



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 DE INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DAS BACIAS PCJ SOB A PERSPECTIVA DE UM MODELO DE SUSTENTABILIDADE

André do Vale Borges, andreborges@usp.br, USP
Cesar Ambrogi Ferreira do Lago, cesarlago@usp.br, USP
Jakeline Pertile Mendes, jakeline.pm@puccampinas.edu.br, PUC-Campinas
João Miguel Mercedes Bega, joaobega@usp.br, USP
Paulo de Tarso de Azevedo, paulo_azevedo@usp.br, USP
Wellington José Rocha dos Santos, santos.welington@usp.br, USP
Duarcides Ferreira Mariosa, duarcidesmariosa@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas

RESUMO: Embora o termo “desenvolvimento sustentável” ainda não possua uma definição unívoca, a expressão encontra-se fortemente delineada nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos na Agenda 2030 das Nações Unidas. Dentre os 17 objetivos previstos, o ODS de número 6 visa assegurar o acesso universal e equitativo à água potável e saneamento. Especialmente quando a perspectiva de acesso aos recursos naturais limitados tem se reduzido em razão do aumento crescente da demanda nas atividades econômicas para a produção de alimentos aliada ao uso em conglomerados urbanos, torna-se imperativo conhecer como é o comportamento das diversas variáveis que compõem o processo de sustentabilidade hídrica. Frente a este desafio, indicadores de sustentabilidade têm sido amplamente utilizados, permitindo apoiar o processo decisório em distintos cenários. Metodologicamente apoiado na técnica de estudo de caso, de caráter exploratório, e a partir da explanação de informações em fontes secundárias, como artigos científicos, relatórios de órgãos governamentais e de serviços públicos, o presente trabalho teve como objetivo a análise dos índices de esgoto coletado e esgoto tratado presentes no Plano de Recursos Hídricos das Bacias do PCJ para o período 2020-35. Como suporte analítico, buscou-se verificar a validação dos indicadores selecionados com os critérios de sustentabilidade de Gibson. A análise documental foi realizada sobre o Plano das Bacias PCJ, discutindo-se as projeções dos indicadores para 2025, 2030 e 2035, com o intuito de avaliar os cenários futuros, relacionando-os ao ODS 6, em específico às metas 6.2 e 6.3. O estudo concluiu que os indicadores analisados são importantes para mensurar o processo rumo ao alcance do ODS 6, todavia apresentam falhas que precisam ser corrigidas, pois em seu compilado, mascaram informações importantes para uma tomada de decisão mais assertiva. Quanto às metas estabelecidas, observa-se sua validade no sentido de estarem voltadas ao atendimento de quatro critérios propostos por Gibson: recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades; equidade intrageracional; equidade intergeracional; e manutenção dos recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores de Sustentabilidade. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ODS 6. Princípios de Gibson. Bacias Sustentáveis.



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

1. INTRODUÇÃO

Falta consenso no meio científico sobre a interpretação do termo desenvolvimento sustentável (DS), uma vez que os paradigmas que os atores se apoiam são diferentes, conforme relatou Lélé (1991). Giovannoni e Fabiatti (2014) reforçaram que o DS não pode ser alcançado por iniciativas isoladas e requer o esforço de vários níveis, tais como social, ambiental e financeiro. Esse termo pode ser explicado de forma simples, como desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem a sua própria necessidade (SARTONI et al., 2014). De fato, esta definição permite interpretações, o que a torna duradoura.

A avaliação de sustentabilidade trata-se de uma estrutura recente da avaliação de impacto ambiental que enfatiza a entrega de ganhos líquidos de sustentabilidade positivos agora e no futuro (BOND et al., 2012). Hacking e Guthrie (2008) a definiram como simplesmente qualquer processo que direciona os tomadores de decisão à sustentabilidade, inclusive a consideraram um termo guarda-chuva por abrigar uma gama de práticas de avaliação de impacto. No entanto, ainda não há concordância universal sobre o que realmente é a avaliação de sustentabilidade e como deve ser feita a sua aplicação. Nesse sentido, Gibson (2012) relatou que a humanidade está envolvida em um ciclo vicioso de degradação ecológica e esgotamento de recursos (i.e., por meio de uma espiral de degradação contínua), assim, a melhor prática de avaliação de sustentabilidade deve levar em consideração um sistema ao invés da aproximação dos três pilares. De forma complementar, Esteves et al. (2012) demonstraram que a prática internacional varia consideravelmente dependendo das ações legais, estruturas de governança, forma da tomada de decisão e a concepção de sustentabilidade que está incorporada no processo. No mais, frequentemente o viés ambiental perde para os interesses socioeconômicos (BOND et al., 2012).

Uma maneira de avaliar a sustentabilidade quantitativamente diz respeito à aplicação de índices e indicadores (SINGH et al., 2012). Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do DS, sendo a sua principal função inferir informações sobre o estado das distintas dimensões (e.g., culturais, econômicas e ambientais) do sistema na sociedade (CARVALHO et al., 2011). Para Benetti (2006), um indicador é desenvolvido com o intuito de obter informações referentes a uma dada realidade, capaz de sintetizar um conjunto complexo de informações, restando apenas o significado essencial dos aspectos analisados.

Na prática, o conceito de DS aplica-se às bacias hidrográficas no sentido de fazer com que a sua gestão leve em consideração diversos aspectos (e.g., ambiental, econômico e social), de modo a corroborar, por exemplo, no menor consumo de recursos naturais em relação à capacidade de regeneração, garantindo solidariedade síncrona com a geração atual e diacrônica com as futuras. Tomar decisões e pensar estrategicamente significa deixar de ter como meta o retorno financeiro e procurar adicionar outras dimensões (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

No ano de 2018, a Agência das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) tornou-se a primeira agência de águas do mundo a assinar o termo de adesão ao Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU). No geral, a iniciativa visa mobilizar a comunidade internacional rumo à adoção de valores fundamentais e aceitos em distintas áreas (e.g., relações de trabalho, direitos humanos, combate à corrupção e meio ambiente), o que proporciona maior



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

eficiência e visibilidade aos trabalhos da própria agência em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (SENA et al., 2016; BRASIL, 2019b). Desde 1994, são elaborados Relatórios da Situação dos Recursos Hídricos das Bacias PCJ e, a partir de 2007, eles têm seguido a metodologia proposta pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), que se baseia na utilização de um conjunto de indicadores organizados em uma estrutura denominada “matriz FPEIR” (Força-Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta) (e.g. FELINTO et al., 2019).

No que lhes concerne, as Bacias PCJ garantem o abastecimento de água a mais de 5,8 milhões de pessoas que residem em suas áreas, além de 9 milhões da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020). Em 2018, a oferta de água nessas bacias era de aproximadamente 971 m³/hab.ano, considerada insatisfatória segundo os valores de referência adotados no Estado de São Paulo (i.e., situação crítica: < 1.500 m³/hab.ano), com tendência de queda no período de 2011 a 2018 (SÃO PAULO, 2020). Avaliando-se a sustentabilidade da demanda por água, por meio do estudo de criticidade hídrica, as situações mais insustentáveis encontram-se nas sub-bacias do Rio Capivari e do Rio Piracicaba, onde as relações demanda por disponibilidade hídrica são de 173% e 144%, respectivamente.

Quanto à situação da coleta de esgoto, verifica-se que a classificação é boa em 60% dos municípios das Bacias PCJ, enquanto apenas 38% deles possuem classificação boa para o índice de tratamento de esgoto. Os dados evidenciam a necessidade de se avaliar o percentual de esgoto tratado em relação ao total gerado. Quando se analisa a porcentagem tratada em relação ao esgoto coletado, a parcela não coletada acaba sendo mascarada.

Levando-se em consideração que o desenvolvimento não pode limitar-se ao crescimento, mas que possui uma ampla gama de conceitos, inclusive os relacionados à qualidade de vida, é admissível abordar, em termos de DS, o uso da água nos ODS, assim como a geração de efluentes sanitários. Por sua parte, o ODS 6 refere-se à água potável e ao saneamento, composto por 8 metas, monitoradas por 11 indicadores (BRASIL, 2019b). Posto isso, o objetivo do presente trabalho foi analisar as metas de esgoto coletado e esgoto tratado do Plano das Bacias PCJ 2020-35, buscando validá-las em termos dos princípios da sustentabilidade propostos por Gibson (2006a). A importância deste estudo está em ressaltar a relevância cada vez maior da atuação da Agência das Bacias PCJ, visando aprimorar a gestão da sustentabilidade sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais, no sentido de diminuir os riscos de uma eventual crise hídrica que pode afetar significativamente o desenvolvimento econômico e social, não só da região das bacias, mas inclusive da RMSP.

2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

2.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Em setembro de 2015, os líderes mundiais se reuniram na sede da ONU, em Nova Iorque, e decidiram sobre um plano de ações para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir a paz e a prosperidade das pessoas. Surgiu, assim, a Agenda Mundial 2030 rumo ao DS (AGENDA 2030, 2020). Os ODS, igualmente conhecidos como Objetivos Globais, são ações universais compostas por 17 metas, estabelecidas com base no sucesso dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio, todavia foram incluídos novos temas pertinentes à atualidade,



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

como, por exemplo, mudança climática global, desigualdade econômica, inovação, consumo sustentável, paz e justiça (PNUD-BR, 2020). Para o monitoramento global, a ONU realiza uma reunião anual, o Encontro do Alto Fórum Político dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (*High-Level Political Forum on Sustainable Development Goal – HLPF*), no qual os países apresentam seus relatórios de progresso, possibilitando a realização da comparação no âmbito global (IPEA, 2018).

Em relação ao atual contexto do Brasil, se novas ações não forem planejadas e executadas, apenas o ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) será alcançado em 2030, o qual objetiva assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos (PACTO GLOBAL, 2020). Considerando-se as características transversais da água, o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), que busca assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável de água e saneamento universalmente, está integrado aos demais objetivos, como, por exemplo, aos ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 3 (Saúde e Bem-Estar), 7 (Energia Limpa e Acessível), 13 (Ação Contra a Mudança Global) e 14 (Vida na Água). As metas estão inter-relacionadas, ou seja, o sucesso de um ODS envolve o confronto entre outros objetivos, visto que os temas estão relacionados (PNUD-BR, 2020).

Silva (2018) relatou que em uma escala global, os ODS e as metas são monitorados e revisados seguindo um conjunto de indicadores desenvolvidos pelo Grupo Interagencial de Peritos sobre os Indicadores dos ODS (*Inter-Agency Expert Group on SDG Indicators – IAEG-SDG*). A Comissão de Estatística da ONU analisou e verificou tais indicadores, escolhidos de acordo com a meta a ser alcançada. Conforme a ANA (BRASIL, 2019b), embora os indicadores do ODS 6 sejam apresentados considerando o país, os cálculos elaborados em nível de Unidades da Federação, Regiões Geográficas e Regiões Hidrográficas podem auxiliar na gestão de áreas mais críticas. Além disso, reconhecendo os obstáculos que os países podem enfrentar, a ONU recomenda alternativas viáveis aos cálculos dos indicadores para o ODS 6, a fim de incentivar os países que ainda não tomaram medidas referentes a esse objetivo (BRASIL, 2019b).

No Quadro 1, são apresentadas as metas das Nações Unidas para o ODS 6, sua descrição e os indicadores correspondentes.

2.2. Indicadores de Sustentabilidade Hídrica nas Bacias PCJ

Levantamentos realizados nas Bacias PCJ possibilitaram avaliar a segurança hídrica local (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2018). As condições de saneamento foram medidas por meio de alguns indicadores relacionados à coleta de esgoto e ao seu tratamento, além da distribuição e demanda de água: (i) índice de atendimento urbano - porcentagem da população com acesso à água tratada nas cidades; (ii) índice de atendimento total - incluindo a população que habita zonas rurais; (iii) índice de perda durante a distribuição de água; e (iv) coleta de esgoto, além do tratamento em relação aos esgotos gerado e coletado. Consumo de água *per capita* e tratamento do esgoto apenas coletado também foram inseridos para fins de comparação.



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

Quadro 1: Metas do ODS 6 e seus respectivos indicadores.

Meta	Descrição	Indicadores
6.1	Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos;	6.1.1 - Proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura;
6.2	Até 2030, alcançar o acesso ao saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;	6.2.1 - Proporção da população que utiliza (a) serviços de saneamento gerenciados de forma segura e (b) instalações para lavagem das mãos com água e sabão;
6.3	Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;	6.3.1 - Proporção de águas residuais tratadas de forma segura; 6.3.2 - Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental;
6.4	Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis para enfrentar a escassez de água, além de reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;	6.4.1 - Alteração da eficiência no uso da água ao longo do tempo; 6.4.2 - Nível de stress hídrico: proporção das retiradas de água doce em relação ao total dos recursos de água doce disponíveis;
6.5	Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;	6.5.1 - Grau de implementação da gestão integrada de recursos hídricos (0-100); 6.5.2 - Proporção das áreas de bacias hidrográficas transfronteiriças abrangidas por um acordo operacional para cooperação hídrica;
6.6	Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;	6.6.1 - Alteração na extensão dos ecossistemas relacionados à água ao longo do tempo;
6.a	Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso;	6.a.1 - Montante de ajuda oficial ao desenvolvimento na área da água e saneamento, inserida num plano governamental de despesa.
6.b	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.	6.b.1 - Proporção das unidades administrativas locais com políticas e procedimentos estabelecidos e operacionais para a participação das comunidades locais na gestão de água e saneamento.

Fonte: Adaptado de Silva (2018) pelos autores.

Os indicadores de atendimento mostraram que 98% da população urbana das Bacias PCJ recebem água tratada. Quanto aos habitantes das zonas rurais, essa porcentagem cai para 94%. Quando se analisa a classificação destes índices pelos critérios da Coordenadoria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2020), 80% dos municípios são classificados como bom, enquanto apenas 7% como ruim em relação ao atendimento à população urbana. Por outro lado, quando se inclui a população rural, a minoria dos municípios é classificada como bom (23%), com uma porcentagem de 40% e 28% em situações regular e ruim, respectivamente. Com o desenvolvimento e execução de planos de melhorias para o



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

índice de perdas, considerado regular em quase metade nos municípios, é possível reduzir custos relacionados ao tratamento e à distribuição de água.

Embora os indicadores de atendimento à água tratada apresentem bons resultados para a região, melhorias devem ser consideradas para a população rural. Em paralelo, foi necessário avaliar a sustentabilidade da demanda por água, com base na avaliação de criticidade hídrica. Esta avaliação foi calculada por meio de um balanço hídrico que considerou a disponibilidade hídrica, as vazões de retorno e as demandas. Assim, o saldo hídrico de cada região foi aferido ao subtrair as demandas da disponibilidade hídrica somadas às transposições e retornos (lançamentos). Uma criticidade muito alta ocorre quando o saldo é negativo. Um saldo menor que 50% da $Q_{7,10}$, vazão mínima em 7 dias consecutivos para um tempo de retorno de 10 anos, representa uma criticidade alta. Entre 50% da $Q_{7,10}$ e a Q_{95} , vazão na qual o rio está 95% do tempo acima, tem-se uma criticidade média. E uma baixa criticidade ocorre quando o saldo é maior que a Q_{95} . A sub-bacia do Rio Capivari é a que apresenta a maior porcentagem das áreas de contribuição de muito alta e alta criticidade, que somadas compõem 40%. As situações mais insustentáveis se encontram nas sub-bacias do Rio Capivari e do Rio Piracicaba, onde as relações demanda por disponibilidade hídrica são de 173% e 144%, respectivamente. A sub-bacia do Rio Capivari apresenta o menor saldo hídrico de $1,75\text{m}^3/\text{s}$, enquanto a do Rio Jaguari apresenta o maior, de $7,23\text{m}^3/\text{s}$.

A disponibilidade hídrica está diretamente ligada à qualidade dos rios. O plano das Bacias PCJ utilizou oito indicadores de qualidade de água: (i) qualidade de água (IQA); (ii) qualidade de água das águas brutas (avalia a possibilidade de serem utilizadas no abastecimento público); (iii) qualidade para proteção aquática; (iv) qualidade de proteção à vida aquática; (v) estado trófico; (vi) balneabilidade; (vii) conformidade ao enquadramento; e (viii) contaminação por tóxicos. A análise destes indicadores mostrou que as sub-bacias dos Rios Capivari e Piracicaba apresentam os piores índices de qualidade para abastecimento, considerados os mais críticos quanto a demanda e disponibilidade de água.

A qualidade dos rios nas Bacias PCJ é fundamental para a sustentabilidade de demanda em relação à disponibilidade hídrica. O plano de recursos hídricos das bacias realizou um levantamento de fontes poluidoras pontuais, como, por exemplo, os indicadores de coleta e tratamento de esgoto, os quais auxiliam a traçar um planejamento para propor melhorias na qualidade da água. Entretanto, um dos principais fatores que contribuem para degradação de corpos hídricos é a poluição difusa, complexa de ser avaliada e pouco discutida no plano de bacias.

2.3. Princípios de Gibson

Princípios descrevem um conjunto de leis ou regras fundamentais utilizadas para governar o comportamento de um sistema. No contexto de sustentabilidade, muitos autores construíram diferentes observações acerca dos fundamentos e práticas de ações sustentáveis, de forma que essas deliberações em direção à sustentabilidade continuam até hoje. Determinar quais aspectos de um sistema devem ser monitorados e quais variáveis poderiam avaliar o estado e o desempenho destes aspectos constitui o principal desafio no exercício à sustentabilidade, considerando as diferentes visões do indivíduo sobre questões relativas ao DS (WU; WU, 2012). Flint (2013) explica que embora os princípios de sustentabilidade sejam



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

diversos e apresentem um contexto político específico, eles abordam um conjunto de questões comuns subjacentes, como integridade ecológica, igualdade social, tripé da sustentabilidade e processos democráticos. Os princípios baseiam-se na percepção de que o bem-estar humano e ecológico são interdependentes e que, portanto, o ser humano depende inevitavelmente das condições biosféricas e exerce papel fundamental na manipulação destas condições (GIBSON, 2006a). Nesse sentido, os princípios de sustentabilidade ampliam o conceito de ecossistemas para sistemas socioecológicos, que devem ser dinâmicos, duradouros, adaptáveis e resilientes.

A busca por modelos mais transversais ao tripé da sustentabilidade, por exemplo, foram surgindo como forma de trazer uma abordagem multifatorial e interdisciplinar, buscando-se avançar no entendimento da integridade entre as dimensões sociais, ambientais e econômicas e minimizar os trade-offs comuns em questões de equidade e conservação da biodiversidade (HACKING; GUTHRIE, 2008). Nesse contexto, Gibson et al. (2005) capturam e sintetizam os princípios básicos de sustentabilidade frequentemente utilizados por agências e estudiosos na avaliação da sustentabilidade de forma integrada e representada por projetos em desenvolvimento, diretrizes específicas de avaliação e estruturas de nível estratégico. Gibson (2006b) apresenta um modelo integrador de avaliação de sustentabilidade que busca ter uma visão sistêmica da tomada de decisão, respeitando as interconexões entre os objetivos, ações e efeitos, com vistas ao monitoramento dos resultados. Em síntese, o modelo se baseia em 8 princípios fundamentais, descritos: integridade do sistema socioecológico; recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades; equidade intrageracional; equidade intergeracional; manutenção dos recursos naturais e eficiência; civilidade socioambiental e governança democrática; precaução e adaptação; e integração entre a situação atual e a de longo prazo.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Caracterização das Bacias PCJ

No Estado de São Paulo encontra-se a Agência das Bacias PCJ (BRASIL, 2019a). O espaço territorial de abrangência de tais bacias compreende um recorte hidrográfico de 15.377 km², sendo 92,45% no Estado de São Paulo (71 municípios) e 7,55% no Estado de Minas Gerais (5 municípios) (Figura 1). Nesta área de drenagem estão inseridas três bacias hidrográficas: Rio Capivari (1.568 km²), Rio Jundiá (1.154 km²) e Rio Piracicaba (12.655 km²) (AGÊNCIAS DAS BACIAS PCJ, 2020). Em termos hidrológicos, a região está subdividida em sete sub-bacias principais, cinco pertencentes à bacia do Rio Piracicaba (Piracicaba, Corumbataí, Jaguari, Camanducaia e Atibaia) e mais as sub-bacias dos Rios Jundiá e Capivari. Dentre os rios principais que as compõem, os rios Jaguari, Piracicaba, Atibaia e Camanducaia têm dominialidade federal, enquanto os rios Corumbataí, Capivari e Jundiá pertencem aos domínios estaduais. Em relação ao uso e ocupação do solo, por meio de uma caracterização física baseada nos dados de 2010/2011 da EMPLASA (2015) para São Paulo e de 2014 da Hiparc (2015) para Minas Gerais, existe a predominância de áreas com campo (25,30%), mata nativa (20,35%), agrícolas cana-de-açúcar (19,02%) e urbanizadas (12,11%).



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



Figura 1: Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

A população estimada para o ano de 2020 nas bacias é de 5,8 milhões de habitantes. Ademais, da comparação da taxa de crescimento populacional entre os anos de 1990/2000 e 2000/2010, observa-se uma redução, com a taxa de crescimento geométrica anual estimada em 1,3% para o período de 2010/2016 (AGÊNCIAS DAS BACIAS PCJ, 2020). De acordo com os dados do IBGE (2010), as condições dos domicílios são boas. Em área urbana, mais de 99% têm atendimento de energia elétrica, mais de 94% são atendidos por rede de abastecimento de água e 88% dispõem de rede geral de esgotamento sanitário. Quanto aos domicílios em áreas rurais, 99% contam com acesso à energia elétrica, as formas predominantes de abastecimento de água são poços ou nascentes na propriedade e os efluentes gerados têm como destino final, em sua maioria, fossas rudimentares e sépticas. No ano de 2014, os municípios das Bacias PCJ representavam 17% do Produto Interno Bruto estadual, tendo maior participação: Campinas (18,3%), Jundiá (11,5%) e Piracicaba (7%) (AGÊNCIAS DAS BACIAS PCJ, 2020). Comparando-se os dados de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (IBGE, 2010) das cidades das Bacias PCJ com o Estado de São Paulo (IDHM médio: 0,783), nota-se que 67,1% registraram crescimento igual ou superior ao do Estado.

3.2. Método

A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso, caracterizada como exploratória, por visar a elevação do conhecimento e a compreensão de um problema em perspectiva, ajudar no desenvolvimento de questões relevantes para o objetivo pretendido e verificar a realização de pesquisas semelhantes (MATTAR, 2000). O procedimento empregado foi de obtenção de informações em fontes secundárias, as quais compreenderam artigos científicos – pesquisados nas plataformas: Science Direct, Scielo, Scopus, Web of Science e PubMed – e relatórios disponibilizados por órgãos governamentais e concessionárias de serviços públicos. Desta forma, procurou-se evitar o risco de conduzir um estudo ineficiente e/ou não significativo,



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

poupando esforços e recursos. No caso da abordagem documental, foram consideradas informações da própria Agência das Bacias PCJ (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2020).

Foram estudados os indicadores esgoto coletado e esgoto tratado, buscando relacioná-los com o alcance das metas estabelecidas para o ODS 6 (BRASIL, 2019b), em específico as 6.2 e 6.3. Com o intuito de avaliar os cenários futuros vinculados a estes indicadores, foram abordadas as projeções para os anos de 2025, 2030 e 2035, verificando, também, sua validade quanto aos princípios de Gibson (GIBSON, 2006b), de forma a atingir a sustentabilidade nas Bacias PCJ no horizonte de 2035.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Panorama do Esgotamento Sanitário nas Bacias PCJ Relacionado ao ODS 6

O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias PCJ (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2019) traz, entre outras esferas do saneamento, a análise da situação do abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo, desconsiderando os municípios adjacentes pertencentes à porção mineira das Bacias PCJ. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) reúne anualmente as informações de esgotamento sanitário dos municípios paulistas, avaliando a eficácia do sistema por meio do Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto (ICTEM). Esse indicador considera os seguintes parâmetros: (i) coleta de esgoto; (ii) existência e eficiência do sistema de tratamento do esgoto coletado; (iii) remoção efetiva da carga orgânica em relação à carga potencial gerada pela população urbana; (iv) destinação adequada dos resíduos provenientes no tratamento; e (v) atendimento aos padrões de qualidade dos corpos receptores. As dez cidades mais populosas das Bacias PCJ (Campinas, Piracicaba, Jundiaí, Limeira, Sumaré, Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Rio Claro, Hortolândia e Indaiatuba) apresentam melhor ICTEM, o que evidencia que ações estão sendo tomadas em direção à sustentabilidade dos recursos hídricos. Os ganhos vão além do plano ambiental ao considerar o IDHM. Conforme dados divulgados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para o ano de 2010, quatro dos dez municípios supracitados apresentaram IDHM muito alto (IDHM > 0,800) e os seis restantes alto (entre 0,700 e 0,799).

Em contrapartida, segundo o Relatório de Situação de 2018 (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2019), em uma escala de variação do ICTEM de 0 a 10, nove dos 57 municípios inseridos na UGRHI apresentaram valores entre 0,0-2,5 e sete foram classificados entre 2,5-5,0. Quando somados, compreendem 30% dos municípios. O relatório aponta que as cidades situadas nas regiões de cabeceira apresentam os piores valores para o índice, com potencial para impactar os sistemas de abastecimento público à jusante. Para subsidiar o entendimento do impacto das regiões com menor índice ICTEM na qualidade das águas superficiais das Bacias PCJ, foram avaliados os dados do Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Público (IAP), proposto por um grupo formado por integrantes da CETESB, SABESP, institutos de pesquisa e universidades. De fato, apenas Monte Alegre do Sul apresentou valor satisfatório, ao passo que os oito municípios restantes demonstraram deficiências na qualidade da água para abastecimento, variando de regular e péssimo. Os baixos valores de IAP nos municípios com



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

menor valor de ICTEM ganham maior destaque quando verificados os dados de disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas nas Bacias PCJ.

A partir de 2015, quedas anuais de vazões médias de quase $10 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$ são verificadas no contexto geral de disponibilidade das águas superficiais das bacias, alcançando vazão crítica de $971 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, 35.3% abaixo da referência de disponibilidade *per capita* mínima prevista pela ONU (SÃO PAULO, 2020). A isso, soma-se a crescente demanda por água superficial e subterrânea para fins de abastecimento público. Na Figura 2 estão apresentadas as estimativas da disponibilidade hídrica e da demanda de água nas Bacias PCJ entre os anos de 2014 e 2018.

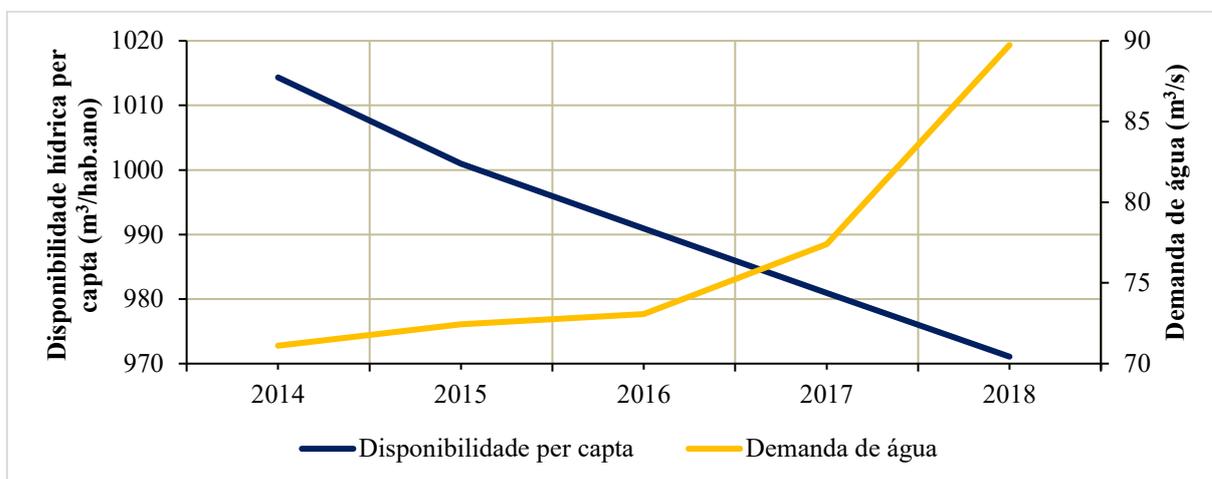


Figura 2: Histórico anual da disponibilidade hídrica *per capita* e da demanda de água nas Bacias PCJ [elaborada pelos autores com dados retirados de Agência das Bacias PCJ (2020)].

Observa-se que apesar da região contar com elevada quantidade de mananciais superficiais de interesse regional e grande porte (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020), houve redução de aproximadamente 4% em cinco anos. Desde 2014, os valores de disponibilidade encontram-se em uma situação delicada, bem abaixo do considerado como crítico ($1.500 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), tendo o crescimento populacional papel de destaque. Decorrente da crise hídrica de 2014, a fonte de captação subterrânea passou a ter mais influência no suprimento de água (4% e 11% nos anos de 2014 e 2018, respectivamente). Ressalta-se, ainda, o esforço do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) na regularização de diversos poços. Oliveira et al. (2019) avaliaram o sistema de abastecimento municipal de São José do Rio Preto - SP, sobretudo sob aspectos das águas subterrâneas. Os autores identificaram o decréscimo paulatino da disponibilidade hídrica e o aumento imprudente no número de poços ao longo dos anos em um sistema debilitado e próximo do colapso. Por mais que distantes, percebe-se um paralelismo com as Bacias PCJ, caminhando no sentido contrário do que se espera para bacias sustentáveis. Entende-se ser importante a garantia de água em qualidade e quantidade para as gerações futuras, prevista na meta 6.3 do ODS 6. Uma forma de atuar nesse viés trata-se da despoluição dos ambientes aquáticos por meio de ações que vão além das convencionais empregadas na engenharia, como, por exemplo, reflorestamento de matas ciliares, inserção de parques lineares e eliminação de ligações clandestinas.



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

De acordo com os dados do Relatório Síntese do Plano de Recursos Hídricos das Bacias PCJ (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2020), no cenário atual, as áreas críticas apontadas no gerenciamento dos recursos hídricos referem-se à garantia de suprimento hídrico (GSH), à conservação e uso de solo e água no meio rural e recomposição florestal (CRF) e ao enquadramento de corpos hídricos (ECA). O último apresenta como temas principais: (i) a universalização da coleta de esgoto, (ii) o tratamento secundário e (iii) terciário de esgoto (remoção de nitrogênio e fósforo). São estabelecidas, inclusive, ações prioritárias entre os municípios da UGRHI, prazos e investimentos para o cumprimento das metas previstas para os cenários de 2025, 2030 e 2035. A Tabela 1 apresenta os dados de esgotamento sanitário nas Bacias PCJ entre os anos de 2014 e 2018.

Tabela 1: Cenário do esgotamento sanitário nas Bacias PCJ entre os anos de 2014 e 2018 para os indicadores esgoto tratado, esgoto coletado e sua junção [elaborada pelos autores com dados da Agência das Bacias PCJ (2020)].

Ano	Esgoto coletado (%)	Esgoto tratado (%)	Esgoto coletado e tratado (%)
2014	92,3	72,7	67,1
2015	93,0	72,6	67,5
2016	91,0	73,1	66,5
2017	92,2	76,1	70,2
2018	93,3	76,8	71,7

Conforme apresentado na Tabela 1, pôde-se verificar que a expansão da rede de esgotamento sanitário (esgoto coletado) não tem acompanhado o crescimento populacional e territorial da região. Entretanto, notou-se a melhora no tratamento. De fato, o trabalho para atingir a universalização no prazo de dez anos (2030), estipulado no ODS 6, precisa ser intenso. Da avaliação da porcentagem de esgoto coletado e tratado, o distanciamento quanto à universalização desse serviço básico para garantir uma boa qualidade de vida à população fica mais evidente. No geral, outrora apresentada, a classificação da coleta de esgoto e do índice de tratamento é boa para 60% e 38% dos municípios das Bacias PCJ, respectivamente (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020). Verifica-se, assim, a necessidade de se avaliar o percentual do esgoto tratado em relação ao total gerado. Quando se analisa a porcentagem tratada em relação ao esgoto coletado, se mascara a parcela não coletada, que, por sua vez, apresenta potencial poluidor significativo. No município de Jarinu, por exemplo, 100% do esgoto coletado é tratado. Entretanto, nem todo o esgoto gerado é coletado, o que faz com que o índice de tratamento do esgoto total gerado seja de apenas 19%, classificado como ruim.

As ações do Consórcio PCJ relacionam-se direta ou indiretamente aos ODS, sobretudo àqueles direcionados à disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento (ODS 6) e ao uso sustentável dos ecossistemas terrestres (ODS 14), embora o presente estudo não contemple este último objetivo. Em linhas gerais, a meta 6.2 prevê o acesso ao saneamento básico de maneira adequada, equitativa e universal, buscando eliminar a defecação a céu aberto, com enfoque na população de mulheres e indivíduos em situações de vulnerabilidade. Analisando-se o conjunto de metas (2020-2035) elaboradas para o Plano ECA, observa-se que, em termos de esgotamento sanitário em áreas urbanas, as seis ações de prioridade muito alta concentram-



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

se majoritariamente na elaboração de estudos, projetos e implantação de ETEs ou mesmo melhorias no tratamento secundário de ETEs existentes, demandando prazos e investimentos elevados para a execução do plano de metas. As medidas buscam atender a um cenário de referência até 2035 direcionado à garantia de 98% de esgoto coletado e 100% tratado. Estudos e projetos de melhoria no sistema de coleta e transporte de esgotos e avanços em estudos e melhorias no tratamento terciário de esgoto também compõem o conjunto de metas, embora com menor grau de prioridade em razão dos elevados investimentos. Neste ponto, a universalidade no acesso ao saneamento urbano parece ser atendida no rol de metas estabelecidas para as Bacias PCJ, considerando o impacto econômico e social referente à falta de acesso a instalações sanitárias, potencializando a veiculação de doenças (DAHAL et al., 2014).

Especificamente no sistema de saneamento rural, considerando que o acesso ao saneamento deve ser universal e adequado, constatou-se a elaboração de uma única meta no Plano CRF que prevê a substituição de sistemas rudimentares de tratamento de esgoto (fossa negra) por sistemas mais eficientes. Nas áreas rurais das Bacias PCJ, 33% do sistema de esgotamento é destinado às fossas rudimentares, o que contribui para contaminação do solo e lençóis freáticos. Conforme previamente abordado, o problema se reveste em magnitude com o aumento na demanda de águas subterrâneas frente ao panorama de escassez hídrica do Estado de São Paulo. Por fim, a meta prevista para o ano de 2035 apresenta prioridade alta (não muito alta) e os investimentos são menores em relação aos projetos de instalação e adequação dos sistemas de esgoto nas áreas urbanas.

4.2. Diagnóstico e Projeções de Segurança Hídrica nas Bacias PCJ

O plano das Bacias PCJ (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2018) estima o crescimento de 22% da população e 24% da demanda (mais expressivo na irrigação) até o ano de 2035. Para suprir a futura demanda, destaca-se a construção de grandes reservatórios nas dependências das bacias, com ênfase para reservatórios nas cidades de Americana e Campinas, e barragens nos Rios Camanducaia e Jaguari.

Horizontes para oferta de água com demandas, retornos e perdas foram projetados para 2025, 2030 e 2035, de modo a auxiliar no plano de ações da região. Para o cenário de 2035, foram avaliados diferentes níveis de intervenção, desde a ausência de medidas até a aplicação de reuso de água. Estudos mostraram que barragens de acúmulo melhoram o saldo hídrico na região, porém não são suficientes para reduzir para “baixo” a criticidade dos rios (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2018). Embora a operação da Barragem Pedreira, em 2025, amplie o saldo hídrico nos rios Jaguari e Piracicaba, a criticidade permanece média. Observou-se, ainda, que tais obras não são capazes de solucionar problemas de alta criticidade crônica em algumas regiões, como parte dos rios Atibaia, Capivari e Jaguari. Medidas alternativas como reuso de água e redução de perdas são eficazes para minimizar a demanda. As ações evidenciam que apenas a construção de obras de âmbito quantitativo não atende a alguns princípios de Gibson, como recursos suficientes para populações locais, equidade intrageracional (com desigualdades regionais) e que se mantém nas gerações futuras. Entretanto, os levantamentos serviram de base para identificar problemas nas ações propostas com vistas à adaptação da situação a longo prazo, outro princípio de Gibson. Desta forma, é evidente a necessidade de aprimorar a qualidade das águas na região. Estudos foram realizados pela Agência das Bacias PCJ para



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

avaliar o impacto do aumento da população na qualidade dos rios. Foram avaliados cenários para os anos de 2025, 2023 e 2035, nos quais consideraram-se índices de coleta e tratamento de esgoto, juntamente com as eficiências de remoção de poluentes pelas ETEs (Figura 3).

Cenários	Descrição simplificada	Eficiências de DBO, N, P e Coliformes*
Cenário Zero (2016)	Cenário com a população de 2016 - ETEs ativas na ETAPA 1 (Cenário de Calibração)	Eficiência DBO: Atual Eficiência de N: 35% Eficiência de P: 20% Eficiência Colif.: 99%
Cenário Consolidado (2020)	Cenário de base de comparação para os demais População 2020 ETEs em ampliação/ construção.	Eficiência DBO: Atual Eficiência de N: 35% Eficiência de P: 20% Eficiência Colif.: 99%
Cenário Meta** Padrão de Lançamento	Avaliação da situação para eficiência máxima de 80% nas ETEs População 2035	Eficiência DBO: 80% Eficiência de N: 35% Eficiência de P: 20% Eficiência Colif.: 99%
Cenário Meta** Com restrição (2035)	Avaliação das Metas do Plano 2010 a 2020 (Cobrape, 2010) População 2035 Eficiência DBO é restringida pelo teto (95%).	Eficiência Máxima DBO: 95% Eficiência de N: 60% Eficiência de P: 35% Eficiência Colif.: 99,9%
Cenário Meta** Sem restrição (2035)	Avaliação das Metas do Plano 2010 a 2020 (Cobrape, 2010) População 2035 Eficiência DBO: não é restringida pelo teto (95%)	Eficiência Máxima DBO: >95% Eficiência de N: 60% Eficiência de P: 35% Eficiência Colif.: 99,9%
Cenário Teto (2035)	Avaliação dos tetos (premissas TR) População 2035 Coleta: 98%; Trat. 100%; ef. 95% Eficiência DBO: restringida pelo teto (95%).	Eficiência Máxima DBO: 95% Eficiência de N: 75% Eficiência de P: 75% Eficiência Colif.: 99,99%
Cenário Teto - Sem restrição (2035)	Avaliação dos tetos (premissas TR) População 2035 Coleta: 98%; Trat. 100% Eficiência DBO: não é restringida pelo teto (95%).	Eficiência Máxima DBO: >95% Eficiência de N: 95% Eficiência de P: 99% Eficiência Colif.: 99,999%

Figura 3: Descrição dos cenários estudados. Fonte: Comitê das Bacias PCJ (2018).

Simulações com a vazão $Q_{7,10}$ para o cenário consolidado de 2020 revelaram que apenas 24% e 34% dos trechos nas Bacias PCJ atendem ao enquadramento de fósforo e coliformes termotolerantes, respectivamente. Para os casos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e nitrogênio amoniacal, não se enquadram 48% e 32% dos trechos, respectivamente. Quanto ao nitrogênio na forma de nitrito e nitrato, 87% e 100% dos trechos se enquadram, respectivamente. Nos cenários futuros, nota-se aumento significativo na remoção de nitrogênio e fósforo, o que reflete o elevado investimento em tratamento terciário nas ETEs. De fato, isso demonstra uma falha no sistema socioecológico na situação atual. Considerando-se o cenário teto, sem restrições para 2035, há melhora significativa em fósforo total, coliformes termotolerantes e DBO (enquadramento de 76%, 96% e 74% dos trechos, respectivamente). Neste caso, considerando que 98% do esgoto seja coletado e 100% seja tratado.

Entretanto, resultados mostraram que, mesmo com grandes investimentos requeridos para efetivar o cenário teto de 2035, 45% dos trechos da bacia ainda não se enquadram em todos os quesitos. Além disso, aprimoramentos em áreas já enquadradas podem gerar gastos adicionais sem benefícios expressivos. Como resultado, foi realizada a avaliação das áreas prioritárias para serem incorporadas no plano de ações. O levantamento identificou as cidades



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

prioritárias, considerando os parâmetros previamente analisados. Simulações efetuadas com ações focadas em cada município revelaram que há aumento na eficiência do plano de ações. Nesta situação, 80%, 89%, 85% e 95% dos trechos seriam atendidos para os parâmetros DBO, nitrogênio amoniacal, fósforo e coliformes termotolerantes, respectivamente. Adotando-se esta medida focalizada, será possível aumentar a porcentagem de trechos que se enquadram nos parâmetros avaliados de 45% para 61%. Os resultados mostram um direcionamento mais democrático em termos de governança, um dos princípios fortemente discorrido por Gibson, considerando que haverá maior responsabilidade dos gastos públicos.

Mesmo após a otimização de custos para um melhor cenário de enquadramento, o tema estratégico de ECA deve receber quase R\$ 7 bilhões, conforme demonstrado na Figura 4. Destes, mais de R\$ 3 bilhões, equivalentes a 40% dos investimentos, estão previstos para o eixo temático referente ao tratamento terciário. Do valor restante, metade é previsto para gestão de recursos hídricos. Observa-se, então, que há maior direcionamento de capital referente às metas 6.2 e 6.3 do ODS 6, as quais focam principalmente em segurança hídrica para as populações e qualidade dos corpos hídricos. O plano também prevê um gasto de aproximadamente R\$ 34 milhões com Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EA) para maior civilidade socioambiental na região, também defendido por Gibson.

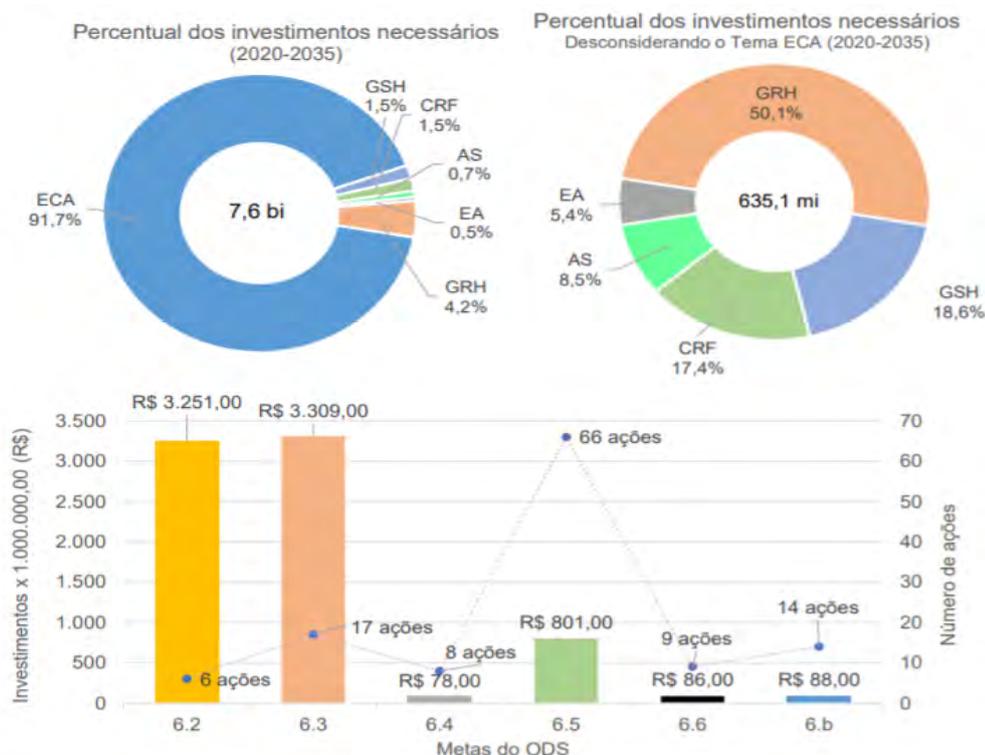


Figura 4: Investimentos relacionados às metas ODS 6 e aos temas estratégicos: Enquadramento dos Corpos Hídricos (ECA), Conservação e Uso do Solo e da Água no Meio Rural e Recomposição Florestal (CRF), Águas Subterrâneas (AS), Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem (GSH), Educação Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EA) e Gestão de Recursos Hídricos (GRH). Fonte: Adaptado de Comitê das Bacias PCJ (2018).



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

O plano de ações para as Bacias PCJ revela que existem ações voltadas para a coleta, transporte e tratamento do esgoto gerado de forma centralizada nas ETEs. Contudo, as simulações de cenários com foco em áreas críticas demonstraram que houve um aumento significativo no enquadramento de trechos nas Bacias PCJ, otimizando-se os custos relacionados. Nesse sentido, estudos focados em escalas ainda menores poderiam ser realizados a fim de verificar a efetividade do tratamento de esgoto localizado. Assim, um sistema de tratamento de esgoto descentralizado poderia reduzir os custos relacionados à construção de ETEs.

5. CONCLUSÕES

Os indicadores de coleta e tratamento de esgoto, propostos no Plano de Recursos Hídricos das Bacias PCJ 2020-35, mostraram-se importantes para medir a evolução da sustentabilidade quanto ao ODS 6, em específico as metas 6.2 e 6.3. Contudo, o índice de tratamento de esgoto é abordado apenas em relação ao que foi coletado e não sobre o que foi gerado. Assim, fica prejudicada a avaliação do real impacto poluidor do efluente para uma tomada de decisão mais assertiva.

Quanto à meta de atendimento a um cenário de referência até 2035, direcionado à garantia de 98% de esgoto coletado, além de 100% tratado, observa-se a validade no sentido de contribuir para os seguintes critérios de sustentabilidade: Critério 2. recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades; Critério 3. equidade intrageracional; Critério 4. equidade intergeracional; Critério 5. manutenção dos recursos naturais. Com o critério 2, busca-se garantir que todos e cada comunidade tenham recursos hídricos suficiente para uma vida decente e oportunidades de buscar melhorias de maneira que não comprometam as possibilidades de suficiência e oportunidades das gerações futuras. O critério 3 refere-se à garantia de suficiência e escolhas eficazes para todos, de forma a reduzir as perigosas lacunas de suficiência e oportunidade entre ricos e pobres. O quarto critério favorece as opções e ações presentes com maior probabilidade de preservar ou aumentar as oportunidades e capacidades das gerações futuras de viver de maneira sustentável. O critério 5 fornece uma base maior para garantir meios de subsistência sustentáveis para todos, enquanto reduz as ameaças à integridade de longo prazo dos sistemas socioecológicos, minimizando danos extrativos, evitando o desperdício e cortando o uso geral de material e energia por unidade de benefício.

Para estudos futuros, recomenda-se a avaliação integrada de todos os indicadores adotados no Plano das Bacias PCJ, segundo critérios propostos por Gibson, de modo a validá-los quanto a sua utilidade para garantir que a abordagem integrativa especificada seja confiável e que as obrigações associadas sejam respeitadas. Como a avaliação da sustentabilidade visa mudar a forma como as decisões são tomadas e impulsionar uma transição da prática convencional e insustentável, Gibson (2006a) presume que as demandas do desenvolvimento serão evitadas, resistidas e minimizadas por uma porção considerável dos proponentes e autoridades sujeitos a ela.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



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

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Disponibilidade Hídrica: águas superficiais**, jan. 2020. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/novo/informacoes-das-bacias/disponibilidade-hidrica>. Acesso em: 04 set. 2020.
- AGENDA 2030. **Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/6/>. Acesso em: 04 set. 2020.
- AHMED, K. et al. Impacts of climate variability and change on seasonal drought characteristics of Pakistan. **Atmospheric Research**, v. 214, p. 364–374, jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.08.020>. Acesso em: 23 set. 2020.
- BENETTI, L. B. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lages (SC) através do método do Painel de Sustentabilidade**. 2006. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- BOND, A. et al. Sustainability assessment: the state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 30; n. 1, p. 53-62, 2012.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. ANA: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2019a. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. ANA: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019b. 94 p. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Brasília: Diário Oficial da União, 04 nov. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04 set. 2020.
- CARVALHO, J. R. M. de. et al. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 23, n. 2, 2011.
- CEREZINI, M. T. et al. Indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos no contexto de campus universitários. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 202-2015, 2017.
- COUTU, S. et al. Assessing dominant uncertainties in urban buildup/washoff processes under climate change: A case study in Western Switzerland. **Urban Climate**, v. 5, p. 52–67, 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

COMITÊ DAS BACIAS PCJ. **Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020-Relatório Final-Tomo IV-Plano de Ações**. 5. rev, Consórcio Profill-Rhama PCJ, abr. 2018.

COMITÊ DAS BACIAS PCJ. **Relatório de situação dos recursos hídricos: versão simplificada - ano base 2019. Fundação Agência das Bacias PCJ**. Piracicaba: [s.n.], 2019. Disponível em: <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-situacao-2019/relatorio-situacao-2019.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.

COMITÊ DAS BACIAS PCJ. **Relatório Síntese: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035**. Porto Alegre: Consórcio Profill-Rhama PCJ, 2020. Disponível em: <https://agua.org.br/biblioteca/relatorio-sintese-pbh-pcj/>. Acesso em: 28 set. 2020.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO (EMPLASA). **Projeto Mapeia Paulo: Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo**. Base de dados: 2010/2011. São 4582 Paulo, 2015. 4583

ESTEVES, A. M. et al. Social impact assessment: the state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 30, n. 1, 2012.

FELINTO, C. M. R. et al. Aplicação do modelo Força-Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para gestão dos recursos hídricos em João Pessoa – PB. **Revista DAE**, v. 67, n. 218, 2019.

FLETCHER, T. D. et al. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. **Advances in Water Resources**, v. 51, p. 261–279, 2013.

FLINT, R. W. **Practice of Sustainable Community Development**. New York: Springer, 2013.

GIBSON, R. B. et al. **Sustainability Assessment: Criteria, Processes and Applications**. London: Earthscan, 254 p, 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, 2006a.

GIBSON, R. B. Sustainability-based assessment criteria and associated frameworks for evaluations and decisions: theory, practice and implications for the Mackenzie Gas Project Review. **Review Literature and Arts Of The Americas** n. January, p. 56, 2006b.

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



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

GIBSON, R. B. **Why sustainability assessment?** In: A. Bond, A. Morrison-Saunders e R. Howitt, eds. *Sustainability assessment: pluralism, practice and progress*. Capítulo 1, 1a ed. Londres, 2012.

GIOVANNONI, E.; FABIETTI, G. What is sustainability? A review of the concept and its applications. **Integrated Reporting**, p. 21-40, 2014.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 307-323, 2009.

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, 2008.

HIPARC GEOTECNOLOGIA. **Projeto PCJ – Classificação**. 2015.

LÉLÉ, S. M. Sustainable development: A critical review. **World Development**, v. 19, n. 6, p. 607–621, 1991.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 2 ed., São Paulo, Atlas, 2000.

NAM, W. et al. Drought hazard assessment in the context of climate change for South Korea. **Agricultural Water Management**, v. 160, p. 106–117, 2015.

OLIVEIRA, J. N. et al. O conflito entre a expansão urbana e o uso da água subterrânea. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 9, p. 373-386, 2019.

ONU-BR. Organização das Nações Unidas - Brasil. **ODS 6: Água Potável e Saneamento** - Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>. Acesso em: 22 ago. 2020.

PACTO GLOBAL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Disponível em <https://pactoglobal.org.br/ods>. Acesso em 19 out. 2020.

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

PRUGH, T.; ASSADOURIAN, E. What is sustainability, anyway? **World Watch**, v. 16, n. 5, p. 10-21, 2003.

SARTORI, S. et al. Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: Uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 1-22, 2014.

SÃO PAULO (Estado). CRHi: Coordenadoria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Relatório de situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica: roteiro para elaboração e fichas técnicas dos parâmetros. Outubro de 2020. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursoshidricos>. Acesso em: 04 set. 2020.



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

SENA, A. et al. Medindo o invisível: análise dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em populações expostas às secas. **Ciência e Sociedade Coletiva**, v. 21, n. 3, 2016.

SILVA, E. R. A. da (Coord.). **Agenda 2030: ODS - Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8855%0Ahttps://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=33895. Acesso em: 19 out. 2020.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, 2012.

WANG, Z. et al. Climate change enhances the severity and variability of drought in the Pearl River Basin in South China in the 21st century. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 249, p. 149–162, 2018.

WILLIS, H.; MCDOWELL, L. L. Pesticides in agricultural runoff and their effects on downstream water quality. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 1, n. 4, p. 267–279, 1982.

WU, J.; WU, T. Sustainability indicators and indices: An overview. **Handbook of Sustainability Management**, p. 65–86, 2012.