e a ecologia, com o objetivo de preservar o sistema biofísico essencial à vida, utilizando recursos da região sem impactar a qualidade do meio ambiente.
<b>II. Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades;</b>
Garantir aos indivíduos recursos suficientes para uma vida de qualidade com oportunidade de evolução sem impactar o futuro das novas gerações.
<b>III. Equidade intrageracional;</b>
Poder de escolher meios para atender às necessidades básicas para todos no que se refere à saúde, educação, reconhecimento social e equidade.
<b>IV. Equidade intergeracional;</b>
Refere-se ao poder escolher oportunidades para as novas gerações, para uma vida de qualidade, com inclusão, e que seja sustentável.
<b>V. Manutenção de recursos naturais e eficiência;</b>
Condicionar garantia de vida equilibrada para todos, reduzindo, assim, riscos de impactos ao sistema socioecológicos, gerando menor quantidade de resíduos e consumindo menos energia e matéria prima.
<b>VI. Civilidade socioambiental e governança democrática;</b>
Direciona em capacitar os indivíduos e motivá-los, considerando a comunidade e os tomadores de decisão, em busca da sustentabilidade de forma transparente e com informações claras para a consciência de todos, e responsabilidade com trabalhos em conjunto, no que se refere à administração, mercado habituais e pessoais.
<b>VII. Prevenção e adaptação;</b>
Trata de identificar os potenciais riscos que possam causar danos ao ecossistema, evitando danos ao meio ambiente, agindo de forma preventiva, sempre com a evolução do aprendizado sobre o tema.
<b>VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo.</b>
Gerenciar os cenários atuais e futuros no princípio da sustentabilidade, buscando equilíbrio entre meio ambiente, economia e sociedade, com ganhos para todos os indivíduos, com qualidade de vida e oportunidade de evolução sem que exista divergência entre os três pilares, com capacidade de entendimento sobre planos e assuntos discutidos em busca de soluções para que a sustentabilidade de fato aconteça.

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em Gibson (2006) (2023).

Foi elaborada uma **matriz de avaliação da sustentabilidade**, conforme demonstrado no Quadro 2, com o objetivo de identificar se os critérios econômicos, sociais e ambientais estão sendo atendidos, e auxiliar na gestão das ações do Plano de Bacias PCJ.

**QUADRO 2** - Tabela de avaliação seguindo os critérios proposto por Gibson.

<b>Avaliação das ações do Plano das Bacias PCJ 2020-2035</b>												
<b>Plano de Bacia 2020-2035</b>					<b>Críticos de Gibson Atendidos</b>							
Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Ação Prevista	Meta	Indicadores	Prioridade	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Programa 1												
Programa 2												
Programa 3												
Programa 4												
Programa 5												
Programa 6												

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em Gibson (2006) (2023).

O Quadro 2 trará os dados para pesquisa extraídos dos documentos disponibilizados pela Agência das Bacias PCJ, que foram elaborados pelo Consórcio Profill-Rhama PCJ, denominado como Relatório Final e o PARECER TÉCNICO CT-PB, com o cronograma atualizado de atividades para a gestão da implementação do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.

Os indicadores de avaliação de impacto, adaptados de Annandale, Hagler e Pakistan (Pvt) (2014), conforme Quadro 3, estabelecem os seguintes critérios de aplicabilidade para as ações previstas no Plano de Bacias 2020-2035;

As ações relacionadas as questões ambientais foram submetidas a análise de impacto com base nas perguntas relacionadas no quadro 3 para saber se atende, não atende ou não se aplica os critérios ambientais e posteriormente os itens submetidos a planilha de impacto foram analisados criticamente.

Os mesmos critérios de análise foram aplicadas as questões socioeconômicas e analisados criticamente individualmente e relatados no texto considerando se as ações do Plano de Bacias Hidrográficas podem gerar ou não impactos em relação a sustentabilidade hídrica.

**QUADRO 3** – Critérios e indicadores para avaliação de impacto

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água						
TEMA	COMENTÁRIO			S	N	N/A
AMBIENTAL						

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
Perda de habitats e biodiversidade (terrestre)	Inundação por barragens e reservatórios e perda de habitats terrestres importantes.			
	Desmatamento (para hidrelétricas, barragens, estradas e linhas de transmissão e liberação de carbono armazenado).			
	Fragmentação de habitats e criação de barreiras aos movimentos da vida selvagem.			
	Desobstrução de vias de acesso e linhas de transmissão, e consequente perturbação da migração e aumento de mortes na estrada.			
	Aumento da caça furtiva e caça devido ao aumento do acesso às áreas.			
	Perturbação da fauna por ruído, vibração e poeira de detonação e outras construções.			
	Afogamento de espécies durante o represamento do reservatório.			
	Introdução de espécies invasoras.			
	Mudanças na diversidade ou composição das comunidades de plantas e animais devido a mudanças nos ecossistemas.			
	Impactos nos serviços ecossistêmicos, como árvores usadas como combustível.			
	Submersão de cavernas usadas por morcegos.			
	Impactos na fauna terrestre de mudanças no ecossistema aquático (por exemplo, perda ou redução de fontes de alimento).			
Perda de habitat ribeirinho devido à erosão.				
Colisão de pássaros e morcegos com linhas de energia aéreas, levando a eletrocussão.				
Perda de habitats e biodiversidade (aquática)	Perda de habitats ribeirinhos por inundação ou mudanças no regime de fluxo do rio.			
	Mudança de habitat lântico (água doce) para lótico (água em movimento) no novo reservatório.			
	As paredes da barragem impedem a migração de peixes para áreas de reprodução.			
	A decomposição da matéria orgânica na base das barragens ao longo do tempo pode esgotar o oxigênio da água e matar peixes e organismos aquáticos.			
	Peixes mortos por turbinas de usinas de força e/ou por canais de cauda/vertedouros.			

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
	Aumento da pesca (superexploração) devido a: (a) aumento do acesso (por exemplo, a áreas anteriormente inacessíveis), via de acesso e linhas de transmissão, ou em decorrência de mão de obra na área; e (b) criação de redes populares de pesca em áreas onde os peixes se concentram.			
	Bloqueio dos movimentos dos peixes.			
	Fragmentação de sistemas aquáticos.			
	Mudança nos fluxos de sedimentos e nutrientes devido a mudanças no fluxo do rio, que podem afetar a biodiversidade e diminuir cargas de sedimentos a jusante.			
	Mudança nos habitats ribeirinhos devido ao hydropeaking <sup>17</sup> e efeitos agressivos do rio, em caso de lançamentos: perda de interface entre a terra e o rio devido à erosão ribeirinha.			
	Fragmentação e perda ou alteração dos ecossistemas aquáticos e conectividade no sistema fluvial: animal em migração, os movimentos dos peixes, à deriva do plâncton, podem ser bloqueados a montante e a jusante por uma barragem.			
	Perda de habitat de planície de inundação a jusante: a regulação de um rio por uma barragem e reservatório reduz a magnitude e duração dos fluxos de inundação, o que reduz as inundações a jusante e o transporte de sedimentos.			
	Introdução de plantas exóticas invasoras e espécies animais, levando a mudanças na estrutura do ecossistema e composição.			
Mudanças no uso da terra	Inundação de terra, levando à perda direta de terra produtiva ou perda de habitat.			
	Mudanças nos fluxos de nutrientes e transporte de sedimentos, levando à perda indireta de terras agrícolas a jusante.			
	Mudanças no regime de fluxo do rio, levando a terras agrícolas menos produtivas a jusante (por exemplo, rio não mais inundar culturas quando necessário).			
	Uma barragem ou infraestrutura hidrelétrica pode alterar o acesso a uma área, levando a mudanças indiretas no uso da terra, como perda de terra produtiva.			
Erosão e sedimentação	Limpeza e perturbação da vegetação e do solo em áreas ao redor de barragens e rios, resultando em erosão e escoamento de sedimentos para o rio.			

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
	Deslizamentos de terra: movimentos do solo, como fluxos de lama e fluxos de detritos, que ocorrem devido à construção do projeto.			
	Erosão e instabilidade da margem ou leito do rio (e áreas adjacentes, por exemplo, após mudanças no fluxo do rio e geomorfologia).			
	Erosão da borda ou limite do reservatório e aumento da sedimentação no reservatório.			
	Chuvas intensas em terras desmatadas que podem levar a voçorocas e aumento do escoamento, erosão e sedimentação (durante construção e na captação de um reservatório).			
	Mudanças na geomorfologia dos canais dos rios e aumento das forças de erosão a jusante devido ao sedimento retenção.			
	Aumento do escoamento de sedimentos em rios ou córregos em pontos de passagem de veículos durante a construção.			
	Retenção e acúmulo de sedimentos ao longo do tempo (por exemplo, no fundo da barragem - reduzindo a capacidade da barragem ou localmente em leitos de rios).			
	A liberação de água carregada de sedimentos pode causar problemas a jusante.			
Qualidade do ar	Poluição do ar por máquinas e veículos (equipamentos de construção, caminhões, ônibus de trabalhadores etc.).			
	Poeira de desmatamento e construção, veículos em estradas de terra.			
	Poeira de áreas expostas da margem da barragem após operações de rebaixamento.			
Qualidade da água	Esgoto, resíduos sólidos e escoamento poluído em barragens e rios durante a construção (escoamento de despejo de materiais escavados), que pode contaminar as águas superficiais e subterrâneas.			
	Derramamentos de óleo ou produtos químicos durante a construção ou operação.			
	A poluição da bacia hidrográfica pode se acumular em reservatórios.			
	Liberação de metais pesados de sedimentos.			
	Estratificação do reservatório: separação da água do reservatório em zonas oxigenadas e desoxigenadas (devido a decomposição orgânica), e água com temperatura fora de estação liberada para jusante.			

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
	Mudança na qualidade da água devido à sedimentação durante a construção, e vazões alteradas durante a operação - com aumento da turbidez ou turbidez da água causada por partículas individuais.			
	Decomposição orgânica: decomposição de material orgânico durante os primeiros anos de operação, levando ao consumo de oxigênio.			
	Diminuição da qualidade do ar durante as operações de rebaixamento e exposição das áreas do reservatório.			
	Mudanças no regime de fluxo podem aumentar a concentração de poluentes e resultar na liberação de água carregada de nutrientes; também pode haver entrada de sedimentos e poluição ou substâncias perigosas de construção na bacia hidrográfica mais ampla, e despejo de materiais escavados.			
	Contaminação de águas superficiais e subterrâneas - particularmente durante a construção.			
	Impactos da degradação da qualidade da água a jusante.			
	Eutrofização devido ao escoamento de fertilizantes na bacia hidrográfica (nitrogênio, fósforo e outros nutrientes) e enriquecimento em barragens.			
Hidrologia	O fluxo dos rios pode ser alterado significativamente devido à presença de uma barragem ou açude.			
	Água reduzida para uso a jusante (por exemplo, irrigação, consumo).			
	Mudanças a jusante: reduzem ou alteram significativamente os padrões de fluxo entre a entrada e a casa de força.			
	Regime de fluxo alterado e fluxos de sedimentos a jusante da casa de força.			
Gases de efeito estufa (GEE)	A energia hidrelétrica pode reduzir as emissões de GEE ao substituir o carvão como fonte de combustível.			
	Emissões de GEE (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso) de reservatórios (particularmente da decomposição de vegetação submersa) e de veículos e combustíveis usados em máquinas e acampamentos durante a construção.			
Ruído e vibração	Impactos de ruído e vibração durante a construção (de máquinas, veículos, detonação, perfuração).			
Estragar	Quantidades significativas de material entulho podem exigir descarte (onde a reutilização não é uma opção) devido à abertura de túneis e atividades de escavação.			

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
Inundações	Inundação de novas áreas para criar reservatório represado.			
	Inundações repentinas a jusante (devido a brechas, galgamento, liberações de emergência).			
	Ruptura de barragem resultando em perda de vidas, comunidades, infraestrutura e biodiversidade, erosão.			
	Reservatórios podem ser usados para regular o fluxo de água e controlar enchentes.			
<b>SOCIO-ECONÔMICO</b>				
Deslocamento físico e econômico	Deslocamento físico e realocação de pessoas e suas estruturas devido ao represamento do reservatório.			
	Perda de atividades econômicas e de subsistência, como agricultura, pecuária, pesca.			
	Perda de receita de pequenas empresas e atividades empresariais.			
Herança cultural	Perda de (e perda de acesso a) sítios e propriedades religiosas, culturais, históricas e arqueológicas submerso por barragem e em locais a jusante, ou destruídos ou danificados devido a linhas de transmissão e estradas de acesso.			
Emprego e condições de trabalho	Oportunidades de trabalho com empresas hidrelétricas e seus contratados.			
	Perda de empregos em empresas existentes e administração pública quando as pessoas são realocadas.			
	Trabalho forçado e trabalho infantil em projetos hidrelétricos.			
	Poluição de áreas a jusante e a montante.			
Saúde e segurança	Qualidade de água insuficiente e de baixa qualidade para acampamentos de trabalhadores - devido à fonte de água ser afetada.			
	O afluxo de trabalhadores migrantes pode levar a um aumento de doenças transmissíveis (doenças infecciosas, como influenza, infecções sexualmente transmissíveis [ISTs] e HIV/AIDS), uso de drogas e álcool, violência e conflito.			
	Impactos nos peixes e na saúde humana das liberações de metil mercúrio de sedimentos na coluna de água e cadeia alimentar.			
	Aumento de acidentes de trânsito e mortes, principalmente durante a construção.			

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
	Afogamento acidental em reservatórios.			
	Riscos de rompimento de barragens e desastres naturais, deslizamentos de terra.			
	Impactos nas comunidades devido à explosão de rochas.			
	Incidentes de segurança elétrica.			
	Fatalidades no canteiro de obras e acomodação precária dos trabalhadores.			
	Pressão sobre os serviços de saúde (por exemplo, alta demanda de medicamentos essenciais) durante a construção.			
	Potencial para aumento de vetores de doenças transmissíveis em humanos, por exemplo malária e esquistossomose (principalmente devido a barragens).			
Migração	Afluxo de pessoas à procura de trabalho durante a construção.			
	Tensão entre imigrantes e trabalhadores.			
	Redução da força de trabalho da construção.			
Gênero e vulnerabilidade	Grupos vulneráveis (por exemplo, pobres, mulheres, pessoas com deficiência, crianças, idosos e indígenas) podem estar em desvantagem e em risco particular.			
	Aumento da violência doméstica e de gênero devido à realocação.			
	Igualdade de gênero e oportunidades de emprego em novos projetos.			
	Oportunidades para grupos vulneráveis adquirirem novas habilidades e aprenderem novas tecnologias.			
	Oportunidades para grupos vulneráveis se engajarem nos processos de tomada de decisão e no diálogo, inclusivo sobre o desenvolvimento hidrelétrico.			
Serviços públicos e infraestrutura	Perda e realocação de serviços públicos e infraestrutura devido a inundação por barragens.			
	Pressão sobre os serviços e infraestruturas de saúde pré-existentes locais, equipamentos, recursos humanos. devido a projetos, imigração, acidentes durante a construção etc.			
	Aumento da pressão sobre os serviços públicos das comunidades anfitriãs quando as pessoas deslocadas são realocadas.			
	Melhoria (investimento) na infraestrutura (por exemplo, estradas e pontes, escolas, centros de saúde e edifícios administrativos).			
	Veículos pesados e transporte danificam estradas e pontes existentes.			

Avaliação das principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água				
TEMA	COMENTÁRIO	S	N	N/A
	Enfraquecida coesão da comunidade resultante da realocação da comunidade.			
Coesão e engajamento da comunidade	Risco de conflito interno devido ao aumento do estresse como resultado da perda de renda.			
	Oportunidades para as comunidades se envolverem nos processos de tomada de decisão sobre energia hidrelétrica e desenvolvimento.			
	Aumento da tensão entre as comunidades, OSCs, ativistas e empresas hidrelétricas.			
	Conflitos sobre a falta de percepção dos benefícios do projeto para as comunidades locais (por exemplo, acesso à energia e serviços de água).			
Conflitos	Conflitos sobre perda de terras ou acesso a recursos/áreas usadas para meios de subsistência ou atividades culturais.			
	Conflitos de condições de trabalho entre os empregados na construção ou operação.			
	Tensões entre imigrantes e trabalhadores/comunidades locais.			

**Fonte:** Adaptado de Annandale, Hagler e Pakistan (Pvt) (2014) pelo autor (2023).

Os temas e a descrição constante dos comentários do Quadro 3 serão utilizados para a avaliação e análise ações constantes dos documentos “Relatório Final” e “PARECER TÉCNICO CT-PB”, disponibilizados pela Agência das Bacias PCJ.

### 3.1.2 APLICAÇÕES DO MÉTODO E ACHADOS DA PESQUISA

Com o objetivo de contribuir com a sustentabilidade dos recursos hídricos, avaliamos o Plano de Ações do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035, que é composto por 6 temas estratégicos, 19 eixos temáticos, 46 programas e 120 ações. Foi selecionada uma ação de cada tema estratégico, a saber:

- 1) Enquadramento dos Corpos de Água Superficial;
- 2) Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem;
- 3) Conservação de Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal;
- 4) Água Subterrânea;
- 5) Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas; e
- 6) Tecnologias e Gestão de Recursos Hídricos.

Como critério de seleção definiu-se que seria escolhida uma ação de prioridade muito alta de cada tema, e uma ação com maior investimento financeiro entre as prioridades muito altas, considerando que o programa, em sua totalidade, requer um investimento muito alto, e uma tomada de decisão equivocada pode ocasionar impactos negativos ao programa. O último critério é o intervalo de conclusão das ações, que foi considerado como intervalo mínimo de conclusão entre 2021 e 2030, e intervalo máximo de conclusão entre 2021 e 2035.

Essa tomada de decisão vem de encontro com o Plano de Bacias PCJ 2020-2035, que definiu as prioridades para Gestão dos Recursos Hídricos nas Bacias PCJ a partir de reunião intercâmaras, onde se discutiu estrategicamente aspectos técnicos e, posteriormente, os temas foram hierarquizados, servindo como referência para a consolidação final.

#### QUADRO 4 – Síntese das informações dos Planos de Ações

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

N	Ação	Início	Conclusão	Prioridade	Código de ação	Tema Estratégico	Maior valor de investimento considerando a prioridade muito alta
1	Implantação das ETEs projetadas e melhorias das ETEs existentes	2021	2030	Muito alta	1.1.2.5	Enquadramento dos Corpos Hídricos (ECA)	R\$ 307.457.295,12
2	Manutenção e aprimoramento de um modelo chuva-vazão para as Bacias PCJ	2021	2035	Muito alta	2.1.1.1	Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem (GSH)	R\$ 8.025.000,00
3	Promoção da conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga	2021	2035	Muito alta	3.1.2.1	Conservação e Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal (CRF)	R\$ 54.880.000,00
4	Realizar os procedimentos estabelecidos para as áreas de restrição e controle já identificadas nas Bacias	2021	2030	Muito alta	4.3.2.1	Águas subterrâneas (AS)	R\$ 3.100.000,00
5	Elaboração e execução de um Plano de Comunicação para o fortalecimento da comunicação entre a sociedade civil e	2021	2035	Muito alta	5.1.1.1	Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EA)	R\$ 11.250.000,00
6	Expansão, integração, operação e manutenção da rede de monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos	2021	2035	Muito alta	6.2.3.1	Gestão de Recursos Hídricos (GRH)	R\$ 52.228.670,83

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISES DOS RESULTADOS ENCONTRADOS**

#### **4.2 Códigos das ações**

O código de ação 1.1.2.5 do Plano de Bacias PCJ, assim como ocorrerá com os códigos de ação 2.1.1.1, 3.1.2.1, 4.3.2.1, 5.1.1.1 e 6.2.3.1, na sequência do trabalho, foi submetido à análise de impacto sobre as principais questões ambientais e socioeconômicas associadas à água, e aos temas aos quais as ações foram avaliadas e pontuadas, em relação ao atendimento ou não de cada item.

##### **4.2.1 Códigos de ação 1.1.2.5**

Esta ação contempla a execução das intervenções apontadas pelos estudos e projetos das Estações de Tratamento de Esgoto. Tais intervenções visam aumentar a capacidade do tratamento, de modo que este seja capaz de tratar 100% dos esgotos sanitários coletados de cada município componente das Bacias PCJ. Cabe salientar que os custos de implantação aqui apresentados se referem aos municípios que não possuem, atualmente, tratamento de esgoto, e/ou necessitam de ampliação de capacidade de tratamento. Foram excluídos dos custos o tratamento terciário; ou seja, são apresentados apenas os custos de implantação do sistema para remoção da carga orgânica. As indicações do presente relatório quanto ao tipo de sistemas de tratamento servem apenas como balizador, e não como uma definição de qual será o tipo de tratamento. É importante destacar que as curvas de custos utilizadas para a estimativa dos mesmos já consideram a estabilização e deságue do lodo gerado. Desta forma, a definição do melhor tipo de tratamento ocorrerá nas ações de estudos de concepção e projetos.

O Quadro 5 apresenta o resultado a análise de impacto com base nos critérios de Gibson e a porcentagem de atendimento dos itens avaliados

**QUADRO 3** - Avaliação da ação 1.1.2.5 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Meta	Indicador	Início	Conclusão	Valor do investimento				Prioridade
Programa 1 Enquadramento dos Corpos Hídricos (ECA) Codigo de ação 1.1.2.5	Tratar 100% dos esgotos sanitários coletados de cada município componente das Bacias PCJ.	Verificar a quantidade do esgoto tratado atualmente	2021	2030	R\$ 307.457.295,12				Muito alta
Avaliação em relação aos critérios de Gibson									
Ação Prevista	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	RAZÃO A/8
Implantação das ETEs projetadas e melhorias das ETEs existentes	A	N	N	N	N	A	N	N	25,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

#### 4.2.1.1 – Avaliação da Dimensão Ambiental

No quesito ambiental foi avaliado o tópico “perda de habitats e biodiversidade (terrestre)”, e as não conformidades foram identificadas em quase todos os tópicos analisados para possíveis impactos ambientais durante a implementação do projeto, como inundação por barragens e reservatórios e possíveis perdas de habitats terrestre importantes; desmatamento para construção de barragens e estradas; fragmentação de habitats; criação de barreiras impedindo a movimentação da vida selvagem; desvio de via de acesso que resulta na perturbação da migração e aumento de morte de animais nas estradas; aumento da caça ilegal causado pela facilitação do acesso às áreas; impacto da fauna pelo ruído das obras, vibrações e poeiras de detonação e outras atividades de construção; afogamento de espécie durante o processo de represamento dos reservatórios; introdução de espécies invasoras; mudanças de diversidade; alteração das comunidades de plantas e animais devido à alteração do ecossistema e/ou à utilização de árvores como combustível; impacto na fauna terrestre por mudança no ecossistema aquático, com perda ou redução das fontes de alimentos. No critério “perda de habitats e biodiversidade (aquática)” apenas dois itens foram identificados como possíveis impactos ambientais: a perda de habitats por inundação ou mudanças no regime do fluxo do rio, e introdução de plantas exóticas invasoras e espécie de animais devido à alteração do ecossistema.

No tópico “mudança no uso da terra”, foram identificados possíveis risco de inundação de terra, causando perda produtiva e perda de habitat; alteração no fluxo dos nutrientes e transporte de sedimentos, levando a perda de terra agrícola a jusante; possíveis mudanças no fluxo do rio, levando a terra agrícola menos produtivas a jusante; e a construção de barragem que poderá dar acesso a uma determinada área, causando mudanças indiretas no uso da terra, deixando-a improdutivo. Erosão e sedimentação

também foram identificado como possíveis impactos, devido à limpeza e perturbação da vegetação e do solo, resultando em erosão e escoamento de sedimento para o rio; movimento do solo, como fluxo de lama e detritos devido a obras de construção; instabilidade da margem ou leito do rio; erosão de borda ou limite do reservatório; chuvas intensas em terras desmatadas, que podem causar voçorocas e aumento de escoamento, e erosão durante a construção e na captação de um reservatório; mudanças na geomorfologia dos canais dos rios; pontos de passagens de veículos durante a construção podem provocar escoamento de sedimentos; retenção e acúmulo de sedimento ao longo do tempo pode reduzir a capacidade da barragem; o descarregamento de água com sedimento pode causar problemas a jusante; e a poluição do ar, provocada por máquinas e veículos utilizados na construção.

A qualidade do ar e da água também pode ser impactada, devido à poluição do ar, causada pelas máquinas e veículos; poeiras produzidas por desmatamento e construção; geração de esgoto e resíduos sólidos; escoamento poluído, contaminando as águas subterrâneas; contaminação da água por produtos químicos derramado durante a construção; poluição de bacias hidrográficas; liberação de metais pesados; alteração da temperatura natural da água; alteração na qualidade da água, causada por sedimentos de construção; decomposição orgânica; eutrofização devido ao escoamento de fertilizantes, atingindo a bacia hidrográfica.

Emissão de gases de efeito estufa causada pela operação de máquinas e equipamentos; ruído e vibração, também causado pelo uso de máquinas, equipamentos e veículos; inundações de novas áreas devido à construção de reservatório; e ruptura de barragens podem causar mortes de pessoas, impacto na comunidade em geral, e na biodiversidade.

#### *4.2.1.2 Avaliações da Dimensão Social*

Impactos sociais também foram identificados e pontuados pela probabilidade de causar danos, devido ao deslocamento de pessoas e suas estruturas; perda de acesso a sítios, propriedade religiosa, cultural, histórica e arqueológica, causada por construções; impacto nos grupos de pessoa vulneráveis, como pobres, mulheres, pessoas com deficiência, crianças, idosos, comunidade indígena; igualdade de gênero, ou seja, a garantia de direitos e oportunidade iguais para homens e mulheres; baixa qualidade no serviço de prestação de saúde, devido ao aumento da população, mesmo que por tempo determinado; sobrecarga

nos serviços público; relocação da comunidade quando necessário; e conflito sobre a perda de terra e meios de subsistência.

#### *4.2.1.3 Avaliações da Dimensão Econômica*

A economia também deverá ser impactada negativamente, pois identificou-se possibilidade da perda de emprego devido ao deslocamento das pessoas e mudança de empresa da região; diminuição de atividades econômicas na agricultura e pecuária; risco de trabalho infantil e escravo durante as obras; o número de acidente na construção do reservatório pode causar danos aos cofre dos municípios da região, assim como estouro de barragens, e também pode haver falta de mão de obra na indústria da construção pelo fato da obra absorver grande parte da mão de obra da região; a circulação de veículos pesados na região pode causar danos nas estradas, fazendo com que seja necessário ao município direcionar recursos para reparar tais danos.

Posteriormente, avaliou-se se as ações atendem os critérios de Gibson em suas 8 dimensões, e os resultados obtidos estão descritos abaixo:

#### **I. Integridade do sistema socioecológico:**

Partindo do princípio de que o projeto tem um plano de estudo e relatórios que visam o licenciamento ambiental das ETEs projetadas, os impactos ao meio ambiente e a população serão mapeados e discutidos, com o objetivo de alcançar um equilíbrio entre a implementação do projeto, eliminação dos impactos ambientais e população.

#### **II. Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades:**

O plano de ação do item 1.1.2.5 não contempla um estudo que avalie o impacto que as atividades de ampliação das estações de tratamento de esgoto podem causar aos moradores da região, como possível desapropriação de área e comprometimento de renda das pessoas com a possibilidade de desapropriação de suas residências. Assim, as condições de vida atual e futura correm risco de serem comprometidas pelos projetos.

#### **III. Equidade intrageracional:**

O projeto não traz a discussão sobre saúde, educação e reconhecimento social, voltada para os possíveis moradores do local. Também se faz necessário elaboração de ferramentas para mitigar a marginalização dos trabalhadores que atuaram na ampliação e construção das ETEs, como habitação, saúde e educação.

#### **IV. Equidade intergeracional:**

Não foi identificado no projeto nenhum plano para minimizar impactos nas gerações futuras, seja dos moradores da região ou dos funcionários que irão trabalhar nas

obras de ampliação de e construção das ETEs; ou seja, faltam ferramentas para avaliar as possíveis desigualdades sociais dos dependentes, que possam surgir a partir das condições atuais das famílias da região e trabalhadores.

#### **V. Manutenção de recursos naturais e eficiência:**

O projeto determina que seja feito um relatório visando o licenciamento ambiental das ETEs, que tem como objetivo mapear todos os possíveis impactos ambientais e auxiliar na elaboração de um plano de ação para minimizar ou eliminar os impactos ambientais identificados. Entretanto, existem outras ações no projeto que não contemplam licenciamento ambiental, como;

- Elaboração de projetos de ampliação e melhoria dos sistemas de transporte de esgotos;
- Implantação das ETEs projetadas e melhorias das ETEs existentes;
- Elaboração de estudos para ampliação e melhoria dos sistemas de coleta de esgotos;
- Elaboração de estudos para ampliação e melhoria dos sistemas de transporte de esgotos;
- Elaboração de projetos de ampliação e melhoria dos sistemas de coleta de esgotos.

Sem uma análise detalhada sobre os impactos dos projetos não é possível saber a quantidade de resíduos e os tipos de resíduos gerados, qual a destinação correta para os resíduos, o valor do tratamento e o impacto que esses resíduos podem causar ao meio ambiente. Também deve ser considerado o tipo e quantidade de matéria prima necessária para implementação do projeto, e o impacto ao meio ambiente que essa retirada pode causar.

Com base no princípio da sustentabilidade, o projeto deve contar com iniciativas de otimização dos processos e gerenciamento de resíduos, objetivando consumir a menor quantidade possível de recursos naturais

#### **VI. Civilidade socioambiental e governança democrática:**

O Plano de Bacias PCJ possui um Comitê das Bacias que participa das discussões para elaboração dos projetos, o que é uma determinação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que determina, também, que o Comitê de Bacias Hidrográfica deve ser composto por representantes do poder público, usuários e sociedade civil, com atuação comprovada nos projetos.

#### **VII. Precaução e adaptação:**

O projeto contempla um estudo de impacto ambiental na construção de novas ETEs. Nesse projeto devem ser inseridos possíveis danos ao meio ambiente e à população, como impacto ao ecossistema, e, assim, mitigar possíveis danos graves ou irreversíveis aos recursos naturais. Portanto, uma gestão de cunho preventivo e contínuo é fundamental para um projeto de qualidade e com comprometimento com a sustentabilidade.

Por outro lado, o projeto tem ações como:

- Elaboração de projetos de ampliação e melhoria dos sistemas de transporte de esgotos;
- Implantação das ETEs projetadas e melhorias das ETEs existentes;
- Elaboração de estudos para ampliação e melhoria dos sistemas de coleta de esgotos;
- Elaboração de estudos para ampliação e melhoria dos sistemas de transporte de esgotos;
- Elaboração de projetos de ampliação e melhoria dos sistemas de coleta de esgotos:

Para essas ações, não foi possível identificar um plano para mitigar possíveis danos ao ecossistema, como adaptação a mudanças climáticas, zoneamento para previsão de impacto e um plano de emergência contra os impactos ambientais.

#### **VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo:**

O Plano de Bacias PCJ é de médio e longo prazo, e especificamente o item 1.1.2.5 é um projeto de 10 anos, com ações municipais e estaduais, com o objetivo de proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população atendida pelas Bacias PCJ. Entretanto, o projeto não apresenta um plano com periodicidade de revisão, o que auxiliaria no monitoramento das ações e possíveis correções quando necessário, fazendo do projeto um plano sustentável e livre de conflitos.

#### **4.2.2 Códigos de ação 2.1.1.1**

Essa ação diz respeito à implementação de um modelo de simulação chuva-vazão nas Bacias PCJ, visando oferecer melhor embasamento no uso do Sistema de Suporte a Decisão - SSD nos estudos de cargas difusas e demais estudos de Garantia de Suporte Hídrico - GSH. O ajuste deve ser realizado por sub-bacia, considerando a evolução do uso do solo e das demandas, e a implantação de obras de regularização e transposição de vazões. O modelo deve ser aplicado para a redução de incertezas no balanço hídrico e em sistema de previsão de afluências aos reservatórios de abastecimento. Deve tratar-se, entretanto, da implementação de um modelo de simulação chuva-vazão, distribuído nas

Bacias PCJ, que considere o tipo e uso do solo, demandas de água e alterações físicas, como barragens. Com base no modelo calibrado, realizar a simulação da série de chuvas de 1940 a 2018, para obter as séries de vazões médias diárias e vazões estatísticas em cada sub-bacia. Realizar análise crítica dos valores obtidos, comparando com a série de vazões do Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE e com o balanço hídrico vigente. O modelo chuva-vazão deve ser integrado ao SSD, visando uma melhor representação temporal e espacial das Bacias PCJ para estudos de garantia de suprimento hídrico, através da geração de séries de vazões mensais e vazões estatísticas para os pontos de controle do SSD. A integração das interfaces permitirá, ainda, outros usos, como na previsão de afluências aos sistemas produtores de água e, em anos de estiagem, o alerta antecipado de déficit pela Sala de Situação PCJ, permitindo a execução de planos de contingência pelos municípios.

Ao analisar os impactos ambientais, sociais e econômicos do item 2.1.1.1, com base na planilha de análise de impacto, não foram identificados impactos nas três dimensões da sustentabilidade. Foi considerado cada tópico da planilha, principalmente por tratar-se de um projeto que determina que seja feito um estudo e, em caso de resultado positivo, que haja a implantação ou implementação do simulador chuva-vazão nas Bacias PCJ.

**QUADRO 4** - Avaliação da ação 2.1.1.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

Avaliação das Ações do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson									
Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Meta	Indicador	Início	Conclusão	Valor do investimento			Prioridade	
Programa 2 Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem (GSH) Codigo de ação 2.1.1.1	Disponibilidade de um modelo	Documentação da execução da ação	2021	2035	R\$ 8.025.000,00			Muito alta	
Avaliação em relação aos critérios de Gibson									
Ação Prevista	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	RAZÃO A/8
Manutenção e aprimoramento de um modelo chuva-vazão para as Bacias PCJ	A	N	N	N	A	A	N	N	37,50%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

Em seguida, o plano de ação foi submetido à análise do critério de Gibson, mas de forma direta, uma vez que a planilha de avaliação de impacto não identificou nenhuma ameaça durante o estudo do projeto. O resultado da avaliação está descrito abaixo:

**I. Integridade do sistema socioecológico:**

O processo de estudo não prevê impacto ao ser humano e ao sistema ecológico, pois foi desenvolvido para mitigar possíveis impactos.

**II. Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades:**

O plano de implementação de modelo de simulação chuva-vazão tem o importante objetivo de prever a disponibilidade hídrica em médio e longo prazo, para que seja possível antecipar possíveis cenários de emergência hídrica, com disponibilidade de ferramentas que auxiliem na previsão de vazão para as bacias, minimizando os riscos de baixa disponibilidade hídrica em anos de menor oferta. Entretanto, por se tratar de um plano de 15 anos, ou seja, de longo prazo, e considerando as diversas crises hídricas que o país está enfrentando, a sociedade em geral poderá ser impactada nos momentos atuais e futuros, até que esse projeto seja concluído.

### **III. Equidade intrageracional:**

A crise hídrica tem um impacto social importante, porque afeta a classe com menor poder aquisitivo. Em momentos de crise hídrica, a oferta de alimentos diminui e, como consequência, os produtos ficam mais caros, e há o comprometimento no fornecimento de energia, afetando, assim, o orçamento das famílias.

Os problemas não são apenas financeiros, mas também de saúde. Com a falta de água as condições de higiene também ficam comprometidas, gerando possíveis problemas de saúde e falta de recursos para atendimento médico de qualidade.

A ação não apresenta um plano de atendimento emergencial para as crises hídricas durante os estudos e implementação do programa, que tem prazo de conclusão de 15 anos.

### **IV. Equidade intergeracional:**

O plano de ação pretende alimentar os gestores responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos de informações e ferramentas que sejam capazes de auxiliar no planejamento e gestão dos recursos hídricos, mas o plano não prevê discussões periódicas sobre o resultado do projeto, o que torna mais difícil identificar possíveis oportunidades de ajustes e redirecionamento de rotas, podendo comprometer as gerações futuras caso o resultado do projeto não seja satisfatório.

### **V. Manutenção de recursos naturais e eficiência:**

O plano de ação não considera nenhum plano para manutenção dos recursos naturais e eficiência, mas, por se tratar de estudos e, posteriormente, implementação de ferramentas de gestão, não foi encontrada nenhuma possibilidade de impacto aos recursos naturais.

### **VI. Civilidade socioambiental e governança democrática:**

No âmbito da civilidade socioambiental e governança democrática, o Plano de Bacias PCJ possui o Comitê de Bacias, que participa das discussões para a elaboração dos projetos, o que é uma determinação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que define

que o Comitê de Bacias Hidrográficas deve ser composto por representantes do poder público, usuários e sociedade civil, todos com atuação comprovada nos projetos.

#### **VII. Precaução e adaptação:**

Plano de ação foi constituído exatamente para evitar impactos futuros, com ações preventivas capazes de detectar possíveis diminuição da disponibilidade hídrica e impacto à comunidade e, também, impactos aos recursos naturais. Porém, o plano não dispõe de um esquema de emergência para mitigar possíveis crise hídricas até que o projeto seja concluído e os riscos minimizados.

#### **VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo:**

No oitavo critério de Gibson questiona-se a sustentabilidade do projeto, ou seja, avaliar o atendimento aos requisitos ambientais, econômicos e sociais. Ao avaliar as três dimensões da sustentabilidade tem-se como premissa não só os recursos naturais, mas também qualidade e desenvolvimento sem confrontar um ao outro.

O Plano de Bacias PCJ foi elaborado exatamente com objetivo sustentável, mas apresenta alguns itens que precisam ser repensados, como uma avaliação periódica do plano aqui mencionado, plano de emergência para possíveis crises hídrica durante a implementação do projeto, e possíveis problemas financeiro para implantação do projeto, já que o principal recurso vem da cobrança federal.

#### **4.2.3 Código de ação 3.1.2.1**

Promover a conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga inclui um conjunto de atividades em comum, voltadas à adequação ambiental de locais cujas características influenciam de maneira direta os recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos. Essa ação compreende as áreas não florestadas e visa o planejamento das ações de recuperação propriamente ditas, que contemplem plantio de mudas de espécies nativas em locais onde o nível de degradação não possibilita a adoção de práticas de regeneração menos intensivas, e que inclui a limpeza da área, adubação, plantio, irrigação, controle de pragas e a manutenção periódica.

O plantio de mudas, seja para enriquecimento ou através do plantio total, deverá ser precedido de uma avaliação detalhada das áreas a serem recuperadas, visando definir a forma mais adequada para que a recuperação se dê no menor prazo e com o menor custo possível. No planejamento da ação deverá constar, ainda, a definição dos procedimentos de controle, incluindo ações de manutenção fitossanitária semestrais por um período de dois anos e monitoramento por quatro anos, pelo menos. Esta ação possui forte aderência

com atividades a serem promovidas no âmbito do Programa de Pagamento por Serviços Ambientais, podendo ser a ele vinculadas, incluída em editais de seleção de áreas e propostas no âmbito da Política de Mananciais PCJ, através da articulação entre a Agência das Bacias PCJ e as prefeituras nas quais as áreas estiverem localizadas.

O item 3.1.2.1 foi avaliado com base na planilha de impacto ambiental, social e econômico, e foram identificados potenciais impactos no projeto nas três dimensões da sustentabilidade, conforme mencionado abaixo:

**QUADRO 5** - Avaliação da ação 3.1.2.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

Avaliação das Ações do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson									
Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Meta	Indicador	Início	Conclusão	Valor do investimento			Prioridade	
Programa 3 Conservação e Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal (CRF)  Codigo de ação 3.1.2.1	Recuperação de 600 hectares de áreas prioritárias	Documentação da execução da ação	2021	2035	R\$ 54.880.000,00			Muito alta	
Avaliação em relação aos critérios de Gibson									
Ação Prevista	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	RAZÃO A/8
Promoção da conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga	N	N	N	N	N	N	N	N	0,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

#### *4.2.3.1 Avaliações da Dimensão Ambiental*

O projeto contempla limpeza da área, mas não apresentou o modo como ela será feita. Partindo do princípio de que a limpeza será realizada por maquinário, seja de pequeno ou grande porte, a fauna pode ser perturbada pelo ruído emitido e poeiras oriunda da ação das máquinas; a limpeza também pode impactar a vegetação restante e no solo, resultando em erosão e escoamento de sedimento para os rios, podendo haver, também, a poluição do ar, causada pelos equipamentos utilizados para a limpeza, e emissão de poeiras que também podem ser geradas no processo de limpeza. Ademais, os equipamentos utilizados na limpeza são abastecidos por produtos químicos e durante o processo de trabalho poderá haver vazamento e contaminação dos rios existentes; outro ponto em relação à água é a contaminação devido aos sedimentos de limpeza, causando turbidez. A contaminação dos recursos hídricos também pode acontecer pelo uso de fertilizantes. O projeto contempla um estudo antes de seu início, mas não foram mencionadas medidas de controle para evitar a contaminação pelos fertilizantes. Os gases de efeito estufa também podem causar algum tipo de impacto ao meio ambiente, devido à utilização de máquinas.

#### *4.2.3.2 Avaliações da Dimensão Social*

Existe atividade econômica em área de matas ciliares, que seriam interrompidas durante o estudo e implementação do projeto. O remanejamento dessas pode causar perda de atividades econômicas e de subsistência, como agricultura e pesca, e perda emprego, criando impacto econômico. O projeto requer a contratação de mão de obra para as inúmeras atividades descritas, mas abre a oportunidade para trabalhos forçados e infantil, baixa qualidade da água para consumo dos trabalhadores, devido à contaminação da fonte durante a execução do projeto e o aumento do consumo. Esse tipo de projeto demanda contratação de mão de obra externa, aumentando o fluxo de trabalhadores migrantes, aumentando, então, o risco de doenças transmissíveis. Ademais, pode haver impacto a vulneráveis, como mulheres idosos e crianças, por desvantagens e em riscos particulares. A violência doméstica também pode aumentar, devido à realocação de pessoas, o que também impacta nos serviços públicos, que passam a ser pressionado em relação ao suporte dessas pessoas. O conflito interno também deve ser considerado, porque a perda de renda pode gerar disputas e discussões sobre o futuro das partes afetadas.

Por outro lado, o projeto pode desencadear benefícios que devem ser considerados, como oportunidade de trabalho nas empresas responsáveis pelo projeto, oportunidade para os grupos vulneráveis aprenderem uma nova profissão, e envolvimento da comunidade nas tomadas de decisão.

#### *4.2.3.3 Avaliações da Dimensão Econômica*

A economia passa por alguns impactos com a implementação do projeto. Algumas atividades econômicas podem deixar de existir e, junto com a eliminação da receita, tem o desemprego. A atividade de limpeza e reflorestamento pode ser causadora de acidentes e, com isso, o governo federal pode ser impactado, devido ao afastamento ou morte de funcionários. Também, o serviço de saúde da cidade pode sofrer impactos devido ao atendimento às pessoas doentes e feridas que participam do projeto.

Em seguida, o plano de ação foi submetido a análise dos critérios de Gibson, mas de forma direta, uma vez que a planilha de avaliação de impacto não identificou nenhuma ameaça durante o estudo do projeto. O resultado da avaliação foi descrito abaixo:

##### **I. Integridade do sistema socioecológico:**

O projeto prevê conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga, com plantio de espécie nativas, a limpeza da área, adubação, irrigação, controle de pragas e a manutenção periódica. Com a recuperação das áreas os impactos positivos

para a sociedade e o meio ambiente são diversos e fundamentais, entretanto, por outro lado, o projeto menciona estudo para definir a forma mais adequada, para que a recuperação da área aconteça de forma rápida e com o menor custo possível, com controle definido sobre a manutenção fitossanitária, mas o impacto do projeto ao meio ambiente e à sociedade não é discutido. Não foi apresentado um plano de controle para a forma de limpeza, contratação de mão de obra, resíduos gerados, população e negócios que possam existir no local, além dos impactos à água, terra e ar.

## **II. Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades:**

O projeto busca melhoria nas condições ambientais e nas áreas de preservação permanente de nascente e cursos de água, objetivando atender a população com água de qualidade e quantidade, mas o projeto é de longo prazo e, como qualquer projeto, corre o risco de ser reestruturado, dependendo dos impactos encontrados. Também, pode ter seu prazo ampliado por mortalidade de mudas plantadas ou outros fatores. Então, há possíveis impactos à geração futura, por não haver um plano de pequeno e médio prazo e um plano de emergência relacionado à crise hídrica até que o projeto seja concluído.

## **III. Equidade intrageracional:**

O plano de ação descrito não prevê a possibilidade da existência de pessoas e atividades econômicas nas áreas de atuação. Entretanto, mesmo considerando serem áreas irregulares para moradia e atividades econômicas, faz-se necessário um plano de assentamentos das pessoas e suporte às atividades econômicas. Os impactos à população também podem afetar a saúde, trabalho escravo e infantil, falta de água para o consumo e de qualidade, e conflito por contratação externa.

## **IV. Equidade intergeracional:**

O projeto não apresenta planos que avaliem qualquer tipo de impacto na sociedade, seja para jovens ou idosos, podendo estes estarem sem perspectivas futuras e dignidade. O fato de o projeto ser de longo prazo é um fator impactante. Outro fato é que não se discute no projeto são avaliações periódicas dos riscos e planos de apoio à sociedade.

## **V. Manutenção de recursos naturais e eficiência:**

O programa não discute impactos ambientais em sua descrição, e os estudos não apontam para a gestão dos resíduos gerados, quais as máquinas utilizadas e que tipo de combustíveis serão utilizados, quais as formas de adubação e quantidade, e garantia de não contaminação dos rios, água subterrânea e terra.

## **VI. Civilidade socioambiental e governança democrática:**

O projeto apresenta como plano de ação: o fomento à elaboração de planos integrados de recomposição florestal e proteção dos biomas Mata Atlântica e Cerrado; incentivo à proteção das áreas sujeitas à restrição de uso; planejamento, realização de ações e eventos de educação ambiental relativas aos recursos hídricos em áreas protegidas; e promoção da conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga. Entretanto, não descreve como, quem e para quem será feito o trabalho de conscientização, e se será avaliada a eficácia do programa. Essas informações são importantes para que seja possível avaliar se o público-alvo é coerente, e poder medir o resultado das ações e melhorar o programa de conscientização, caso seja necessário.

#### **VII. Precaução e adaptação:**

Entre as ações do projeto não foram identificadas análises dos possíveis riscos para o ecossistema, seja de pequeno, médio ou grande impacto. Entre as ações, existe limpeza da área, o que pode gerar resíduos; utilização de máquinas e equipamentos que podem ocasionar vazamentos e impactos à água, solo e à comunidade vizinha; e haverá o uso de adubos. Pode haver a poluição do ar, devido ao uso de combustíveis fósseis nas máquinas e equipamentos, e riscos como incêndio e mortalidade de mudas, o que pode impactar no resultado do projeto e em secas.

#### **VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo:**

O plano de ação tem como objetivo final dar garantia de água de qualidade e quantidade para a população e empresa, abastecidas pelas Bacias Hidrográficas do PCJ; ou seja é um projeto de longo prazo, de 15 anos, mas não é apresentada uma análise crítica periódica do programa, correndo o risco de possíveis problemas serem identificados durante ou ao fim do programa, comprometendo sua sustentabilidade com ineficiência das ações, aumento do prazo de conclusão e comprometimento da verba disponibilizada para o programa.

#### **4.2.4 Códigos de ação 4.3.2.1**

Esse código de ação diz sobre realizar estudos hidrogeológicos para definição de áreas de restrição e controle ao uso e captação da água subterrânea, nas três etapas de identificação e investigação: Potencial (ARC-PO) para áreas novas, Preliminar (ARC-PR) e Comprovado (ARC-CO) para detalhamento posterior.

**QUADRO 6** - Avaliação da ação 4.3.2.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Meta	Indicador	Início	Conclusão	Valor do investimento				Prioridade
Programa 4 Águas subterrâneas (AS) Codigo de ação 4.3.2.1	01 estudo elaborado	Documentação da execução da ação	2021	2030	R\$ 3.100.000,00				Muito alta
Avaliação em relação aos critérios de Gibson									
Ação Prevista	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	RAZÃO A/8
Realizar os procedimentos estabelecidos para as áreas de restrição e controle já identificadas nas Bacias PCJ e avaliar a existência de novas áreas	A	N	N	N	N	A	N	N	25,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

Ao submeter os itens ambientais, sociais e econômico à planilha de impacto, identificaram-se poucos itens com potencial para possíveis impactos. No quesito ambiental não foi identificado nenhum item. Já na parte econômica foi identificada a oportunidade de emprego para pessoas que possam trabalhar nos estudos hidrogeológicos, uma vez que se trata de mão de obra especializada, mas haverá oportunidade de empregos e movimentação da economia, mesmo que o valor não seja muito alto. Por outro lado, essa atividade oferece riscos à saúde e segurança dos profissionais, considerando a possibilidade de queda, que podem causar acidentes graves ou até mesmo a morte, devido a possíveis acessos a áreas com desníveis consideráveis; contato com animais peçonhentos; alta temperatura causada pelo sol; percorrer grandes distâncias a procura de pontos de análises, podendo resultar em mal súbito. Essas ocorrências são classificadas como impacto social.

O projeto poderá gerar algum tipo de conflito, considerando que, a depender do resultado encontrado, poderá haver limitações ou, até mesmo, proibição do uso de água subterrânea de algumas regiões, causando impactos a moradores e, principalmente, agricultores. Outro tipo de conflito identificado é entre empregador e empregado, pois pode ser que haja condições impróprias de trabalhos, gerando sérias discussões judiciais.

Com base na avaliação nos oito tópicos dos critérios de Gibson, foi identificado seguinte cenário:

### **I. Integridade do sistema socioecológico:**

O projeto busca garantir sustentabilidade hídrica para gerações atuais e futuras. No plano de ação são citadas leis que têm como objetivo regular o uso de água subterrânea de acordo com a particularidade de cada região, deliberação CRH nº 52/2005. Já o Decreto Estadual nº 32.955/91 (que regulamenta Lei Estadual nº 6.134/88), também controla o

aumento de atividades potencialmente poluidoras e a criação de novas atividades com potencial poluidor.

## **II. Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades:**

Disponer de recursos suficientes para oportunidades e condições de vida é o que Gibson propôs avaliar nesse quesito, e é isso que o projeto almeja, mas alguns pontos importantes devem ser relatados.

O projeto está programado para ser executado em nove anos, e o tipo de análise proposta no projeto, que são os estudos hidrogeológicos, tem algumas particularidades que não foram observadas no plano de ação, como a coleta de dados em campo, que precisa ser feita em épocas não chuvosas, para que não haja erro na identificação das minas. Também, não está contemplado o número de pessoas que participará dos estudos de campo, o que pode afetar o tempo de conclusão dos estudos, já que pode haver diferentes distâncias a serem percorridas para identificar minas, levando duas horas ou oito horas e, conseqüentemente, podendo aumentar o tempo de conclusão e, talvez, o custo do projeto.

Não foi apontado no plano de ação um plano de emergência, caso o andamento do projeto não ocorra de acordo com a programação inicial, ou devido ao aumento da poluição das nascentes, em decorrência da demora para identificá-las.

## **III. Equidade intrageracional:**

Gibson faz menção ao suprir as necessidades básicas de todos os indivíduos, mas o projeto não menciona políticas assistenciais para a população, que pode ser impactada pelo projeto, devido à restrição do uso das águas subterrâneas para garantir a sobrevivência das nascentes e evitar impactos as bacias hidrográficas. Também, pode impactar a produção agrícola da região, gerando desemprego e baixa produção de alimentos, com reflexos na saúde, educação, aumento da desigualdade social, entre outros.

## **IV. Equidade intergeracional:**

No que tange a sustentabilidade dos recursos hídricos, o plano apresenta um projeto de gestão dos recursos, mas pode comprometer as gerações futuras, uma vez que não foi apresentado um plano de reavaliação periódica do projeto, não se discute o futuro das águas subterrâneas e seus impactos para sociedade em caso de diminuição do uso, e os efeitos sobre a população impactada, que poderá gerar desigualdade.

## **V. Manutenção de recursos naturais e eficiência:**

O projeto está totalmente voltado para a gestão dos recursos naturais e a ecoeficiência dos recursos hídricos, mas o projeto não se apresenta totalmente sustentável,

por não haver um plano de emergência para os possíveis desvio que possam ocorrer durante a implementação e alteração dos valores financeiros considerados.

#### **VI. Civilidade socioambiental e governança democrática**

Com o objetivo de envolver todas as partes interessadas no Plano de Bacias PCJ e cumprir a Política Nacional de Recursos Hídricos, foi criado um comitê, e nele estão inseridos representantes do poder público, usuários e a sociedade civil. Assim, todos participam em igualdade e dividem responsabilidade sobre os recursos naturais com consciência e engajamento.

#### **VII. Precaução e adaptação:**

Esse tópico menciona que o programa tenha controle sobre os possíveis riscos do projeto, já que um projeto mal gerenciado pode causar danos aos recursos naturais e à população. Entretanto, o projeto não apresenta um plano de controle de riscos ambientais econômicos e sociais. A análise de Gibson identificou a falta de uma análise aprofundada dos riscos do plano de bacias para águas subterrâneas.

#### **VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo:**

A análise identificou que a falta de um plano qualificado para identificação de riscos ambientais, sociais e econômicos pode colocar o projeto em risco, já que a garantia da sustentabilidade do projeto está comprometida. A possibilidade de haver conflito é identificada a partir do momento em que o projeto prevê a limitação ou a proibição das águas subterrânea caso o estudo apresente risco para a gestão dos recursos hídricos. Essa decisão pode afetar agricultores e famílias da região, gerando impacto financeiro e social, podendo haver grandes disputas em busca por água nas regiões afetadas.

#### **4.2.5 Códigos de ação 5.1.1.1**

Esta ação visa a elaboração e execução de um Plano de Comunicação, que envolve a criação e a manutenção de canais de comunicação para disponibilizar informações, bem como o estabelecimento de estratégias para o fortalecimento dos canais de comunicação entre a sociedade civil, públicos de interesse e as Câmaras Técnicas (CT's) dos Comitês PCJ, e a elaboração, divulgação e distribuição dos materiais educativos. Inicialmente, a ação visa criar e manter ferramentas para a comunicação entre os Comitês PCJ e diversos atores sociais, abertas ao público. Essa ferramenta consistirá em um ambiente virtual (Portal/Plataforma Digital e aplicação móvel), indicadas também em outras ações, com as seguintes funcionalidades:

- 1) Comunicação com conselhos e outros espaços de participação social, para a apresentação de informações, demandas e propostas;
  - 1.1.1. Comunicação entre os membros das CTs e disponibilização de informações, documentos, demandas e propostas;
  - 1.1.2. Comunicação entre os membros da Rede de Áreas Protegidas dos Comitês PCJ, para que os participantes possam se reconhecer, localizar ações em andamento nas áreas protegidas e entorno, trocar experiências e informações entre eles e com instâncias dos Comitês PCJ, como o GT Rede de Áreas Protegidas;
  - 1.1.3. Comunicação entre os diversos públicos envolvidos em ações de educação ambiental previstas pelo Tema Estratégico de Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias dos Comitês PCJ (produtores rurais, educadores, representantes dos poderes legislativos, executivos e judiciário, jovens etc.);
  - 1.1.4. Ambiente de divulgação de notícias e informações; biblioteca virtual dos projetos, editais e documentos;
  - 1.1.5. Ambiente colaborativo (pode ser um drive virtual em que seja possível a liberação de acessos para upload e download dos documentos);
  - 1.1.6. Ambiente para a realização de cursos de Educação à Distância - EAD (onde poderão ser disponibilizadas videoaulas, arquivos e apostilas e um chat/sala de bate papo, para interação entre facilitadores e audiência dos cursos);
  - 1.1.7. Desenvolvimento de uma aplicação mobile do Portal/Plataforma Digital e a elaboração de jogos digitais educativos.

Quando da contratação dessa ferramenta, o design e linguagem de programação disponíveis e adotados deverão observar que ela seja: atrativa; de fácil acesso; que permita a troca de informações, demandas e experiências; e que permita a construção conjunta de propostas entre os membros das CTs. Pode ser estruturada com: ambientes de divulgação de notícias e informações (blog e hotsite); uma biblioteca virtual (armazenamento, upload e download desses arquivos); um ambiente EAD (armazenamento, upload e download de vídeo aulas, arquivos e apostilas e um chat/sala de bate-papo); e um ambiente para recebimento de

contribuições (podendo ser um formulário eletrônico e drive para compartilhamento e colaboração de arquivos).

Além disso, visando fortalecer os canais de comunicação entre sociedade civil e Comitês PCJ, a ação contempla:

- Realização de um diagnóstico sobre formas de comunicação possíveis entre sociedade civil e Comitês PCJ, a fim de aumentar a capilaridade de atuação das Câmaras Técnicas;
- Incentivo à formação de grupos organizados locais que participem da gestão de recursos hídricos nas Bacias PCJ;
- Elaboração de material educativo para formação de grupos organizados voltados para a gestão de recursos hídricos no ambiente formal e não formal;
- Realização de cadastro dos grupos interessados em participar da proposta; Realização de encontros para divulgação da proposta para interessados;
- Manutenção e eventual aperfeiçoamento das ferramentas para comunicação entre os grupos organizados e os Comitês PCJ, para apresentação de demandas e propostas, na mesma plataforma de comunicação.

Dentre os temas importantes para a comunicação social, estão a conscientização da importância das águas subterrâneas nas Bacias PCJ, assim como temas voltados às boas práticas na área rural e sobre a importância das áreas protegidas, bem como a capacitação em saneamento.

Essa ação foi submetida às análises da planilha que considera impactos ambientais, sociais e econômicas, com intuito de identificar possíveis riscos ao projeto, e a análise identificou, no pilar econômico, possível risco de conflitos entre a comunidade, empresa e o governo caso o resultado planejado, a sustentabilidade hídrica, não for alcançado, devido à falta de um plano de controle das ações, e clareza nas distribuições dos recursos e serviços a serem feitos.

Quando o projeto foi submetido individualmente aos critérios de Gibson, pontos importantes foram observados e devem ser compartilhados:

**QUADRO 7** - Avaliação da ação 5.1.1.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Meta	Indicador	Início	Conclusão	Valor do investimento				Prioridade
Programa 5 Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EA) Codigo de ação 5.1.1.1	01 Plano elaborado e ações implementadas	Documentação da execução da ação	2021	2035	R\$ 11.250.000,00				Muito alta
Avaliação em relação aos critérios de Gibson									
Ação Prevista	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	RAZÃO A/8
Elaboração e execução de um Plano de Comunicação para o fortalecimento da comunicação entre a sociedade civil e os Comitês PCJ	A	N	N	N	N	A	N	N	25,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

### **I. Integridade do sistema socioecológico:**

A ação tem como principal função garantir um equilíbrio entre o meio ambiente e a sociedade em médio e longo prazo. A educação sobre recursos hídricos, proposta nesse item, também objetiva o envolvimento de gestores e sociedade sobre a importância de gerir esse recurso, considerando a particularidade de cada região.

### **II. Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades:**

O tema trata da gestão dos recursos hídricos, é um projeto para 14 anos, e objetiva disponibilizar recursos hídricos de forma sustentável. A educação citada neste tópico é de grande valia e se faz necessária para que o projeto do Plano de Bacias PCJ tenha sucesso e alcance os resultados programados.

O tema, entretanto, não considera em níveis detalhados cada ação, como as regiões em que serão aportados os valores provisionados, qual ação citada no programa se encaixa melhor em cada região, quem são as empresas responsáveis pela prestação do serviço e quais as qualificações necessárias. Com as respostas para esses questionamentos o plano teria sua tendência para o sucesso muito mais afinada, mas, como o projeto não apresenta medidas de controle, as gerações futuras podem ser comprometidas.

### **III. Equidade intrageracional:**

As ações realmente visam buscar um equilíbrio entre a disponibilidade hídrica e a demanda pelo recurso, e a ideia é de trazer para o mesmo nível de conhecimento e informação objetiva exatamente o mesmo atendimento para todas as classes, mas a realidade atual é de preocupação, pensando que o projeto não sinalizada nenhuma estratégia para atendimento atual podendo, sim, afetar pessoas e suas necessidades básicas, como saúde, educação e alimentação.

#### **IV. Equidade intergeracional:**

O item não apresenta planos para que seja possível garantir a sustentabilidade hídrica do projeto, porque se trata de um plano com muitas ações em diversas frentes, seja com a sociedade ou com gestores do Plano de Bacias PCJ. Também, não apresenta meios de avaliação periódicas detalhado, como o que avaliar, quando e por quem exatamente, não apresenta metas claras a serem atingidas, e não se discute uma ferramenta para medir a evolução dessas metas. Ademais, caso sejam identificados riscos, não há um plano de emergência para remediação dos problemas encontrados.

#### **V. Manutenção de recursos naturais e eficiência:**

Esse plano de ação traz discussões importantes para gerenciamento dos recursos hídricos, e o principal foco é a conscientização e responsabilidade da sociedade, em todos os níveis, sobre esse importante recursos, por isso a importância de um melhor detalhamento das ações e, assim, diminuir os potenciais risco de insustentabilidade do projeto.

#### **VI. Civilidade socioambiental e governança democrática:**

O tema referência por Gibson vem de encontro com o projeto das Bacias PCJ, chamando todos a participarem das discussões e tomada de decisões, além de acompanhar as ações propostas e propor ideias diferentes das existentes no projeto inicial, mas com responsabilidade de preservar o bem ambiental.

#### **VII. Precaução e adaptação:**

O projeto, apesar de robusto, com boas ideias e grande número de ações, não teve uma parte de prevenção apresentada, com a qual fosse possível controlar e remediar, se necessário. Falta uma proposta de acompanhamento das ações, já que os cenários de atuação são diversos, com necessidades diferentes, e faz-se necessário agilidade nas implementações com características particulares. O valor do investimento é alto, mas não é bem definido, não apresenta um plano de análise do desenvolvimento dos programas, e não apresenta uma gestão de risco seguida de um plano de emergência.

#### **VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo:**

Quando se aplica o princípio do tripé da sustentabilidade no programa, observa-se que ele é totalmente voltado para as áreas ambiental, social e econômica, mas observa-se vulnerabilidade no projeto, por não apresentar medidas de controle e avaliação. Trata-se de um projeto de longo prazo e grandes investimentos, o que, por si só, não garante o sucesso do programa. É necessário avaliar cada item, respeitando suas particularidades e o

seu potencial sustentável, para que seja possível elaborar planos compatíveis com o investimento e a importância do programa para todos.

#### 4.2.6 Código de ação 6.2.3.1

Esta ação se destina à implantação das novas estações telemétricas, bem como manutenção e operação das estações propostas, o que deverá ser executado conforme o Programa de Integração do Monitoramento para a gestão de recursos hídricos nas Bacias PCJ - PIM PCJ. Atualmente, a Agência das Bacias PCJ realiza a operação e manutenção de 36 estações telemétricas do DAEE, e há previsão de instalação de 11 estações telemétricas de qualidade da água, até 2035, sob responsabilidade da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Dessa forma, esta ação inclui, também, a operação e manutenção das redes telemétricas de quantidade, bem como a implantação e operação da rede telemétrica de qualidade prevista.

Ao submeter o plano de ação do item 6.2.3.1 à planilha para análise de impacto ambiental, social e econômico, não foram identificados impactos no que se refere às três dimensões da sustentabilidade, mas ao analisar o projeto junto aos critérios de Gibson, identificaram-se oportunidades que devem ser consideradas:

**QUADRO 10** - Avaliação da ação 6.2.3.1 do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Meta	Indicador	Início	Conclusão	Valor do investimento			Prioridade	
Programa 6 Gestão de Recursos Hídricos (GRH) Codigo de ação 6.2.3.1	Disponibilização dos dados de ao menos 36 postos ativos	Documentação da execução da ação	2021	2035	R\$ 52.228.670,83			Muito alta	
Avaliação em relação aos critérios de Gibson									
Ação Prevista	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	RAZÃO A/8
Expansão, integração, operação e manutenção da rede de monitoramento quali quantitativo dos recursos hídricos	A	A	A	A	A	A	A	N	87,50%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

#### **I. Integridade do sistema socioecológico:**

A instalação, manutenção e operação das estações telemétricas não oferecem impacto ao meio ambiente. Trata-se de um equipamento de fácil instalação e manutenção.

#### **II. Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades:**

As instalações dos equipamentos não geram impacto à população atual e futura; pelo contrário, têm o objetivo de gerar dados em quantidade e qualidade, o que contribuirá

na velocidade da entrega de dados em tempo real, possibilitando uma análise mais detalhada, que auxiliará na tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos.

### **III. Equidade intrageracional:**

O programa em si não afetará as necessidades básicas da região, como saúde, e educação, já que o investimento não está sendo ofertado pelo município em sua totalidade; ou seja, em caso de falhas no projeto, os impactos diretos para sociedade não deverão existir.

### **IV. Equidade intergeracional:**

O objetivo principal da instalação dos equipamentos de análise é coletar, armazenar e avaliar os dados e, posteriormente, disponibilizar informações que auxiliem os gestores dos recursos hídrico nas tomadas de decisões para, assim, ajudar nas ações que visam a sustentabilidade hídrica sem causar nenhum tipo de impacto na qualidade de vida da população.

### **V. Manutenção de recursos naturais e eficiência:**

As Bacias PCJ já possuem uma estrutura de monitoramento de recursos hídricos, e o novo projeto objetiva avançar com a implementação de novos pontos para a melhoria da qualidade das estações existentes, e investir em tecnologia mais avançada diminuindo, assim, a possibilidade de impactos ao sistema hídrico, e melhorando o sistema socioecológico.

### **VI. Civilidade socioambiental e governança democrática:**

O Plano de Bacias PCJ tem a premissa e atende a legislação que determina o envolvimento da sociedade nos processos analíticos e decisórios sobre as ações referentes à gestão dos recursos hídricos da região. Essa inclusão tem como objetivo envolver a sociedade civil e tomadores de decisão na responsabilidade de gerir esse recurso precioso para a população em geral.

### **VII. Prevenção e adaptação:**

O projeto busca equilibrar a oferta e a demanda dos recursos hídricos, sem impactar o meio ambiente, a instalação, manutenção e operação das estações telemétricas. Espera ter total controle sobre os possíveis cenários futuros, sejam eles positivos ou negativos, e busca entender a particularidade de cada região evitando, assim, possíveis danos ao ecossistema.

### **VIII. Integração entre situação atual e de longo prazo:**

Avaliando o t3pico e confrontando a necessidade de equil3brio entre meio ambiente, sociedade e economia, para que todos tenham uma vida equilibrada e sustent3vel, pontos importantes da proposta devem ser discutidos.

O programa tem um planejamento de execu3o de 14 anos, e n3o apresenta um cronograma para que o projeto possa ser analisado criticamente e periodicamente sobre seu andamento, e para, caso se identifique algum tipo de desvio, haja tempo suficiente para as corre3es necess3rias.

As esta3es telem3tricas necessitam de manuten3o peri3dica, o que j3 3 gerida pela estrutura da Bacias PCJ, entretanto nada se diz sobre como ser3 realizado o atendimento ap3s a instala3o de novas esta3es. A empresa que presta servi3o atualmente tem capacidade t3cnica e de m3o de obra para atender essa nova demanda? Foram mapeados os locais onde ser3o instaladas as novas esta3es? No processo de instala3o das esta3es existe um cronograma considerando os locais de maior necessidade? Quando ter3 in3cio as instala3es e qual o intervalo entre a instala3o de uma esta3o e outra? A m3o de obra atual para a avalia3o dos dados 3 suficiente? Existem valores definidos que ser3o acrescidos na contrata3o de m3o de obra, caso seja necess3rio?

Ademais, a compra das esta3es ser3 feita pela CETESB, e nada 3 dito sobre, caso essa compra n3o ocorra, qual seria o plano para remediar esse impacto, considerando que os dados coletados pelas esta3es, a m3o de obra e a opera3o s3o fundamentais para atingir os resultados programados no Plano de Bacias PCJ.

O valor definido para a amplia3o das esta3es, manuten3o e opera3o 3 de R\$ 52.228.670,83. Trata-se de alto investimento em um programa de grande import3ncia, mas sem um plano de trabalho e investimento bem desenhado e, principalmente, sem um plano de emerg3ncia para ser utilizado em poss3veis desvios ou impactos.

O programa realmente precisa de uma gest3o de risco para que seja poss3vel controlar todos os itens mencionados.

**QUADRO 11** - Resultado da avalia3o dos programas sobre crit3rio de Gibson

Avalia3o em rela3o aos crit3rios de Gibson						
Programa 1	Crit3rio de Gibson				RAZ3O A/8	Avalia3o
Enquadramento dos Corpos H3dricos (ECA)	I	II	III	IV		Ao aplicar o item 1.1.2.5 aos 8 crit3rios de Gibson, apenas 25% dos itens avaliados foram atendidos, evidenciando que o
	A	N	N	N		

<b>Avaliação em relação aos critérios de Gibson</b>						
Código de ação 1.1.2.5	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	25%	programa precisa ser mais bem avaliado, e um plano de controle de risco deverá ser criado para que seja possível garantir a sustentabilidade do programa.
	N	A	N	N		
Programa 2	Critério de Gibson				RAZÃO A/8	Avaliação
Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem (GSH)  Código de ação 2.1.1.1	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	37,5%	O programa 2.1.1.1, atende 37,5% dos 8 itens do critério de Gibson, tendo como principais pontos negativos a falta de um plano de acompanhamento das ações para garantir que as metas sejam atendidas e a falta de um plano de gerenciamento de risco, deixando o projeto vulnerável e sem garantia de sustentabilidade do projeto.
	A	N	N	N		
	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>		
	N	A	N	N		
Programa 3	Critério de Gibson				RAZÃO A/8	Avaliação
Conservação e Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal (CRF)  Código de ação 3.1.2.1	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	0,0%	O programa não atendeu nenhum dos 8 critérios de Gibson. O projeto define estudos detalhados do programa, mas com o objetivo de alcançar baixo investimento financeiro, e que a recuperação aconteça no menor tempo possível, mas não se discute os possíveis impactos sociais, ambientais e financeiros do projeto, que pode ser comprometido parcialmente ou em sua totalidade, não atingindo seu objetivo principal, que é a sustentabilidade hídrica.
	N	N	N	N		
	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>		
	N	N	N	N		
Programa 4	Critério de Gibson				RAZÃO A/8	Avaliação
Águas subterrâneas (AS)	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>		O projeto atende 25% do total dos 8 itens avaliados, por se tratar de uma ação de identificação e controle do uso das águas subterrâneas, pode haver a necessidade de limitar ou proibir o uso da água em determinadas regiões gerando impacto social e
	A	N	N	N		
	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>		

Código de ação 4.3.2.1	N	A	N	N	25%	econômico para a população comprometendo a sustentabilidade do programa evidenciando a necessidade de planos de controle para eliminar os possíveis impactos.
Programa 5	Critério de Gibson				RAZÃO A/8	Avaliação
Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EA)	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	25,0%	O programa atendeu apenas 25% dos 8 critérios de Gibson, fazendo com que seja considerado de alto risco, e devendo ser reavaliado. Também, planos de controle de impactos devem ser discutidos e implementados, garantindo, assim, a sustentabilidade do programa.
Código de ação 5.1.1.1	A	N	N	N		
	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>		
	N	A	N	N		
Programa 6	Critério de Gibson				RAZÃO A/8	Avaliação
Gestão de Recursos Hídricos (GRH)	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	87,5%	O programa atendeu 87,5% dos 8 critérios de Gibson avaliados. Trata-se de um programa sustentável, com baixo risco para a sustentabilidade hídrica, mas requer atenção para os itens não atendidos, como a compra de novas estações, que será feita pela CETESB. Caso essa compra não ocorra conforme estabelecido no projeto, deverá haver um plano para gerir os possíveis impactos e, dessa forma, garantir a sustentabilidade do programa. Também, há falta de uma análise crítica periódica sobre o andamento das ações.
Código de ação 6.2.3.1	A	A	A	A		
	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>		
	A	A	A	N		

Fonte: o autor (2023).

A seguir, os resultados da presente pesquisa serão desenvolvidos e apresentados, com suas devidas discussões e contribuições, após a realização da análise de dados, com aplicação do método escolhido.

### 4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os itens 1.1.2.5, 2.1.1.1, 3.1.2.1, 4.3.2.1, 5.1.1.1 e 6.2.3.1, previstos no Plano de Bacias 2020-2035, foram submetidos às análises de impacto ambiental, econômico e social, com base nos questionários da planilha de avaliação de impacto, adaptados de Annandale, Hagler e Pakistan (Pvt) (2014), e em seguida foram avaliados quanto ao atendimento ou não dos critérios de Gibson.

No Programa 1 (código de ação 1.1.2.5), que se refere à implantação das ETEs projetadas e melhorias das ETEs existentes, a análise identificou possíveis impactos nas três dimensões da sustentabilidade, considerando que essa ação demanda construções de novas estações de tratamento de esgoto e melhorias nas estações atuais. Esse projeto contempla a execução de grandes obras, em áreas a serem definidas, e que possam ser utilizadas moradias ou para produção agrícola. Ao submeter os resultados das análises aos critérios de Gibson, pontos positivos foram identificados: 1º - Integridade do sistema socioecológico; 5º - Manutenção de recursos naturais e eficiência; 6º - Civilidade socioambiental e governança democrática, que determinam que seja feito um estudo de impacto ambiental para a instalação das novas ETEs. Com esse estudo, espera-se identificar possíveis impactos na implantação do projeto e definir um plano de ação para minimizar e/ou eliminar os impactos.

Por outro lado, a avaliação identificou alguns riscos, nos itens: 2º - Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades; 3º - Equidade intrageracional; 4º Equidade intergeracional; 7º Precaução e adaptação. Esses pontos oferecem riscos de prejuízo em suas respectivas áreas, por não haver no projeto a menção de um estudo de impactos nos critérios de elaboração de projetos de ampliação e melhoria dos sistemas de transporte de esgotos; melhorias das ETEs existentes; elaboração de estudos para ampliação e melhoria dos sistemas de coleta de esgotos; e elaboração de estudos para ampliação e melhoria dos sistemas de transporte de esgotos.

Por fim o item 8º - Integração entre situação atual e de longo prazo, não é sustentável, porque o projeto não apresentou uma discussão sobre diversos conflitos nas três dimensões da sustentabilidade e, conseqüentemente, não existe uma gestão dos riscos que, além de interferir no tempo de execução das obras, certamente impactará nos valores financeiros definidos para execução da obra. O valor de investimento dessa ação é de R\$ 307.457.295,12, um alto valor de investimento em um projeto que não tem um plano de trabalho detalhado e não apresenta uma análise de risco em várias ações.

O Programa 2 (código de ação 2.1.1.1), que se refere à manutenção e aprimoramento de um modelo chuva-vazão para as Bacias PCJ, foi submetido à análise da planilha de impacto, e não foram identificados itens com potencial risco ao projeto. Ao submeter o programa aos critérios de Gibson houve atendimento aos requisitos 1° - Integridade do sistema socioecológico; e 5° - Civilidade socioambiental e governança democrática. Nos itens 2° - Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades; 3° - Integridade intrageracional; 4° - Equidade intergeracional; e 7° - Prevenção e adaptação não foram identificados possíveis impactos. Já o 8° - Integração entre situação atual e de longo prazo, que considera que o projeto tem um prazo de conclusão de 15 anos e não apresenta um plano emergencial e/ou de mitigação dos riscos durante a implementação do programa, que deve enfrentar diversas crises hídricas ao longo desse tempo, foram identificados possíveis impactos à população, na área da saúde e financeiros. Entretanto, o programa não apresentou um plano de discussão periódica sobre o andamento das ações, redirecionamento de rotas, se necessário, podendo ocasionar impactos às gerações futuras, caso os objetivos não sejam alcançados ao longo do tempo determinado, como também não apresenta um plano de emergência em caso de crises hídricas ao longo do programa. O investimento financeiro também é um ponto de preocupação, uma vez que o projeto não apresenta detalhamento do investimento, em termos de prioridades, sobre quem fará o estudo, os riscos durante a execução e a garantia de receber os valores estipulados para o programa.

No Programa 3 (código de ação 3.1.2.1), sobre promoção da conservação e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga, há como premissa a realização de um estudo detalhado das áreas a serem recuperadas, mas o objetivo do estudo é de definir a forma adequada de recuperação para que o resultado seja alcançado no menor tempo e custos possíveis. Porém, não há a apresentação de um plano que defina como será feita a limpeza da área em relação a maquinário e equipamento, como será feito o plantio e os riscos do aparecimento de pragas, a forma e quantidade de adubo a ser aplicado, e os riscos de contaminação do solo e da água, entre outros. Ou seja, o programa apresentou riscos ambientais, sociais e econômicos e, após os riscos serem submetidos às avaliações dos critérios de Gibson, identificou-se impactos nos oito critérios analisados.

O 1° - Integridade do sistema socioecológico, percebe-se risco ao meio ambiente devido à falta de controle da limpeza e gestão dos resíduos gerados, poluição da terra, ar e solo, e contratação de mão de obra; o 2° - Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades, pode ter seu prazo ampliado devido ao risco de mortalidade de mudas ou

falta de chuva, e falta de um plano de emergência, causando impactos às gerações futuras; 3º - Equidade intrageracional, na área de atuação pode haver moradias ou atividades agrícolas, mesmo sendo consideradas áreas irregulares para tal. O programa deveria prever um plano, evitando, assim, impactos financeiros, econômicos e sociais para a população local; 4º Equidade intergeracional, pelo fato de não existir um plano de avaliação, jovens e idosos podem ter suas perspectivas comprometidas e, também, não se identificou um plano de análise periódica das ações.

O item 5º - Manutenção de recursos naturais e eficiência, não apresenta estudos sobre impactos que podem ser causados pelos resíduos gerados por máquinas, equipamentos e combustíveis, podendo causar contaminação da água e da terra, afetando, assim, os recursos naturais; 6º - Civilidade socioambiental e governança democrática, o programa menciona ações de conscientização da população, mas não discute quem fará a orientação, como será feita e se será feita uma análise de eficácia da ação; 7º - Prevenção e adaptação, não se analisaram os possíveis riscos para o ecossistema, gerados pelas atividades estabelecidas para que o programa seja implementado sem impactos ao meio ambiente; e 8º - Integração entre situação atual e de longo prazo, o programa tem um cronograma de 15 anos para implementação, mas não contempla uma análise crítica periódica, podendo haver impactos na área ambiental, social e econômica, já que o resultado final pode apresentar ineficiência, aumento de prazo para conclusão e comprometimento da verba disponibilizada, que é de alto valor. Também não se identificou quanto vai custar cada fase do projeto, como compra de mudas, compra de adubos, aluguel de máquinas e equipamentos, replantio, caso necessário, e mão de obra.

O Programa 4 (código de ação 4.3.2.1), que diz sobre realizar os procedimentos estabelecidos para as áreas de restrição e controle já identificadas nas Bacias PCJ e avaliar a existência de novas áreas, foi ponderado em relação aos impactos ambientais, sociais e econômicos. Enquanto na área ambiental não foram identificados impactos, na área social e econômica identificou-se que a atividade de monitoramento em campo oferece riscos de acidente grave ou morte, devido às características da área e animais peçonhentos. Outro ponto importante é a possibilidade de conflitos, já que as avaliações de campo podem determinar o uso controlado de água ou até mesmo a proibição da captação, causando impactos a moradores e produção agrícola. Esses possíveis impactos foram submetidos à análise dos critérios de Gibson, apresentando resultados que serão discutidos abaixo.

O item 1º - Integridade do sistema socioecológico, busca manter a sustentabilidade hídrica das gerações atuais e futuras; o 2º - Civilidade socioambiental e governança

democrática, orienta para que a sociedade participe efetivamente das elaborações das ações, acompanhamento e tomada de decisões. Já o critério 2º - Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades, traz algumas particularidades que deveriam ter seus impactos considerados, como a coleta de campo, que só pode acontecer em períodos secos e o quanto que essa particularidade pode afetar o prazo de entrega do projeto e a sustentabilidade hídrica da região, e qual o plano de emergência para esses possíveis impactos; para o 3º - Equidade intrageracional, que diz respeito a suprir as necessidades básicas da população, sua análise mostrou que a população local pode ser impactada caso haja proibição ou limitação dos recursos hídricos em determinada região.

O 4º - Equidade intergeracional, pode provocar impactos às gerações futuras, por falta de reavaliação periódica do programa, o futuro das água subterrânea e seus impactos à sociedade, possíveis conflitos e desigualdade; 5º - Manutenção de recursos naturais e eficiência, não apresenta uma programação de análise de eficácia, o que também podem gerar alteração no valores de implementação; o 7º - Preocupação e adaptação, por falta de um programa de gerenciamento de risco, pode haver impactos importantes ao meio ambiente; e 8º - Integração entre situação atual e de longo prazo, o programa não apresentou uma análise de identificação dos riscos referentes aos pilares da sustentabilidade, podendo haver conflitos pela necessidade de desocupação de área, indisponibilidade de recursos hídricos e limitação de atividade geradora de recursos financeiros. O investimento financeiro do projeto também pode ser comprometido pela falta de definição detalhada do investimento e do mapeamento dos riscos existentes.

O Programa 5 (código de ação 5.1.1.1), de elaboração e execução de um Plano de Comunicação para o fortalecimento da comunicação entre a sociedade civil e os Comitês PCJ, foi avaliado em relação aos quesitos da planilha de avaliação de impacto e identificou-se risco de impacto no pilar social e econômico, como risco de conflitos entre comunidade, empresas e governo, caso o resultado planejado não seja alcançado, que acarretará prejuízos à sustentabilidade hídrica. Quando o projeto foi submetido individualmente aos critérios de Gibson, pontos importantes foram observados.

Os itens 1º - Integridade do sistema socioecológico; 5º - Manutenção de recursos naturais e eficiência; e 6º - Civilidade socioambiental e governança democrática, não apresentaram impactos nos três pilares. Já no item 2º - Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades, o projeto pode ser impactado por não haver uma estrutura para ampliação dos valores provisionados. As regiões em que serão feitos os

investimentos, a ordem de prioridade, a empresa responsável em realizar os serviços e sua capacidade para atender a demanda podem causar impactos às gerações futuras.

No item 3º - Equidade intrageracional, o programa não apresenta estratégia para atendimento do cenário atual, podendo afetar as necessidades básicas das famílias, como saúde, educação e alimentação; 4º - Equidade intergeracional, não apresenta um plano para análise periódica do projeto, quem e quando serão implantadas as ações; e como será avaliada a eficácia; 7º - Precaução e adaptação, não apresenta ações preventivas sobre como controlar ou remediar ações, como também o valor do investimento, que é muito alto, não é bem definido em relação a sua aplicação e não diz sobre gestão de risco; 8º - Integração entre situação atual e de longo prazo, o programa apresenta vulnerabilidade por não trazer mediadas de controle, avaliação de risco de cada item e suas particularidades, e planos de ação compatível para cada ação.

Por fim, o programa 6 (código de ação 6.2.3.1), sobre expansão, integração, operação e manutenção da rede de monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos, foi submetido à planilha de avaliação de impacto nas três dimensões, e não foram identificados impactos à sustentabilidade. Já no critério de Gibson, alguns itens foram observados. Os critérios 1º - Integridade do sistema socioecológico; 2º - Recursos suficientes para subsistência e acesso às oportunidades; 3º - Equidade intrageracional; 4º - Equidade intergeracional; 5º - Manutenção de recursos naturais e eficiência; 6º - Civilidade socioambiental e governança democrática; e 7º - Precaução e adaptação, não apresentaram impactos. O critério 8º - Integração entre situação atual e de longo prazo, identificou riscos devido à falta de cronograma de instalação, valores investidos, compra das estações e gestão de riscos, podendo gerar impactos para geração atual e futura.

O Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035 possui um texto com foco na sustentabilidade dos recursos hídricos; no entanto, o resultado final da avaliação e análise apresentou uma baixa eficiência em alguns pontos, seja no plano de planejamento, de execução, de identificação dos riscos, ou de mediadas de controle e plano de emergência para possíveis cenários adversos, não garantindo explicitamente os aspectos que têm relação com o desenvolvimento sustentável no que se refere à gestão dos recursos hídricos.

Considerando as perspectivas atuais e futura do Plano de Bacias, recomenda-se que os programas sejam submetidos a análises de impacto social, ambiental e econômica, na discussão dos projetos e durante o processo de implementação, e que sejam pré-definidas datas para avaliações periódicas, garantindo, assim, uma breve identificação dos possíveis

impactos e, quando necessário, reestruturar os programas, com uma visão dinâmica e proativa, considerando aspectos locais, regionais e de conjunturas sustentável.

Alguns critério de Gibson avaliados foram acentuados nos seis programas, mas o item 8º - Integração entre situação atual e de longo prazo, prevaleceu em todos os programas e identificou riscos que podem comprometer o resultado final do projeto de forma negativa, como na parte social, com risco de conflito, desabastecimento hídrico e impacto na saúde, educação e aspectos financeiros. Todos os programas avaliados disponibilizam de um valor de investimento muito alto, e a falta de detalhamento sobre o emprego dos valores e um plano de contingência e análise de eficácia poderá comprometer o sucesso do programa e aumentar os problemas hídricos da região atendida pelas Bacias PCJ.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de recursos hídricos é uma realidade não só no Brasil, mas em todo planeta, considerando que em alguns locais a falta dos recursos hídricos já acontece em alguns períodos do ano fazendo com que a população seja forçada a racionalizar a água para garantir que não falte esse importante recurso responsável pela sobrevivência da humanidade seja para consumo ou para a produção de recursos para garantir essenciais para população. O aumento populacional comina com o aumento do consumo de alimentos e bens de consumo que necessita dos recursos hídricos para serem produzidos e agregado com mudanças climáticas a disponibilidade hídrica está cada vez mais comprometida.

Preocupada com o cenário atual e futuro em relação a disponibilidade hídrica a gestão das Bacias Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá desenvolveram um conjunto de ações com prioridades e metas a serem implementadas em uma linha de tempo com o objetivo de garantir a disponibilidade hídrica para população em qualidade e qualidade considerando que os estudos apontam para um cenário de escassez hídrica.

O desafio da pesquisa foi avaliar as ações propostas no Plano de Bacias PCJ 2020 / 2035 e identificar se o plano é sustentável e capaz de garantir a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade ao fim das implementações das ações propostas, o estudo aconteceu com base nas questões ambientais, econômicas e sociais e foi possível identificar que os planos propostos de forma geral podem causar impactos nos três pilares da sustentabilidade e necessitam de ações de controle para minimizar ou eliminar os riscos.

Entre as ações realizadas para a avaliação de impactos foram selecionados os indicadores dos eixos temáticos utilizando critérios de prioridades muito alta, ou seja com maior potencial de impacto nas três dimensões da sustentabilidade, foi selecionado uma ação de cada eixo temático garantindo assim uma análise crítica para cada tema, também foi considerado os maiores valores de investimento de cada eixo temático e por fim as ações selecionadas tinham metas de conclusão entre nove e quatorze anos.

Ao realizar uma pesquisa na literatura em busca de indicadores de avaliação de sustentabilidade que fosse de maior recomendação pela bibliográfica foram selecionados duas matrizes sendo o modelo de Robert Gibson e aos indicadores adaptados de David Annandale e Hagler Bailly (2014) e Annandale, Hagler e Pakistan (Pvt) (2014), que são ferramentas com capacidade de avaliar os pilares econômicos, sociais e ambientais da sustentabilidade e com uma capacidade assertiva alta e com resultados coerente em relação a sustentabilidade. Foi criado uma matriz de avaliação de sustentabilidade para que fosse

possível inserir os indicadores selecionados no Plano de Bacias PCJ e garantir que todos os critérios de análise fossem contemplados e os resultados encontrados após a avaliação de impactos fossem inseridos de forma que o leitor pudesse identificar os impactos e em qual pilar se deu o impacto considerando as 3 dimensões da sustentabilidade.

As ações foram submetidas a uma planilha de análise de impactos econômicos, sociais e ambientais elaborada pelo autor com o objetivo de identificar se atende ou não as três dimensões da sustentabilidade e conclui reportando a porcentagem de atendimento de cada ação avaliada.

Ao final de cada análise realizamos uma análise crítica de cada item não atendido, relatando com detalhes os motivos do não atendimento de cada ação, em qual pilar da sustentabilidade a não conformidade foi encontrada, que tipo de impacto poderá acarretar para projeto do Plano de Bacias PCJ e as sugestões de ações para eliminar e/o minimizar os impactos identificados.

Ao concluir as análises de cada ação percebeu-se que a metodologia empregada para avaliar possíveis impactos nas três dimensões da sustentabilidade com viés científico poderá ser utilizada para análise de ações do Plano de Bacias PCJ de forma a contribuir dos os gestores com informações com fundamentos técnicos e auxilia-los nas tomada de decisões já que se trata de um projeto importante para o futuro da humidade quando se fala em disponibilidade hídrica, mas também por ser um projeto de longo prazo e com altos valores financeiros investidos.

Para fundamentar o trabalho realizado, a pesquisa se deu com base nas informações encontrada do Plano de Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020 – 2035, trata-se de um documento extenso com ações bem detalhadas onde são contemplados 6 temas estratégicos, 19 eixos temáticos, 46 programas e 120 ações, o documento tem seus dados representados por gráficos estratificando os estudos realizados e as justificativas de cada plano de ação, que também são utilizados para justificar os investimento de cada e por fim o tempo de implementação das ações.

Foram realizadas uma extensa pesquisa da literatura com o objetivo de identificar projetos similares ao do Plano de Bacias P|CJ e identificar problemas similares e saber se as ações tomadas eram parecidas e se deram resultados, mas uma das maiores dificuldades do estudo foi encontrar planos de bacias atuais, completos e robustos que ajudaria comparar as ações tomadas e os resultados encontrados, essa dificuldade se deu porque as Bacias PCJ é pioneira e referência na gestão dos recursos hídricos no Brasil dificultando as análises comparativas.

Com as dificuldades encontradas na literatura, o foco foi voltado em sua totalidade para o Plano de Bacias PCJ que também apresentou grandes dificuldade de pesquisa e limitações porque é uma análise de dados exclusivo e direto, não havendo discussão sobre as decisões e análises listadas no documento. Como oportunidades de pesquisa, poderia ser realizado uma coleta de dados baseados em entrevistas com a comissão que realizou os estudos e criou o plano de ação, assim detalhes das análises e das tomadas de decisões seriam expostas em maiores níveis de detalhes e as avaliações seriam mais robustas e precisas.

Para pesquisas futuras sobre o mesmo tema recomenda-se que além das análises documentais realizadas seja feita entrevistas com a comissão do Plano de Bacias PCJ para que seja possível alcançar um maior detalhamento das discussões e que seja possível questionar as tomadas de decisões em relação a classificação das prioridades, sobre os valores definidos para investimentos para cada ação, como será a avaliação crítica dos andamentos das ações, quais os planos emergências em caso de não atendimento dos respectivos planos. Ao alcançar o maior nível de detalhes sobre as ações contempladas no Plano de Bacias PCJ, também será possível realizar uma análise mais detalhada sobre os impactos nos três pilares da sustentabilidade e conseqüentemente será sugerido ações mais assertivas em relação as medidas de contenção.

Esse trabalho é resultado de um estudo detalhado do Plano de Bacias PCJ 2020 - 2035 e passa pela análise de cada estudo reportado, dos dados compilados e dos planos de ações, o Plano de Bacias PCJ é um dos grandes projetos relacionados a gestão dos recursos hídricos no Brasil, trata-se de uma referência para as demais bacias hidrográficas, e tem com seu objetivo principal garantir a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidades para uma parcela importante da população e para empresas responsáveis pela produção de bens e consumo, a responsabilidade do sucesso do projeto aumenta quando o cenário atual e futura aponta para uma das maiores crises hídrica da história e os possíveis impacto para sociedade.

O trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta capaz de avaliar os impactos de cada ação nas três dimensões da sustentabilidade e contribuir com os gestores do projeto do Plano de Bacias PCJ 2020 - 2035 com uma planilha de avaliação de impacto que possa identificar possíveis riscos na implementação das ações e sugerir medidas de controle capazes de minimizar e / ou eliminar os riscos de cada programa, auxiliando assim o alcance dos resultados esperados que é a gestão sustentável dos recursos hídricos.

O Plano de Bacia PCJ tem um total de investimento de R\$7,6 bilhões até 2035 somado a importância das ações do programa em busca da sustentabilidade hídrica, o trabalho de pesquisa veio para contribuir para que o projeto seja sustentável e ao final do programa os benefícios esperados sejam alcançados. A ferramenta desenvolvida durante a pesquisa passa a contribuir não só para os projetos do Plano de Bacias PCJ, mas também poderá ser utilizado para ações que tenha viés ambiental, social e econômica contribuindo assim para o sucesso de projetos que buscam a sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBARI, M.; NAJAFI ALAMDARLO, H.; MOSAVI, S. H. The effects of climate change and groundwater salinity on farmers' income risk. **Ecological Indicators**, v. 110, p. 105893, mar. 2020.
- ANA, Agência Nacional de Água e Saneamento. **Atlas Brasil - Volume 1 - Panorama Nacional**.2010. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf> Acesso em: 21 ago. 2023.
- ANNANDALE, D.; BAILLY, H. **Strategic environmental assessment of hydropower development in Azad Jammu and Kashmir**. Islamabad: IUCN Pakistan, National Impact Assessment Programme, 2014.
- Annandale, D., & Bailly, H. (2014). **Strategic Environmental Assessment of the Master Plan for Gilgit City**. IUCN Pakistan, National Impact assessment Programme.
- BEGA, J. M. M. *et al.* Sustainability Assessment of Sanitation Indicators in the PCJ Watersheds 2020-2035 Plan. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e0247, 2021.
- BLENINGER, T.; KOTSUKA, L. K. Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, v. 36, n. 1, p. 15–24, maio 2015.
- BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. **npj Clean Water**, v. 2, n. 1, p. 15, 31 jul. 2019.
- BOULAY, A.-M. *et al.* Consensus building on the development of a stress-based indicator for LCA-based impact assessment of water consumption: outcome of the expert workshops. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 5, p. 577–583, 2015.
- BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: .Acesso em 21 de agosto. 2023.
- BRASIL. **Lei 9.984 de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). 2000. Disponível em: Acesso em 21 de agosto. 2023.
- CAO, X. *et al.* Corrigendum to “A linear additivity water resources assessment indicator by combining water quantity and water quality” [Ecol. Indic. 121 (2020) 106990] (Ecological Indicators (2021) 121, (S1470160X20309298), (10.1016/j.ecolind.2020.106990)). **Ecological Indicators**, v. 121, 2021.
- CHEN, H.-S. Using water footprints for examining the sustainable development of science parks. **Sustainability (Switzerland)**, v. 7, n. 5, p. 5521–5541, 2015.
- CHHIPI-SHRESTHA, G.; RODRIGUEZ, M.; SADIQ, R. Selection of sustainable municipal water reuse applications by multi-stakeholders using game theory. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 2512–2526, 2019.
- CHOU, P.-K.; SHIH, B.-J.; WU, C.-Y. Application of sediment conservation health diagnosis indicators in watersheds—example of the Taipei water source domain. **Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A**, v. 39, n. 6, p. 675–685, 2016.

COMITÊS PCJ, Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035: **Relatório Síntese**. Piracicaba (SP): Consórcio Profill-Rhama, 2020. Disponível em; [https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-PCJ/19207/relatorio-sintese\\_pbh-pcj-2020-2035.pdf](https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-PCJ/19207/relatorio-sintese_pbh-pcj-2020-2035.pdf) Acesso em 21 de AGO. 2023.

COMITÊS PCJ, Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020: ano Base 2019**; versão simplificada. Piracicaba: Agência de Bacias PCJ, 2021a Disponível em; [https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=980&Itemid=340](https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=980&Itemid=340) Acesso em 21 de AGO. 2023.

DALIN, C. *et al.* Groundwater depletion embedded in international food trade. **Nature**, v. 543, n. 7647, p. 700–704, 30 mar. 2017.

DE SOUZA LEÃO, R.; DE STEFANO, L. Making concrete flexible: Adapting the operating rules of the Cantareira water system (São Paulo, Brazil). **Water Security**, v. 7, p. 100032, ago. 2019.

DILMA SELI PENA PEREIRA; JOHNSON, R. M. F. **Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil**. v. 2, n. 1, p. 20, 2005.

ELABRAS VEIGA, L. B.; MAGRINI, A. The Brazilian Water Resources Management Policy: Fifteen Years of Success and Challenges. **Water Resources Management**, v. 27, n. 7, p. 2287–2302, maio 2013.

EMPINOTTI, V. L.; BUDDS, J.; AVERSA, M. Governance and water security: The role of the water institutional framework in the 2013–15 water crisis in São Paulo, Brazil. **Geoforum**, v. 98, p. 46–54, jan. 2019.

ESTRADA, M. M. P. As Águas Subterrâneas do Direito Internacional Ambiental: o Aquífero Guaraní. **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito – PPGDir./UFRGS**, v. 3, n. 6, 30 jan. 2015.

GAIN, A. K.; GIUPPONI, C.; WADA, Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 12, 2016.

GARCÍA-SÁNCHEZ, M.; GÜERECÁ, L. P. Environmental and social life cycle assessment of urban water systems: The case of Mexico City. **Science of The Total Environment**, v. 693, p. 133464, nov. 2019.

GEJL, R. N. *et al.* Integrating groundwater stress in life-cycle assessments – An evaluation of water abstraction. **Journal of Environmental Management**, v. 222, p. 112–121, 2018.

GIBSON, R. B. Sustainability assessment: basic components of a practical approach. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 24, n. 3, p. 170–182, set. 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20–29, jun. 1995.

HARVEY, D. What’s Green and Makes the Environment Go Round? In: JAMESON, F.; MIYOSHI, M. (Eds.). **The Cultures of Globalization**. [s.l.] Duke University Press, 2020. p. 327–355.

- HERRERA, V. Reconciling global aspirations and local realities: Challenges facing the Sustainable Development Goals for water and sanitation. **World Development**, v. 118, p. 106–117, jun. 2019.
- HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. **Global Environmental Change**, v. 15, n. 1, p. 45–56, abr. 2005.
- IT-KADI, M. Water for Development and Development for Water: Realizing the Sustainable Development Goals (SDGs) Vision. **Aquatic Procedia**, v. 6, p. 106–110, ago. 2016.
- JIA, X. *et al.* Groundwater depletion and contamination: Spatial distribution of groundwater resources sustainability in China. **Science of The Total Environment**, v. 672, p. 551–562, jul. 2019.
- JIA, Z. *et al.* Regionalization of water environmental carrying capacity for supporting the sustainable water resources management and development in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 282–293, jul. 2018
- JUNIOR, A.; NETTO, O.; NASCIMENTO, N. Os Indicadores como Instrumentos Potenciais de Gestão das Águas no Atual Contexto Legal-Institucional do Brasil - Resultados de um painel de especialistas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 4, p. 49–67, 2003.
- JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability assessment — A review. **Science of The Total Environment**, v. 438, p. 357–371, nov. 2012.
- KANNAN, N.; ANANDHI, A. Water Management for Sustainable Food Production. **Water**, v. 12, n. 3, p. 778, 11 mar. 2020.
- LIU, J.; SAVENIJE, H. H. G. Food consumption patterns and their effect on water requirement in China. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 12, n. 3, p. 887–898, 11 jun. 2008.
- LIU, L.; JENSEN, M. B. Green infrastructure for sustainable urban water management: Practices of five forerunner cities. **Cities**, v. 74, p. 126–133, abr. 2018.
- MEKONNEN, M. M.; GERBENS-LEENES, W. The Water Footprint of Global Food Production. **Water**, v. 12, n. 10, p. 2696, 26 set. 2020.
- MORAES-SANTOS, E. C.; DIAS, R. A.; BALESTIERI, J. A. P. Groundwater and the water-food-energy nexus: The grants for water resources use and its importance and necessity of integrated management. **Land Use Policy**, v. 109, p. 105585, out. 2021.
- MORAIS, J. L. M.; FADUL, É.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do Nordeste do Brasil. **REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 24, n. 1, p. 238–264, abr. 2018.
- MORCIANO, M. *et al.* Sustainable freshwater production using passive membrane distillation and waste heat recovery from portable generator sets. **Applied Energy**, v. 258, p. 114086, jan. 2020.
- MULLIGAN, M. *et al.* Mapping nature’s contribution to SDG 6 and implications for other SDGs at policy relevant scales. **Remote Sensing of Environment**, v. 239, p. 111671, mar. 2020.

- NOVOA, V. *et al.* Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile. **ECOLOGICAL INDICATORS**, v. 98, p. 19–28, 2019.
- PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P. de. Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 139–148, jun. 2007.
- PERES, R. B.; SILVA, R. S. da. Análise das relações entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP: avanços e desafios visando a integração de instrumentos de gestão. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 349–362, ago. 2013.
- PIZELLA, D. G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 3, p. 635–645, 3 jul. 2015.
- PIZZANI, L. *et al.* A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 10, n. 1, p. 53, 10 jul. 2012.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008.
- RANGECROFT, S. *et al.* An observation-based method to quantify the human influence on hydrological drought: upstream–downstream comparison. **Hydrological Sciences Journal**, v. 64, n. 3, p. 276–287, 17 fev. 2019.
- RIVERA, J. A. *et al.* Regional aspects of streamflow droughts in the Andean rivers of Patagonia, Argentina. Links with large-scale climatic oscillations. **Hydrology Research**, v. 49, n. 1, p. 134–149, 1 fev. 2018.
- RODRIGUES, M. B. *et al.* Perspectivas para revisão do enquadramento da bacia hidrográfica do Rio Benevente pelo emprego de curva de permanência e modelagem da qualidade da água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 831–843, ago. 2022.
- SARAVANAN, A. *et al.* Effective water/wastewater treatment methodologies for toxic pollutants removal: Processes and applications towards sustainable development. **Chemosphere**, v. 280, p. 130595, out. 2021.
- SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P. DOS; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 17–32, jun. 2014.
- SILVA, V. DE P. R. DA *et al.* Uma medida de sustentabilidade ambiental: pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 100–105, jan. 2013.
- SILVEIRA, A. B. G. SAÚDE SEM BANHEIROS?: evolução da defecação a céu aberto e do acesso a banheiros no Brasil. **Revista Políticas Públicas**, v. 20, n. 1, p. 185, 21 jul. 2016.
- TUCCI, C. Plano Diretor de Drenagem Urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5–12, 1997.
- SUN, Y. *et al.* A composite indicator approach to assess the sustainability and resilience of wastewater management alternatives. **Science of the Total Environment**, v. 725, 2020.

VELDKAMP, T. I. E. *et al.* Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 15697, 15 jun. 2017.

WANG, H. *et al.* Analysis of sustainable utilization of water resources based on the improved water resources ecological footprint model: A case study of Hubei Province, China. **Journal of Environmental Management**, v. 262, p. 110331, maio 2020.

WU, L.; XIE, B. The variation differences of cultivated land ecological security between flatland and mountainous areas based on LUCC. **PLoS ONE**, v. 14, n. 8, 2019.

YANG, Z. *et al.* Comprehensive evaluation and scenario simulation for the water resources carrying capacity in Xi'an city, China. **Journal of Environmental Management**, v. 230, p. 221–233, jan. 2019.

ZHOU, F. *et al.* Deceleration of China's human water use and its key drivers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 14, p. 7702–7711, 7 abr. 2020.