



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS BACIAS PCJ A PARTIR DE INDICADORES DE DISPONIBILIDADE E DEMANDAS HÍDRICAS

SUGAHARA, Cibele Roberta

cibelesu@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas

MARTINS, Audrey Moretti

audreymartins@usp.br, USP/UNIARA

BUENO, José Otávio de Almeida

otavio_almeida@usp.br, USP

WATANABE, Alex Marcel

watanabe.amw@usp.br, USP-São Carlos (EESC)

GONÇALVES, Dimas Alcides Gonçalves

goncalves.dimas@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas

JUCÁ, Lorena Braga Quintella

lorenabraga@usp.br, USP

MARIOSIA, Duarcides Ferreira

duarcidesmariosia@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas

RESUMO. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são conceitos que ainda estão em processo de consolidação pela ciência, mas que, em termos gerais, descrevem metodologias que buscam alcançar um equilíbrio entre os recursos do ambiente e o seu uso pela sociedade. A água, recurso natural fundamental para a vida humana, acha-se heterogeneamente distribuída no planeta e dependente, nos principais aglomerados urbanos e contextos da atividade humana, do uso de estruturas complexas para sua extração e distribuição com a qualidade e nas quantidades adequadas aos diferentes usos. No âmbito das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari, a preocupação com o atendimento das necessidades da população de forma perene e sustentável e melhorias das condições do balanço hídrico tem suscitado ações por parte das Agências reguladoras. O recém-aprovado Plano das Bacias PCJ 2020-2035 desenhou cenários para implementação de projetos com ações e metas até 2035, mas que, em muitos casos, se estendem até 2050. O que se propõe neste texto refere-se à avaliação da sustentabilidade do balanço hídrico nas Bacias PCJ, discutindo se é possível propor um modelo de avaliação da sustentabilidade para o contexto das Bacias do PCJ. Metodologicamente amparados em pesquisa de base documental, de natureza qualitativa, descritiva e exploratória, o objetivo do trabalho é analisar os indicadores de disponibilidade e demandas hídricas das Bacias PCJ, visando apontar como o modelo de avaliação dos princípios de sustentabilidade propostos por Gibson pode ser adotado a fim de garantir a sustentabilidade das bacias. Como principal resultado da análise, conclui-se que os princípios de Gibson podem contribuir para acompanhar a evolução das metas dos indicadores quanto à espacialização das demandas e do saldo hídrico, de forma a dar um direcionamento às questões de integridade do sistema ecológico ao mitigar riscos de danos graves ou irreversíveis, na linha da precaução e adaptação.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de sustentabilidade, Bacias PCJ, Disponibilidade hídrica, Demandas hídricas, Indicadores de sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Ainda que em diversos momentos da história humana o desequilíbrio entre o meio ambiente, a sociedade e as atividades econômicas tenha se tornado realidade, as noções de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável adquirem força e solidez conceitual somente a partir de 1992, marcando a entrada oficial da pauta meio ambiente nas agendas políticas dos países. Isso denota que tais conceitos são relativamente novos e que se consolidam como uma preocupação política, social, econômica, institucional e cultural somente após a percepção dos sinais de esgotamento dos recursos naturais, dos efeitos da mudança climática e da alteração dos ritmos bióticos que poderiam levar a um colapso das civilizações (DIAMOND, 2005).

A definição mais utilizada sobre desenvolvimento sustentável, segundo Kates; Parris e Leiserowitz (2005), é a do Relatório da Comissão de Brundtland (WCED, 1987), o qual define desenvolvimento sustentável como a habilidade ou mecanismo de gestão de recursos escassos que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”.

O termo desenvolvimento sustentável é discutido na literatura a partir de diferentes abordagens. O conceito de desenvolvimento sustentável abrange aspectos relacionados aos desafios ambientais globais, a capacidade de resposta da extensão de dados ambientais, questões de ordem política, entre outros. Partindo do conceito de desenvolvimento sustentável apresentado no relatório, Nosso Futuro Comum, que representa segundo Mebratu (1998, p. 496) um marco político deste conceito, na pesquisa em andamento aborda-se o desenvolvimento sustentável a partir da dimensão do capital natural e da importância de políticas transversais orientadas às bacias hidrográficas.

Como apontado por Slimane (2012) e Sartori, Latrônico e Campos (2014) as condições de sustentabilidade em nível regional não é necessariamente a mesma em nível nacional, tendo em vista os mecanismos de transferência geográfica. Por isso é importante considerar a conformação territorial para a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável no contexto da segurança hídrica das bacias hidrográficas. E mais, pensar a sustentabilidade nos diferentes contextos histórico e geográfico envolve a elaboração de estudos de caráter multi, inter e transdisciplinares. O alcance da sustentabilidade apresenta desafios, tais como: integrar o tripé economia, ambiente e sociedade, além de questões institucionais; dimensionar os impactos das ações presentes no futuro; e conscientização, educação ambiental e participação social (SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014).

Nesse sentido, os indicadores e índices são ferramentas de suma importância para os gestores, pois simplificam e quantificam dados com o intuito de avaliar e mensurar a sustentabilidade da região, compondo um diagnóstico com a finalidade de, posteriormente,



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

servir de base para a montagem de um plano de ação que irá atacar as fragilidades detectadas, propor melhorias e elaborar soluções (HUESEMANN, 2004; SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014; SICHE et al., 2008).

Ao desenvolver e aplicar indicadores de sustentabilidade, esses devem considerar as particularidades de uma região, do contrário, eles estarão sujeitos à ineficácia ou comprometimento do processo de tomada de decisão (SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014).

O recém-aprovado Plano das Bacias PCJ 2020-2035, fruto de um amplo estudo realizado por profissionais contratados para este fim, sob orientação das Câmaras Técnicas e acompanhamento público, desenhou diversos cenários para implementação de projetos com ações e metas até 2035, mas que, em muitos casos, se estendem até 2050, já que o estudo demonstrou que alguns projetos precisarão ser implementados no mais longo prazo. Na sequência, os próximos passos para que os gestores façam valer esse plano e o retirem do papel envolve a criação de uma plataforma de indicadores para acompanhar a sua implementação, além de discussões que integram a elaboração e aprovação de um modelo de gestão da implementação do mesmo (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020; CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA PCJ, 2020b).

A abordagem de sustentabilidade adotada pelo Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ) contempla uma visão integrada de gerenciamento de recursos hídricos, como evidenciado no Relatório Síntese 2020-2035 CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA PCJ, 2020b).

Os apontamentos sobre a sustentabilidade das Bacias PCJ são realizados a partir de informações sobre o balanço hídrico. Conforme consta no Relatório Síntese é considerado como “o balanço entre as demandas consuntivas e as vazões de retorno. Também são consideradas as transposições e as reversões nas Bacias e a vazão regularizada por reservatórios” (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA PCJ, 2020b, p. 64). Bem como, considera-se relevante destacar a disponibilidade hídrica em relação às demandas que contemplam o setor de abastecimento urbano, setor industrial, setor irrigante e demanda para dessedentação animal.

Dessa forma, a “capacidade do meio ambiente de atender às necessidades presente e futuras” (MEBRATU, 1998 p. 501) quanto ao provimento da água em quantidade e qualidade deve ser abordada a partir da capacidade de suporte das bacias hidrográficas. O que de certa forma, se é amparado pelos Planos de Bacias desenvolvidos nas diversas agências encarregadas da gestão dos recursos hídricos no país (ANA, 2019), deixa um certo ceticismo quanto à capacidade ambiental de suporte às necessidades consumo sempre crescentes da população. Diante disso, o que se propõe tratar neste texto diz respeito à avaliação da sustentabilidade do balanço hídrico nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), com o intuito de propor reflexões que contribuam para o atendimento da demanda de água em diferentes contextos. Afinal, é possível propor um modelo de avaliação da sustentabilidade para o contexto das Bacias do PCJ? Os critérios e processos para avaliação de sustentabilidade propostos por



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Robert Gibson e Selma Hassan (GIBSON; HASSAN, 2005) poderiam ser utilizados para esse fim?

Metodologicamente amparados em pesquisa de base documental, de natureza qualitativa, descritiva e exploratória, o objetivo do trabalho é analisar os indicadores de disponibilidade e demandas hídricas das Bacias PCJ, visando apontar como o modelo de avaliação dos princípios de Gibson pode ser adotado a fim de garantir a sustentabilidade das bacias.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Avaliação de sustentabilidade

Diante das mudanças, riscos e incertezas que pairam no cenário global, nos âmbitos político, econômico, ambiental, social, cultural e tecnológico, sistemas de medição e avaliação de sustentabilidade foram pensados para dar suporte ao desenvolvimento de políticas públicas, programas, ações e no processo de tomada de decisão. A avaliação de sustentabilidade emerge como um processo que utiliza integração, síntese, abordagens sistêmicas, gestão de *trade-offs*, pluralismo de ferramentas e abordagens colaborativas para solucionar problemas, a partir de novos modelos ou da otimização de modelos já existentes, tendo em vista o desenvolvimento sustentável (HODGE; HARDI; BELL, 1999; NESS et al., 2007).

Conceitualmente, a sustentabilidade precisa ser pensada a partir de modelos. São os modelos que podem mais facilmente orientar as decisões rumo ao desenvolvimento sustentável. Cada modelo de avaliação da sustentabilidade possui atributos que permitem avaliar o processo da sustentabilidade. E a avaliação da sustentabilidade fornece um panorama com dados comparáveis para o cenário que se quer examinar para que, através das lentes da sustentabilidade, possa alinhá-lo ao conceito de desenvolvimento sustentável, com a gestão de indicadores e a proposição de ações e metas. Ela pode ser realizada para avaliar uma situação já existente (*ex-post*) ou antes de sua concretização (*ex-ante*). É dessa forma que o processo de avaliação de sustentabilidade fornece sinais de alerta para elaboração de políticas, planos, programas e projetos; mudanças comportamentais; assumir responsabilidade; reconhecer boas práticas; facilitar o processo de aprendizagem contínuo; identificar lacunas de conhecimento e atuar no preenchimento dessas (HODGE; HARDI; BELL, 1999).

Hodge, Hardi e Bell (1999, p. 13) destacam, ainda, quatro problemas ou vícios que são comuns às metodologias de medição, como agregação, ponderação, unidades e escala. Para a análise da sustentabilidade do balanço hídrico nas Bacias do PCJ, agregação diz respeito a quais variáveis ou conjunto de indicadores serão considerados; como serão ponderados, isto é, qual o peso que será dado a cada fator, variável ou indicador; que unidades serão consideradas na análise; e, por fim, a escala, que está relacionada ao nível de decisão, conforme aumenta a escala também aumenta a amplitude (em termos espaciais, de território e de pessoas, por exemplo).

Posto dessa forma, e considerando seus limites e possibilidades, as ferramentas empregadas na avaliação de sustentabilidade oferecem abordagens para medir e avaliar



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

mudanças e progressos e tem como foco a integração, isto é, união de aspectos ambientais, sociais e/ou econômicos, a nível estratégico ou de projeto (NESS et al., 2007). Nesse sentido é relevante escolher modelos de avaliação que sejam mais transversais e tenham uma abordagem sistêmica como, por exemplo, o modelo de Gibson.

2.2 Modelo de Gibson

A avaliação da sustentabilidade é um processo dinâmico e integrado e abrange aspectos sistêmicos, além das dimensões social, ambiental e econômica. O modelo de Gibson contempla um conjunto de elementos centrados no ecossistema, que remete a questões sociais como justiça, equidade, entre outros. A proposta baseada no modelo de Gibson permite uma avaliação da sustentabilidade que considera, sobretudo, as interconexões entre as questões, objetivos, ações e efeitos e resultados (GIBSON, 2006, p. 268).

O modelo de Gibson rompe com as falhas das avaliações convencionais ao não trabalhar somente as dimensões ambiental, social e econômica do tripé da sustentabilidade de maneira delimitada, com o intuito de não ocasionar conflitos e sobreposições entre elas, ao permitindo maior integração dos sistemas social e ecológico, sem necessariamente privilegiar *trade-offs*, ou seja, sem compensação. Outro ponto que diferencia este modelo é que, por ser mais flexível e cujo foco são os pontos de maior interesse para alavancar as mudanças, ele é construído de forma participativa.

Dessa forma, o autor propõe os seguintes critérios ou princípios para avaliar a sustentabilidade (GIBSON, 2006):

- I) integridade do sistema socioecológico;
- II) recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades;
- III) equidade intra e intergeracional;
- IV) manutenção de recursos naturais e eficiência;
- V) civilidade socioambiental e governança democrática;
- VI) precaução e adaptação; e
- VII) integração entre situação atual e de longo prazo

A abordagem dos princípios de Gibson (2006) está amparada no inter-relacionamento entre os seus elementos, além de privilegiar um processo participativo e dialogado para a sua aplicação que considere, sobretudo, particularidades do contexto na avaliação da sustentabilidade. A descrição dos atributos de cada princípio com base no trabalho de Gibson (2006) é relatada a seguir.

O princípio - **Integridade do sistema socioecológico** - refere-se à construção de relações humano-ecológicas que primem pelo estabelecimento e preservação da integridade de



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

longo prazo de sistemas socio e biofísicos (capacidade suporte). Além de zelar pelas funções de suporte a vida que são insubstituíveis para o bem-estar humano e ecológico.

Quanto ao princípio - **Suficiência de meios de subsistência e oportunidade** - a ênfase é garantir que todos e todas as comunidades tenham o suficiente para uma vida decente, além de ter oportunidade de melhorias que não comprometam o futuro destas e de novas gerações.

No que tange ao princípio - **Equidade intra e intergeracional** - a Equidade intrageracional refere-se à suficiência de escolhas eficazes para suprir as necessidades essenciais de todos (saúde, educação, reconhecimento social, estima). A Equidade intergeracional é a escolha de oportunidades que permitam preservar ou gerar oportunidades às novas gerações de uma vida digna, incluyente e sustentável.

O quarto princípio - **Manutenção de recursos naturais e eficiência** - consiste em fornecer uma ampla base para a garantia de meios de subsistência mais sustentáveis para todos ao passo que se reduz as ameaças à integridade de sistemas socioecológicos no longo prazo evitando a geração de resíduos e reduzindo o consumo de matéria e energia (GIBSON, 2006).

O quinto critério, intitulado - **Civilidade socioecológica e governança democrática** - diz respeito a gerar capacidade, motivação e propensão em indivíduos, comunidades e demais órgãos tomadores de decisões coletivas a pensar e promover requisitos de sustentabilidade através de um processo decisório aberto e bem informado, mais atento à promoção de uma consciência recíproca e senso de responsabilidade coletiva, além de práticas mais integradas em decisões administrativas, de mercado, habituais e pessoais (GIBSON, 2006).

O sexto princípio - **Precaução e adaptação** - contempla incertezas, e evita ações com potenciais riscos que comprometam a sustentabilidade do ecossistema. Esse princípio busca mitigar danos graves ou irreversíveis aos recursos naturais. Por isso é importante contar com uma gestão adaptativa e preventiva, fomentando o aprendizado contínuo (GIBSON, 2006).

Já com relação ao sétimo princípio - **Integração entre situação atual e de longo prazo** -, inicia-se a partir da premissa de integrar, em que a questão ambiental, segundo Hacking e Guthrie (2007) assume outra abordagem, ou seja, vai além dos aspectos biofísicos, levando em consideração também aqueles relacionados à qualidade de vida e crescimento. De acordo com Morrison-Saunders e Pope (2013), a integração de curto e longo prazo pode trazer ganhos como a diminuição da guerra entre os pilares da sustentabilidade, melhoria e coerência nas ações adotadas, além de proporcionar ajuda para identificar soluções “win-win-win” entre os pilares.

A avaliação de sustentabilidade nessa abordagem busca mais do que apenas o equilíbrio entre os critérios econômicos, sociais e ambientais, indo ao encontro de avanços simultâneos entre eles, de tal forma que todos esses critérios devem receber igual atenção e, no ato da proposta serem considerados não tão somente no seu período de vida em si, mas sim levando em conta longos horizontes temporais (MORRISON-SAUNDERS; POPE, 2013; GIBSON, 2006). A partir desses princípios são realizadas perguntas norteadoras, através de um processo participativo de diálogo. Feito isso, identificam-se no cenário os pontos fortes, fracos e oportunidades de melhoria com base na análise das respostas e, finalmente, é possível propor



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

indicadores, os quais guiarão a tomada de decisão dos gestores ou outros atores envolvidos no processo (GIBSON, 2006).

Depois desse processo é que os indicadores são definidos, ou seja, somente após o resultado obtido com o processo participativo. Em seguida é necessário ter claro quais são os atributos que os indicadores escolhidos devem ter e suas respectivas variáveis. Neste sentido, é necessário escolher as variáveis que representam o atributo.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

O método de trabalho deste estudo caracteriza-se como qualitativo descritivo e de caráter exploratório. Richardson (2017) destaca que os estudos de natureza descritiva objetivam investigar as características e aspectos de um fenômeno. Esse tipo de trabalho considera como objeto de estudo uma realidade específica, um comportamento de um grupo ou um indivíduo, explorando as possibilidades, nuances e subjetividades numa abordagem qualitativa. Neste artigo busca-se descrever a sustentabilidade das Bacias PCJ a partir de um modelo de avaliação, tendo como recorte os indicadores de disponibilidade hídrica e demandas hídricas: o balanço hídrico.

Quanto ao procedimento técnico faz-se uso da pesquisa documental que, segundo Gil (2008), refere-se aos materiais que não receberam tratamento analítico. Como fontes de dados foram utilizados os documentos disponibilizados pela Agência das Bacias PCJ intitulado “Construção do Plano de Bacias como um processo” e os documentos elaborados pelo Consórcio Profill-Rhama PCJ intitulados “Relatório Final - anexos: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas PCJ 2020 a 2035 e Relatório Síntese: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas PCJ 2020 a 2035. A seleção dos dados dos documentos teve como critério estar relacionado com o balanço hídrico das Bacias PCJ.

A análise dos resultados sustenta-se na discussão sobre a indicação dos Programas de Gerenciamento de Recursos Hídricos - ações, metas e indicadores -, quanto ao grau de prioridade atribuído pelo Plano das Bacias PCJ e a proposição de uma relação com o modelo de avaliação da sustentabilidade baseado nos princípios de Gibson.

3.2 Contextualização da área de estudo

As Bacias PCJ abrangem uma área aproximada de 15.320 km², distribuída em 76 municípios (71 no Estado de São Paulo e cinco em Minas Gerais), totalizando uma população estimada em 5,8 milhões de habitantes, concentrada principalmente na área urbana. A Bacia do Rio Piracicaba abriga a maior parte da população (66,99%), os outros 16,55% estão localizados nas Bacias do Rio Jundiá e 16,45% no Rio Capivari. É uma região economicamente importante, com ótimos níveis de Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). As atividades econômicas exercidas na bacia incluem atividades industriais,



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

4. RESULTADOS

A avaliação da sustentabilidade no contexto das Bacias PCJ, a partir dos indicadores disponibilidade hídrica e demandas hídricas, ou seja, do balanço hídrico, sugere que o modelo de avaliação da sustentabilidade de Gibson está alinhado com os Programas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com base nas ações previstas, metas e indicadores selecionados (Quadros 1 e 2).

QUADRO 1- Metas selecionadas dos Programas de Gerenciamento de Recursos Hídricos constantes no Plano de Bacias PCJ 2020-2035

METAS DO OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	SITUAÇÃO ATUAL	PLANO DE BACIAS PCJ 2020-35				
6. Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos	BALANÇO HÍDRICO	Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem				
Meta 6.1 Nações Unidas Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos. Brasil Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água para consumo humano, segura e acessível para todas e todos.	A média dos índices de atendimento de água nas Bacias PCJ é elevada, sendo 94% para a população total e 98% para a população urbana.	Eixo Temático 1: Fortalecimento institucional, planejamento e gestão de recursos hídricos	Programa 1.1: Redução de incertezas na disponibilidade hídrica das Bacias PCJ		Programa 1.2: Simulação hidrodinâmica de trechos críticos para nível d'água	
		Eixo Temático 2: Projetos especiais de caráter regional	Programa 2.1: Plano diretor de reúso para as Bacias PCJ	Programa 2.2: Planos regionais de minimização do risco de inundações ribeirinhas	Programa 2.3: Acompanhamento e apoio aos projetos de obras em desenvolvimento nas Bacias PCJ	Programa 2.4: Estudos regionais de aumento de disponibilidade hídrica nos rios Atibaia, Jundiá e Capivari
		Eixo Temático 3: Apoio aos municípios das Bacias PCJ	Programa 3.1: Alternativas de aumento de disponibilidade hídrica em sistemas isolados	Programa 3.2: Continuidade e fortalecimento de ações em água e esgoto	Programa 3.3: Desenvolvimento do setor de drenagem e manejo de águas pluviais	

Fonte: Autores, com base no PBH PCJ 2020-2035, 2020a.

Como pode ser observado nas informações do **Quadro 1** a situação atual do balanço hídrico das Bacias PCJ está fortemente alinhada com o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 6 - Garantir disponibilidade e manejo sustentável de água e saneamento para todos. As metas previstas no Plano das Bacias PCJ 2020-2035 denotam que há diretrizes para a garantia de suprimento hídrico e drenagem. Chama a atenção o fato de o balanço hídrico ser considerado muito bom isso porque atende a 94% da população total e 98% da população urbana. Esses percentuais expressam que todos os princípios de Gibson (2006) podem ser aplicáveis para a avaliação da sustentabilidade. A partir de ações voltadas para alcançar desde a integridade do sistema socioeconômico até a integração entre situação atual e de longo são passíveis de serem aplicados na realidade dessas bacias. Isso deve-se principalmente às ações derivadas dos Programas - 1.1 Redução de incertezas na disponibilidade hídrica das bacias e 1.2 Simulação hidrodinâmica de trechos críticos para nível de água.

Considerando a projeção de demanda crescente de 2020 até 2035 para abastecimento público (11%), indústria (18%), irrigação (52%) e dessedentação animal (72%) o Relatório



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Síntese chama atenção para a tendência de um desequilíbrio entre demanda e disponibilidade de água e a necessidade de incentivar os municípios a implantar projetos de regularização de vazões, redução de demanda e diminuição de perdas no abastecimento. No horizonte de longo prazo, a proposta para a retomada do balanço hídrico inclui também o reuso de água, a transposição de rios e o uso de reservas subterrâneas com cautela e mediante estudos mais específicos, diante das incertezas e riscos sobre a exploração dessas águas e a necessidade de dados mais precisos (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA PCJ, 2020b).

QUADRO 2- Ações do Plano das Bacias PCJ 2020-2035 em relação aos critérios de Gibson

PLANO DAS BACIAS 2020-35					CRITÉRIOS DE GIBSON ATENDIDOS						
PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	AÇÃO PREVISTA	META	INDICADOR	PRIORIDADE	I	II	III	IV	V	VI	VII
Programa 1.1	Manutenção e Aprimoramento de um Modelo Chuva-Vazão para as Bacias PCJ;	Disponibilidade de um modelo	Documentação da execução da ação	Muito Alta	x	x	x				x
Programa 1.2	Aprimoramento de modelo de simulação hidrodinâmica do tempo de trânsito e do amortecimento da vazão preferencialmente à jusante do Sistema Cantareira;	Modelo Calibrado	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Média	x					x	x
	Estudo de regras de operação das PCHs para minimização do conflito com abastecimento;	Relatório técnico	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Muito Baixa				x		x	
	Previsão de níveis para energia, navegação e abastecimento na Sala de Situação PCJ.	Sistema operacional	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Muito Baixa				x			x
Programa 2.1	Elaboração do plano diretor de reuso de água para as Bacias PCJ.	Plano elaborado	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Média					x	x	
Programa 2.2	Desenvolvimento de estudos de alternativas e intervenções para minimização dos riscos de inundação ribeirinha.	Planos elaborados por subbacia e intervenção	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Média				x	x	x	
Programa 2.3	Acompanhamento e apoio aos estudos de viabilidade, projetos de engenharia e licenciamento ambiental das barragens de Pedreira, Duas Pontes e do ribeirão Pirai e do trecho Oeste do SAR;	Definição de GT; Relatórios periódicos	Nº de relatórios periódicos com relação ao total previsto	Média					x	x	x
Programa 2.4	Desenvolvimento de estudo de alternativas de aumento da disponibilidade hídrica nas subbacias dos rios Atibaia, Jundiá e Capivari.	Elaboração de ao menos 01 estudo	Documentação da execução da ação	Muito Alta		x			x		x
Programa 3.1	Estudos de viabilidade para aumento de regularização de vazões em mananciais existentes e novos barramentos	Termos de referência; Estudo elaborado	Projeto elaborado por município sobre o número total (33)	Alta		x				x	x
	Estudos hidrogeológicos para exploração sustentável de águas subterrâneas.	Termos de referência; Estudo elaborado	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Baixa				x			x
Programa 3.2	Controle de perdas em sistemas de abastecimento de água;	Alcance das metas intermediárias dos cenários de referência para planejamento, conforme descrito no Quadro 23.4 do Plano de Bacias	Índice de perdas na distribuição	alta		x		x			x
	Diagnóstico da capacidade e compromisso dos municípios;	Relatório técnico	Meses de contrato (atual sobre o previsto)	Baixa	x	x					x
	Elaboração e revisão de Planos de Controle e Redução de Perdas	Todos os Planos de perdas dos municípios das Bacias PCJ revisados	Documentação da execução da ação	Alta	x	x			x	x	
	Manutenção do projeto de benchmarking para o controle de perdas de água em sistemas de distribuição.	Ao menos 01 manutenção do projeto realizada	Documentação da execução da ação	Muito Alta	x	x					x
Programa 3.3	Elaboração de um guia de manejo de drenagem e manejo de águas pluviais;	Manual elaborado	Número de manuais elaborados sobre o total de municípios prioritários	Média				x	x		x
	Elaboração dos Planos Diretores de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais	Elaboração de ao menos 01 Plano, considerando os trechos vulneráveis indicados no Plano de Bacias	Documentação da execução da ação	Alta					x	x	



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Fonte: Autores, com base no PBH PCJ 2020-2035, 2020a.

A partir do **Quadro 2**, ao se observar os dados relacionados à disponibilidade hídrica em relação a demanda na Bacia PCJ a partir do princípio Integridade do sistema sócio ecológico tem-se uma crescente demanda por água nas Bacias PCJ. Como apontado no Relatório Síntese PCJ (2020) esses indicadores precisam ser analisados considerando a variável população. Para a aplicação do primeiro princípio de Gibson é necessário estimar a relação existente entre a integridade da água quanto a sua disponibilidade em relação à demanda, isto é, o balanço hídrico. Dessa forma pode-se verificar qual é a capacidade suporte das Bacias PCJ em atender a demanda com integridade no longo prazo de forma a não comprometer o ecossistema, sem colocar em risco as demais atividades presentes no contexto dessas bacias.

Para analisar o alinhamento do princípio - integridade do sistema sócio ecológico com as ações previstas no Plano de Bacias PCJ 2020-2025, toma-se como exemplo o “diagnóstico da capacidade e compromissos dos municípios”, essa ação tem baixa prioridade. Já a ação orientada para a elaboração e revisão de planos de controle e redução de perdas é destacada como de alta prioridade no Plano (Quadro 2). Esses exemplos, permitem ilustrar os pontos de alavancagem para acelerar as mudanças quanto ao balanço hídrico orientados para a redução de perdas.

O segundo princípio - Suficiência de meios de subsistência e oportunidade - as ações previstas no Plano de Bacias 2020-2035 indicam caminhos para o desenvolvimento de estudos de alternativas de aumento da disponibilidade hídrica nas sub bacias PCJ, e sendo essa ação de muito alta prioridade, já o estudo de regras de operação das PCHs para minimização do conflito de abastecimento tem prioridade muito baixa (Quadro 2). Essas informações mostram que embora os dados de balanço hídrico das Bacias PCJ permita atender em 94% da população como já apontado anteriormente neste trabalho, a busca de alternativas para ampliar a disponibilidade hídrica é vista como um ponto de alavancagem no Plano de Bacias 2020-2035.

Em relação ao princípio - Equidade intra e intergeracional - ações que contemplem diretrizes para a preservação e geração de oportunidades visando o atendimento das necessidades das gerações atuais e futuras encontram respaldo nas seguintes ações destacadas no Quadro 2: Planos diretores de drenagem urbana e manejo de águas pluviais e Estudo de viabilidade para aumento de regularização de vazões de mananciais existentes e novos barramentos. Essa atitude indica a preocupação em avaliar a sustentabilidade de forma a garantir condições de atender as demandas da sociedade sem desconsiderar a capacidade de drenagem urbana e vazões dos mananciais, por exemplo.

O princípio relacionado à - Manutenção de recursos naturais e eficiência - pode ser aplicado, por exemplo, para o entendimento do comportamento das demandas por tipo de abastecimento e por sub-bacias. A partir da identificação dos municípios com maiores demandas por sub-bacia pode-se desenvolver ações para o controle de perdas em sistemas de abastecimento de água, (alta prioridade).



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Do ponto de vista do princípio - Civilidade socioecológica e governança democrática - observam-se diretrizes que incentivam os órgãos tomadores de decisões coletivas, a citar, municípios em conjunto com agências reguladoras e concessionárias, entre outros atores, a elaborarem estudos que apliquem requisitos de sustentabilidade. Encontra-se uma oportunidade de tornar o processo participativo, integrado, contribuindo para a construção de uma sociedade mais bem informada, consciente e com senso de coletividade. Nesse sentido, nota-se que as ações com altas prioridades estão focadas no Desenvolvimento de estudo de alternativas de aumento da disponibilidade hídrica nas sub bacias dos rios Atibaia, Jundiá e Capivari; Elaboração e revisão de Planos de Controle e Redução de Perdas; e Elaboração dos Planos Diretores de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais.

Em relação ao sexto princípio “Precaução e adaptação”, os dados apresentados de disponibilidade e demanda hídrica nas Bacias PCJ fornecem informações sobre as quantidades e necessidades de água para o abastecimento local. Esses dados podem ajudar no planejamento do consumo de água em momento de escassez deste recurso, possibilitando o planejamento de ações de abastecimento ou o racionamento do consumo nesses períodos, reduzindo o uso em atividades menos importantes ou menos impactantes para o funcionamento das atividades da área estudada. Essas ações ajudarão na precaução e adaptação em situações de escassez, desenvolvendo a gestão adaptativa.

Em última análise, com relação ao princípio VII, que tem por base integrar todos os pilares da sustentabilidade, isso levando em consideração o curto e o longo prazo, pode-se observar por intermédio do relatório síntese - já mencionado, que não é aplicada atenção de igual modo à todos os pilares, ao passo que há um destaque e uma preocupação maior voltada para questões econômicas, como buscas por aumento de disponibilidade hídrica.

Observa-se, por exemplo, que há obras de regularização de vazões e transposições para aumentar as vazões disponíveis para os usos da água, porém pode-se perceber que falta um foco com o mesmo destaque para as questões ambientais e sociais, ao passo que se observa, conforme mencionado no relatório, que as Bacias PCJ estão localizadas em um eixo com crescimento econômico e consequente crescimento de demandas hídricas para abastecimento, irrigação e atividades industriais a longo prazo.

Assim, não se vê mencionado de igual modo as questões ambientais e sociais como é dado destaque às econômicas. Portanto, sugere-se que haja de fato uma integração maior entre os pilares, dando destaque também para aplicação de ações voltadas para redução de consumo com base, por exemplo, em educação ambiental aplicada à população em cada contexto social – contemplando os demais pilares -, tendo em vista que uma mudança comportamental pode contribuir significativamente com a redução do consumo, visando a manutenção do seu nível abaixo da capacidade de suporte, garantindo acesso com a mesma qualidade para as futuras gerações.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

5. CONCLUSÕES

Neste estudo, a avaliação da sustentabilidade das bacias hidrográficas PCJ que considere um modelo integrativo, como proposto a partir dos princípios de Gibson, mostra-se deveras importante como instrumento de gestão para o monitoramento dos recursos hídricos. Apesar da avaliação da sustentabilidade das Bacias PCJ ser uma prática presente, estudos complementares de modelos de avaliação que discutam as dimensões da sustentabilidade sem compensação de *trade off* trazem benefícios pela sua característica enquanto abordagem sistêmica.

O método de avaliação baseado nos princípios de Gibson fornece alicerce para identificar os programas e metas de gerenciamento de recursos hídricos que valorizam a participação da sociedade civil nas decisões junto aos colegiados, bem como a articulação interinstitucional como fatores primordiais para a construção coletiva da sustentabilidade das Bacias PCJ.

A indicação das prioridades das ações de cada programa do Plano de Bacias PCJ 2020-2035 revela a existência de pontos de alavancagem para acelerar as mudanças, essas possibilitam não apenas quantificar, mas também qualificar as questões que envolvem, por exemplo, o balanço hídrico. Por isso, recomenda-se ter claro qual a mudança pretendida em relação ao balanço hídrico para, posteriormente, definir o modelo de avaliação da sustentabilidade.

Fomentar discussões sobre o comportamento das variáveis que impactam o balanço hídrico, como o crescimento das populações urbana e rural nas Bacias PCJ e suas sub-bacias requer um planejamento de mobilização de agentes da sociedade e não apenas das agências reguladoras, instâncias municipais, estaduais ou federais. Tais aspirações estão indissolavelmente ligadas à civilidade socioambiental e à governança democrática. Por isso, as questões aparentemente técnicas por mudanças de protocolos precisam ser previstas quando se pensa em aprimorar o processo de avaliação da sustentabilidade das Bacias PCJ.

Conclui-se que a sustentabilidade das Bacias PCJ, no tocante ao indicador balanço hídrico, deve considerar as particularidades da dinâmica do balanço nos usos distintos de cada sub-bacia. Entende-se que os princípios de Gibson podem contribuir para acompanhar a evolução das metas dos indicadores quanto à espacialização das demandas e do saldo hídrico, de forma a dar um direcionamento às questões de integridade do sistema ecológico ao mitigar riscos de danos graves ou irreversíveis, na linha da precaução e adaptação. Nesta linha, percebe-se a capacidade suporte dos recursos hídricos para a garantia de água em qualidade e quantidade na perspectiva preconizada pelo princípio integração entre situação atual e de longo prazo é um elemento presente nos programas do Plano de Bacias PCJ.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Também contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **A construção do Plano de Bacias como um processo.** 2020. Disponível em: < <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/o-plano> >. Acesso em: 16 out. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>
- CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA PCJ. **Relatório Final - Anexos:** Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, 2020 a 2035. Porto Alegre, 2020a. 569 p.
- CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA PCJ. **Relatório Síntese:** Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, 2020 a 2035. Porto Alegre, 2020b. 125 p.
- DIAMOND, J. **Colapso:** Como as Sociedades Escolhem o Fracasso ou o Sucesso. Rio de Janeiro: Editora Record, 2005.
- GIBSON, R. B.; HASSAN, S. **Sustainability assessment: criteria and processes.** London ; Sterling, VA: Earthscan, 2005.
- GIBSON, R. B. **Beyond the pillars:** sustainability assessment as a framework for effective integration of social, economic and ecological considerations in significant decision-making. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management.* v. 8, n. 3 p. 259–280, 2006.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HACKING, T., GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 28, n. 2-3, p. 73-89, 2007.
- HODGE, R. A.; HARDI, P.; BELL, D. V. J. **Seeing change through the lens of sustainability.** In: Workshop "Beyond Delusion: Science and Policy Dialogue on Designing Effective Indicators of Sustainable Development". Costa Rica: The International Institute for Sustainable Development, 1999.
- HUESEMANN, M. H. **The failure of eco-efficiency to guarantee sustainability:** Future challenges for industrial ecology. *Environmental Progress*, v. 23, n.4, p. 264-210, 2004.
- KATES, R. W.; PARRIS, T. M.; LEISEROWITZ, A. A. **What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice.** *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 47, n. 3, p. 8-21, 2005.
- MEBRATU, D. Sustentabilidade e Sustentável Desenvolvimento: histórico e revisão conceitual. *Ambiente Impacto Assess Rev.*, v. 18, 1998.
- MORRISON-SAUNDERS, A., POPE, J. Conceptualising and managing trade-offs in sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review.* v. 38, p. 54-63, 2013.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

NESS, B. et al. **Categorising tools for sustainability assessment**. *Ecological Economics*, 60, p. 498 – 508, 2007.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 4.ed., São Paulo: Atlas, 2017.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. **Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: uma taxonomia no campo da literatura**. *Ambiente & Sociedade*, v. XVII, n. 1, p. 1-22, 2014.

SLIMANE, M. Role and relationship between leadership and sustainable development to release social, human, and cultural dimension. **Social and Behavioral Sciences**, v. 41, 2012.

SICHE, J. R. et al. **Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the energy performance indices**. *Ecological Economics*, v. 66, n.4, p. 628-637, 2008.

WCED. **Our common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.