

SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

WATER SUPPLY SERVICES IN MUNICIPALITIES WITHIN THE PIRACICABA, CAPIVARI, AND JUNDIAÍ RIVER BASINS: AN APPLICATION OF THE AHP METHOD

Denise Helena Lombardo Ferreira*  E-mail: lombardo@puc-campinas.edu.br

Fernando Facio Rossetti*  E-mail: fernando.fr2@puccampinas.edu.br

Daniela Scarpa Beneli*  E-mail: daniela.scarpa@puc-campinas.edu.br

Cibele Roberta Sugahara*  E-mail: cibelesu@puc-campinas.edu.br

*Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC), Campinas, SP, Brasil.

Resumo: O abastecimento de água ocorre de forma desigual no Brasil, cerca de 60% dos brasileiros com privações de serviços de abastecimento de água residem nas Regiões Norte e Nordeste. Nesse sentido, o objeto dessa pesquisa é classificar os municípios das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí quanto aos serviços de abastecimento de água, nas categorias consumo, disponibilidade, qualidade, social e econômica, com base no método multicritério Processo de Hierarquia Analítica. Os resultados revelam que os municípios com melhor desempenho nessas categorias são Holambra, Rio das Pedras, Iracemápolis e Mombuca, pois apresentaram bom desempenho em pelo menos duas categorias, sendo que em disponibilidade todos tiveram ótimo desempenho. Quanto aos piores desempenhos, Tietê, Itu, Analândia, Pedra Bela e São Pedro se posicionaram aquém em duas categorias, a exemplo de qualidade, Itu e Analândia revelaram problemas neste atributo. Por outro lado, alguns municípios apresentaram desempenhos irregulares, revelando características fortes e fracas em certos critérios, necessitando de uma análise mais detalhada em conjunto com o tomador de decisões para identificar quais são as categorias que mais impactam nesse problema. Por fim, a utilização do método Processo de Hierarquia Analítica permitiu avaliar diferentes variáveis, bem como a importância que exercem na resolução do problema e escolha das melhores alternativas.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Saneamento. Método AHP.

Abstract: Water supply is distributed unevenly in Brazil, approximately 60% of Brazilians experiencing water supply service shortages reside in the North and Northeast regions. In this context, the objective of this research is to classify the municipalities within the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí river basins regarding water supply services categorized by consumption, availability, quality, social aspects, and economic factors, using the Analytic Hierarchy Process multicriteria method. The results reveal that the municipalities with the best performance in these categories are Holambra, Rio das Pedras, Iracemápolis, and Mombuca, as they performed well in at least two categories, with all of them excelling in availability. Regarding the lowest performances, Tietê, Itu, Analândia, Pedra Bela, and São Pedro ranked poorly in at least two categories; for example, Itu and Analândia exhibited quality issues. On the other hand, some municipalities showed irregular performances, with strong and weak characteristics in certain criteria, requiring a more detailed analysis alongside decision-makers to identify the most impactful categories. Finally, the use of the Analytic Hierarchy Process method enabled the evaluation of different variables and their significance in solving the problem and selecting the best alternatives.

Keywords: Water supply. Sanitation. AHP method.

1 INTRODUÇÃO

É notória a importância do abastecimento de água e do saneamento, sobretudo considerando o expressivo crescimento populacional que vem ocorrendo nas últimas décadas. Já em 2009, Abbott e Cohen (2009) assinalavam sobre o avanço de estudos para a avaliação dos serviços de abastecimento de água e do saneamento.

O Brasil enfrenta problemas no tocante aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Conforme Brasil (2020), no ano de 2018, a população brasileira atendida com rede de água era de 162,2 milhões de habitantes e com rede de esgoto 108,1 milhões de habitantes.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 6 da Agenda 2030 destaca a preocupação quanto à água e saneamento. Dentre as metas do ODS 6, pode-se citar:

6.1 Até 2030 – alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos; 6.2 Até 2030 – alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas, e daqueles em situação de vulnerabilidade; 6.4 Até 2030 – aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com essa carência (ONU, 2015, s/p).

Segundo Brunelli (2015), em um mundo cuja complexidade cresce rapidamente, tomar as melhores decisões constitui uma tarefa exigente e desafiadora. Tendo em vista que a avaliação de serviços de saneamento básico e abastecimento de água envolve múltiplos critérios, diversas alternativas e diferentes perspectivas, as tomadas de decisão mais adequadas podem ser apoiadas com a utilização de métodos multicritérios

Os métodos multicritérios utilizam as informações de forma eficiente, tornando o processo mais transparente (Stagl, 2006). Além disso, há limitações ao utilizar a análise de benefício/custo na avaliação de projetos, portanto deve-se dar preferência à associação entre planejamento multicriterial e valorização ambiental e social (Zuffo; Santos 2002).

Um dos métodos multicritérios, o Método Analítico Hierárquico, em inglês, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), seleciona, ordena e pode ser utilizado para avaliação subjetiva de várias alternativas em termos de um ou mais objetivos e “estabelece classes para as alternativas pela necessidade de avaliar uma alternativa com relação a uma outra (comparação par-a-par) ao invés de utilizar procedimentos mais complexos para avaliar todas simultaneamente” (Zuffo *et al.*, 2002, p. 86).

Para Saaty (1989), o método AHP oferece as bases lógicas e científicas necessárias, frequentemente exigidas, mas sem perder de vista o fato de que as decisões dependem, em última instância, do processo criativo pelo qual o problema de decisão é formulado.

A literatura científica apresenta alguns estudos realizados com a aplicação do método AHP referente ao abastecimento de água em regiões brasileiras. Santos *et al.* (2021) utilizaram o método AHP para analisar o abastecimento e distribuição de água, saneamento e cobertura florestal na Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba, localizada no Estado de Sergipe. Silva, Vasconcelos e Cirilo (2022) aplicaram o método AHP para mapear o risco de escassez hídrica e a insuficiência de esgoto sanitário no município de Caruaru, estado de Pernambuco.

Especificamente nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ), objeto desse estudo, a avaliação dos serviços municipais de abastecimento concentra-se predominantemente em indicadores de desempenho isolados. Identifica-se, portanto, uma lacuna na literatura científica quanto à aplicação de abordagens multicritério que estructurem de forma hierárquica e ponderada as prioridades operacionais, ambientais e de gestão quanto aos serviços de abastecimento de água nos municípios localizados nas Bacias PCJ.

O monitoramento de indicadores referentes ao abastecimento de água acrescido da aplicação de métodos multicritérios pode auxiliar aos gestores no processo de tomada de decisões.

Nesse contexto, essa pesquisa visa aplicar o método multicritério AHP referente aos serviços de abastecimento de água dos municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí a fim de construir um *ranking* quanto às categorias consumo, disponibilidade, qualidade e econômica para esses municípios.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água desempenha um papel vital na sustentação da vida na Terra, regulando o funcionamento dos ecossistemas, preservando a qualidade ambiental e apoiando a saúde e o bem-estar humano (Tzanakakis; Paranychianakis; Angelakis, 2020).

O acesso adequado à água e a serviços de saneamento representa um direito humano básico (Al-Awar; Abdulrazzak; Al-Weshah, 2006). Serviços de abastecimento de água precisam providenciar água com boa qualidade, em quantidades suficientes, com um preço acessível para todos os cidadãos (Nedjar; Djebbar; Djemili, 2023).

Um suprimento de água seguro, confiável, acessível e facilmente disponível é essencial para a boa saúde. No entanto, por várias décadas, cerca de um bilhão de pessoas em países em desenvolvimento não tiveram acesso a um suprimento de água seguro e sustentável (Hunter; Macdonald; Carter, 2010).

A água se tornou um tema urgente na antropologia à medida que a necessidade global de fornecer suprimentos adequados de água limpa para todas as pessoas se torna mais desafiadora. Os antropólogos contribuem ao enxergar a água não apenas como um recurso, mas também como uma substância que conecta diversos domínios da vida social. Essa contribuição ocorre a partir das diferentes formas de atribuir valor à água, examinam a distribuição muitas vezes desigual da água, exploram as regras e instituições que regem o uso da água e moldam a política hídrica e estudam os múltiplos sistemas de conhecimento, frequentemente conflitantes, através dos quais os atores compreendem a água (Orlove; Caton, 2010).

Hastrup e Hastrup (2015) abordam em detalhe a visão da água como um recurso social, definindo o termo “*Waterworld*” que representa a totalidade de conexões que a água pode apresentar em uma sociedade, trabalhando em cima de cinco pilares principais:

- Valor: recursos naturais e direitos humanos;
- Equidade: acesso e distribuição;
- Governança: organização e regras;

- Política: discurso e conflito;
- Conhecimento: sistemas locais e científicos.

O gerenciamento de recursos hídricos é muito complexo, pois levanta diversas questões sociais e abrange diferentes pontos de vista que variam conforme culturas e interesses. Sendo assim, ao analisar todos os fatores isoladamente e em conjunto, é possível elencar os principais problemas que estão relacionados à distribuição e acesso universal da água.

Hastrup e Hastrup (2015) afirmam que os *waterworlds* estão em crise, devido, principalmente, ao crescimento populacional, aumento da demanda, mudanças climáticas e desigualdades sociais. Em concordância, Tzanakakis, Paranychianakis e Angelakis (2020) afirmam que, até o momento, o uso sustentável dos recursos hídricos enfrenta grandes desafios decorrentes do crescimento populacional, contexto econômico frágil, aumento da demanda por água, necessidade de garantir a segurança alimentar, deterioração da qualidade e envelhecimento das infraestruturas.

A população mundial aproximará dos 10 bilhões nos próximos 30 anos e uma proporção significativa desse crescimento ocorrerá em países em desenvolvimento. Hoje, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas, especialmente em cidades altamente densas; até 2050, mais de dois terços da população viverão em áreas urbanas (Tzanakakis; Paranychianakis; Angelakis, 2020).

As mudanças na demanda de água devido ao crescimento populacional e à industrialização, ou na oferta de água devido às mudanças climáticas, irão definir a vulnerabilidade da infraestrutura hídrica e da população humana que depende desses sistemas (Vörösmarty *et al.*, 2000).

É notório que o Brasil ainda enfrenta dificuldades em relação ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6, visto que existe uma parcela da população que não possui acesso adequado aos serviços de abastecimento e saneamento de água. Nesse sentido, é necessário observar e se atentar aos conflitos socioambientais e socioeconômicos consequentes da falta de universalização dos serviços de abastecimento e saneamento de água públicos.

Zhour e Laschefski (2010, p. 18) ressaltam que o acesso desigual à água é um dos exemplos de conflitos ambientais distributivos, que “indicam graves desigualdades sociais em torno do acesso e da utilização dos recursos naturais”.

Fracalanza, Paz e Alvez (2023) estudaram os impactos sociais e econômicos que estão relacionados com os serviços de abastecimento e saneamento de água e concluíram que os municípios brasileiros, de forma geral, apresentam *déficit* de serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos, principalmente nas áreas de urbanização precária. Além disso, os mesmos autores ressaltaram o impacto que a desigualdade social traz nestes tipos de serviços, pois a distribuição de redes de abastecimento e coleta de esgotos em um mesmo município é realizada de forma distinta em territórios nos quais as populações têm alta ou baixa vulnerabilidade socioambiental.

Santos *et al.* (2023) estudaram os principais atores políticos no cenário brasileiro que são responsáveis pela coordenação e gerenciamento do ODS 6, destacando possibilidades de atuação de algumas instituições-chave em favor do alinhamento entre agendas de sustentabilidade com políticas e leis nacionais. Segundo estes autores, destaca-se que as metas dos ODS, apesar de manter lacunas operacionais importantes, apontam que, entre utopias e realidades, a sua implementação é um caminho natural para superar a crença na suficiência do mercado e na estática das políticas públicas e de seus instrumentos.

Tendo em vista a complexidade de atendimento dos ODS no cenário brasileiro, sobretudo ao envolver conflitos em relação a políticas públicas e interesses do setor privado, Fracalanza, Paz e Alvez (2023) concluem que frente aos problemas observados na agenda do saneamento básico, com foco no abastecimento de água e no esgotamento sanitário, percebe-se que populações socioeconomicamente excluídas são as que mais sofrem com os problemas decorrentes da falta dos serviços de abastecimento e saneamento de água. Quanto às questões climáticas, a ausência e a precariedade da oferta de água e esgotamento sanitário contribuem para situações de injustiça climática.

Os serviços de abastecimento de água são necessários a todos os indivíduos, mas, ainda assim, são escassos em algumas regiões brasileiras. De acordo o Instituto Trata Brasil, ITB (2023), em 2022, no Brasil, do total de aproximadamente

74 milhões de domicílios, cerca de 9 milhões de moradias, ou seja 12%, não tinham acesso ao abastecimento de água e aproximadamente 17 milhões, isto é 23%, dos domicílios estavam com recebimento de água insuficiente.

O abastecimento de água ocorre de forma desigual no Brasil, a Região Norte é a mais afetada e em segundo lugar a Região Nordeste. Aproximadamente 60% dos brasileiros com privações de serviços de abastecimento de água residem nas Regiões Norte e Nordeste (ITB, 2023). O abastecimento de água na Região Norte abrange 64,2% da população, já nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul esse percentual corresponde a 76,9%, 89,8%, 90,9% e 91,6%, respectivamente (ITB, 2024).

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) destacam que a ineficiência e adequação dos serviços de saneamento a toda população constitui um dos grandes problemas econômicos. Para Melo *et al.* (2018), a avaliação dos serviços de saneamento deve ser feita com indicadores confiáveis que abrangem diferentes momentos e objetos do processo.

Miranda e Teixeira (2004), Ogera e Philip Junior (2005), Libânio, Chernicharo e Nascimento (2005) fizeram uso de indicadores para realização de análises comparativas e avaliação dos serviços de água e esgotamento sanitário.

A problemática com os serviços de abastecimento de água além de afetar o bem-estar da população, pode também agravar a saúde dos indivíduos e, em decorrência acarretar, problemas aos cofres públicos, como esclarecem Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020).

A Constituição Federal da República Federativa do Brasil (CFRFB), promulgada em 1988, estabelece fundamentos para analisar o saneamento no País, previstos no art. 6°. De acordo com o art. 23, inciso IX compete à União, Estados, Distrito Federal e Municípios, a promoção de melhorias do acesso ao saneamento. O art. 200, inciso IV do Sistema Único de Saúde (SUS), delibera as competências atribuídas ao SUS e ressalta a participação do mesmo no processo de formulação da política e da execução nas ações de saneamento (Brasil, 1988).

O processo de tomada de decisão no setor de abastecimento de água envolve múltiplos fatores complexos; nesse cenário, métodos multicritério como o

AHP, podem auxiliar na tomada de decisões estratégicas para aprimorar os serviços de abastecimento de água.

Saaty e Vargas (2012) destacam que o método AHP pode ser usado para estabelecer medidas nos domínios físicos ou sociais, buscando assim, medir a proporção entre relações objetivas e elementos subjetivos, permitindo uma abordagem para lidar com ambos os aspectos na tomada de decisões e na análise de problemas complexos, sem que uma abordagem comprometa a outra.

Diante da aplicabilidade do modelo em cenários mais complexos que envolvem aspectos multidimensionais, como na área de saneamento, diversos estudos têm adotado o método AHP, conforme se apresenta no Quadro 1.

Quadro 1 – Aplicações de métodos Multicritérios em estudos na área de saneamento básico

Autores	Foco da aplicação	Resultado/Contribuição
Cordão <i>et al.</i> (2020)	Avaliar os níveis de escassez de água urbana da cidade de Campina Grande, combinando elementos da Análise de Decisão Multicritério (MCDA) e Sistemas de Informação Geográfica (GIS)	Construção de um mapa de risco de escassez de água, responsável por identificar áreas suscetíveis na cidade de Campina Grande, uma região que enfrenta escassez de água, combinando variáveis de controle e utilizando o resultado obtido como um instrumento de planejamento para automação e controle operacional, bem como para destacar as desigualdades nos serviços de abastecimento de água
Barreto <i>et al.</i> (2021)	Melhor opção de escolha entre as bacias a serem implementadas o sistema de esgotamento sanitário	Avaliação de alternativas e critérios na escolha da bacia
Hamidifar <i>et al.</i> (2023)	Examinar os critérios efetivos em projetos de abastecimento de água em áreas rurais do Irã	Os critérios ambientais e econômicos foram mais críticos quando comparados aos critérios sociais, de segurança e técnicos de gestão
Ucler e Kocken (2023)	Implementar planos para criar suprimentos de água em regiões propensas a enfrentar escassez no futuro	Plano estratégico viável para selecionar os projetos mais adequados, propondo uma abordagem de programação mista multiobjetivo para o problema do abastecimento de água
Paz <i>et al.</i> (2025)	Avaliação do desempenho dos municípios de Pernambuco em saneamento ambiental	Criação do Índice de Desempenho do Saneamento Ambiental
Zyoud, Omari e Jarrad (2025)	Aperfeiçoar políticas de saneamento	Criação do Índice de Prioridade de Saneamento, combinando AHP e técnica fuzzy
Cardozo <i>et al.</i> (2026)	Tomada de decisão em sistemas de saneamento	Identificaram diferentes prioridades de planejamento

Fonte: Autores (2025).

Em linhas gerais, o uso do método AHP favorece a tomada de decisões que atendam simultaneamente a critérios de sustentabilidade técnica, econômica, social e ambiental e, possibilita mitigar conflitos, minimizar incertezas e criar métricas de monitoramento, contribuindo, portanto, no aperfeiçoamento de políticas públicas na área de saneamento.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa

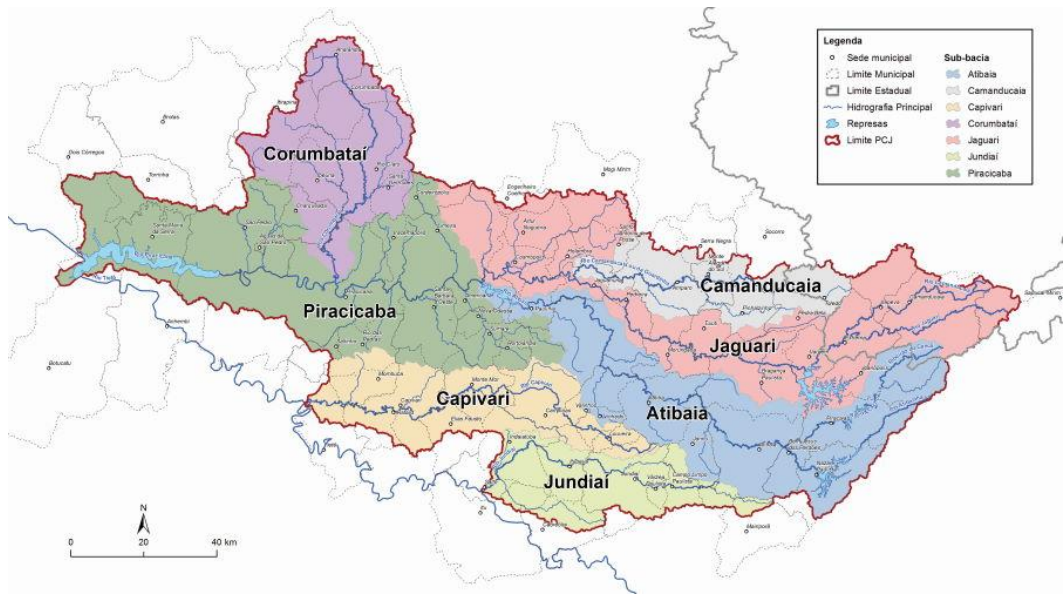
A pesquisa é aplicada e exploratória com abordagem quali-quantitativa. Para Lakatos e Marconi (2008) a pesquisa qualitativa permite analisar e interpretar questões mais profundas e a quantitativa utiliza-se de informações numéricas.

A principal fonte documental foi obtida de artigos científicos e de alguns documentos de domínio público: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de 2024 (Comitês PCJ, 2024); Relatório Síntese: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035 (Comitês PCJ, 2020a) e Relatório Final: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035 (Comitês PCJ, 2020b).

3.2 Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

As características territoriais das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ) contemplam o equivalente a 15.377 km², divididas nas Bacias do Rio Piracicaba (12.655 km²), Rio Capivari (1.568 km²) e Rio Jundiaí (1.154 km²). Quanto à hidrologia, as Bacias PCJ são subdivididas em sete sub-bacias principais, sendo cinco delas pertencentes à Bacia do Rio Piracicaba (Agência das Bacias PCJ, 2024). A Figura 1 destaca a localização das Bacias PCJ.

Figura 1 - Localização das Bacias PCJ



Fonte: Agência das Bacias PCJ (2024, s/p).

As Bacias PCJ abrangem, total ou parcialmente, territórios de 76 municípios sendo 71 pertencentes ao estado de São Paulo e 5 ao estado de Minas Gerais. Municípios atendidos pelas sub-bacias das bacias PCJ (Quadro 2).

Quadro 2 - Municípios atendidos de acordo com o Estado que pertence

Estado	Cidades
São Paulo	Águas de São Pedro, Americana, Amparo, Analândia, Anhembi, Artur Nogueira, Atibaia, Bom Jesus do Perdão, Botucatu, Bragança Paulista, Brotas, Cabreúva, Campinas, Campo Limpo Paulista, Capivari, Charqueada, Cordeirópolis, Corumbataí, Cosmópolis, Dois Córregos, Elias Fausto, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Ipeúna, Iracemápolis, Itatiba, Itirapina, Itu, Itupeva, Jaguariúna, Jarinu, Joanópolis, Jundiaí, Limeira, Louveira, Mairiporã, Mogi-Mirim, Mombuca, Monte Alegre do Sul, Monte Mor, Morungaba, Nazaré Paulista, Nova Odessa, Paulínia, Pedra Bela, Pedreira, Pinhalzinho, Piracaia, Piracicaba, Rafard, Rio Claro, Rio das Pedras, Saltinho, Salto, Santa Bárbara d'Oeste, Santa Gertrudes, Santa Maria da Serra, Santo Antônio de Posse, São Pedro, Serra Negra, Socorro, Sumaré, Tietê, Torrinha, Tuiuti, Valinhos, Vargem, Várzea Paulista, Vinhedo
Minas Gerais	Toledo, Camanducaia, Extrema, Itapeva, Sapucaí Mirim

Fonte: Autores (2025).

3.2 Coleta de dados

Os critérios (indicadores) escolhidos foram divididos em cinco categorias: consumo de água, disponibilidade de água, qualidade de água, aspectos sociais e aspectos econômicos.

Os dados da presente pesquisa foram obtidos de fontes secundárias utilizando o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (Atlas Brasil) e a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). Todos os dados coletados referentes aos critérios escolhidos foram obtidos das seguintes fontes: SNIS do ano de 2022; Índices de Responsabilidade Social mineiro e paulista do ano de 2020 e 2018 respectivamente; Atlas-Brasil do ano de 2010 e dados de internações e de óbitos decorrentes de veiculação hídrica do DATASUS ano base 2022. Para tanto, foram utilizados dados de anos mais recentes, tendo em vista os dados declarados pelos municípios inseridos nas Bacias PCJ.

A única exceção foi a cidade de Rio das Pedras, que não apresentava nenhum valor no SNIS do ano de 2022, sendo assim, foi considerado o ano anterior, 2021, para as análises. O Quadro 3 destaca os critérios agrupados ou normalizados e as respectivas categorias.

Quadro 3 – Informações das categorias e indicadores selecionados

Categoria	Código do indicador	Fonte/Ano	Descrição
Consumo	IN022	SNIS (2022)	Consumo médio per capita de água
	IN052	SNIS (2022)	Índice de consumo de água
Disponibilidade	QD002	SNIS (2022)	Quantidade de paralisações no sistema de distribuição de água
	IN049	SNIS (2022)	Índice de perdas na distribuição
	IN055	SNIS (2022)	Índice de atendimento total de água
	QD024/QD023	SNIS (2022)	Taxa de realização de serviços referentes às reclamações ou solicitações
Qualidade	IN075	SNIS (2022)	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão
	IN076	SNIS (2022)	Incidência das análises de turbidez fora do padrão

	IN084	SNIS (2022)	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão
Social	Internações	DATASUS (2022)	Taxa de internações por doenças de veiculação hídrica, por população
	Óbitos	DATASUS (2022)	Taxa de óbitos decorrentes de doenças de veiculação hídrica, por população
	IDHM	Atlas-Brasil (2010)	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
	IMRS	FJP (2020)	Índice Mineiro de Responsabilidade Social
	IPRS	SEADE (2018)	Índice Paulista de Responsabilidade Social
Econômica	Despesas	DATASUS (2022)	Taxa de despesas com saúde pública devido a doenças de veiculação hídrica, por população
	FN023	SNIS (2022)	Taxa de investimento realizado em abastecimento de água pelo prestador de serviços, por população
	IN012	SNIS (2022)	Indicador de desempenho financeiro

Nota: Os indicadores FN023, Internações, Óbitos, Despesas foram normalizados pela População do município.

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível observar no Quadro 2, as informações QD024 e QD023 foram agrupadas, pois estão diretamente relacionadas, criando um indicador que representa a razão entre elas. Além disso, os indicadores de Internações, Óbitos, Despesas e Investimentos foram todos divididos pela população por estarem a fim de obter a normalização destes dados.

3.3 Método AHP

As análises multicritérios são metodologias aplicadas em situações em envolvem a avaliação conjunta de muitas variáveis. Para este estudo, optou-se pelo método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), criado por Saaty nos anos de 1980, que desenvolveu uma modelagem matemática de atribuição de pesos com base em avaliações atribuídas por especialistas, cujas operações matemáticas podem ser obtidas por meio de softwares acessíveis, como o Excel ou rotinas na linguagem de programação Python disponíveis em rede.

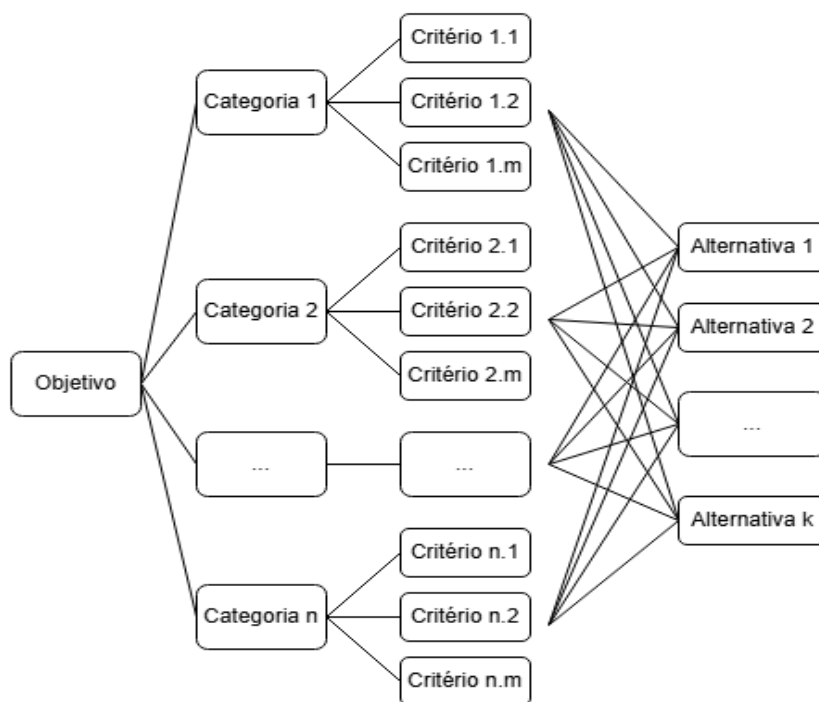
Desde a primeira publicação de Thomas L. Saaty em 1980, o método AHP se difundiu e passou a ser aplicável em diversas áreas como economia, planejamento,

avaliação de políticas públicas, compra de materiais, seleção de projetos, seleção de computadores, alocação de orçamento (Berzins, 2009).

Saaty (1990) desenvolveu o método dividindo sua aplicação em três etapas. A primeira corresponde à estruturação do problema por meio da definição e hierarquização de critérios, a segunda se aplica pela avaliação desses critérios por especialistas e, por fim, a terceira ocorre pela quantificação das avaliações em pesos, que, por sua vez, compõe a tomada de decisões.

Como parte da primeira etapa, Saaty (1990) sugere a construção de uma hierarquia de critérios, que represente o problema de forma abrangente, sem perder a capacidade de responder às mudanças na análise de seus elementos. No topo da hierarquia coloca-se o objetivo geral da análise e a partir dele se desdobram critérios, que podem, ainda, estar subdivididos em outros subcritérios. No último nível, são alocadas as alternativas possíveis decorrentes da estrutura previamente hierarquizada. A Figura 2 apresenta a estrutura hierárquica considerando a presença de critérios e subcritérios.

Figura 2 - Estrutura Hierárquica do Método AHP



Fonte: Autores (2025).

O segundo passo corresponde à avaliação feita por especialistas. Tomando como base o objetivo estabelecido no topo da hierarquia, o julgamento é realizado pela importância relativa atribuída pela comparação entre dois critérios. O preenchimento das avaliações é feito em uma matriz que relaciona os critérios. As preferências são escaladas e valoradas, para os critérios de maior preferência é atribuída importância entre 1 e 9 e para aqueles de menor preferência o inverso destes valores (Saaty, 1990). Sobre o mecanismo de avaliação, seguem alguns apontamentos:

- O julgamento é feito na linha horizontal, comparando a preferência do primeiro critério em relação àqueles apresentados sequencialmente na coluna;
- Na diagonal da matriz estão emparelhados os mesmos critérios, por isso terá sempre o valor 1;
- O triângulo superior da matriz apresenta as possibilidades de cruzamento dos critérios;
- As atribuições do triângulo inferior são recíprocas àsquelas realizadas no superior, por isso podem ser automaticamente preenchidas.

Após o preenchimento da matriz, Saaty (1990) recomenda dimensionar a ocorrência de inconsistência entre as avaliações, que apesar de ocorrer, deve ser minimizada. Saaty (1990) propõe um limite para inconsistências, calculado por um índice, que relaciona os pesos atribuídos com um índice aleatório, cujo resultado deve ser no máximo de 0,10. Se for maior, recomenda-se uma nova rodada de avaliação dos critérios.

O cálculo da Razão de Consistência (RC), definida na equação 1, que representa a razão entre o Índice de Consistência (IC) e o Índice de Consistência Randômico (IR).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (1)$$

Sendo o Índice de Consistência (IC) definido pela equação 2.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Em que:

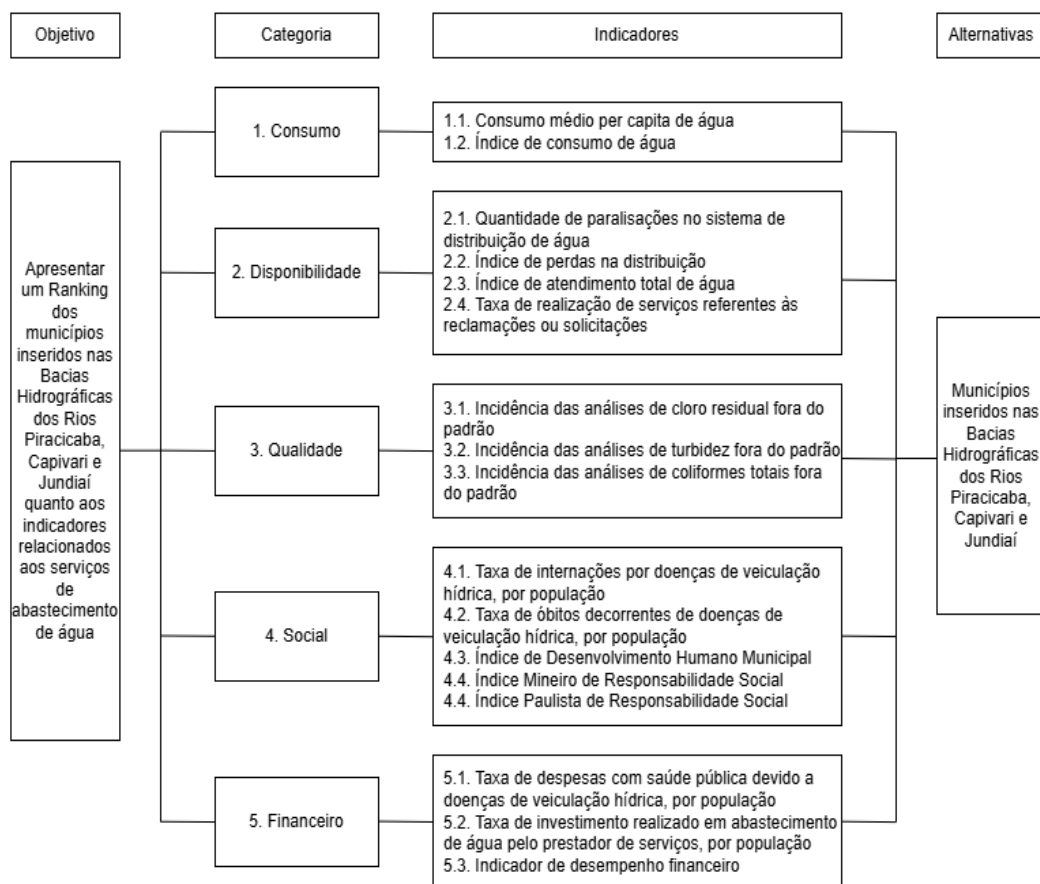
λ_{max} : Maior autovalor da matriz de julgamentos

n : Número de critérios

Como a última etapa há o cálculo dos pesos dos critérios e em seguida sua normalização, pela razão entre cada avaliação e a soma. Em seguida, a média geométrica é calculada considerando os pesos definidos por cada especialista, chegando-se, portanto, no quanto cada critério contribui para o alcance da meta estabelecida no topo da hierarquia.

A partir dos dados coletados discutidos anteriormente, foi elaborado um fluxograma baseado na metodologia AHP tendo como nível 1 a definição do objetivo geral, nível 2 as categorias dos indicadores, nível 3 os indicadores e por fim o nível 4 as alternativas (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma da estrutura hierárquica utilizada



Fonte: Autores (2025).

Após a coleta dos dados, primeiramente foi realizada a definição das prioridades dentre os indicadores escolhidos, levando em conta todos os critérios em conjunto, desconsiderando as categorias e na sequência, os julgamentos dos critérios somente em relação aos indicadores que pertencem à mesma categoria.

O processo de julgamento dos critérios é um dos processos mais importantes do AHP, pois permite a ponderação das alternativas, tendo em vista as partes mais importantes e críticas para um determinado problema. A atribuição dos pesos, foi realizada a partir da experiência acadêmica e empírica de autores dessa pesquisa, na participação em reuniões da Câmara Técnica das Bacias PCJ. Os pesos atribuídos aos critérios podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de julgamento dos critérios escolhidos

Critérios	FN023	QD002	QD034/ QD023	IN012	IN022	IN049	IN052	IN055	IN075	IN078	IN084	Interna ções	Óbitos	Despe sas	IDHM	IPRS e IMRS
FN023	1	1/3	1/3	1/2	1/3	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	2	3	2	3	3
QD002		1	1	2	1/2	1/3	1/3	1/3	2	2	2	3	3	2	3	3
QD034/QD023			1	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	3	3	2	3	3
IN012				1	1/3	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	2	2	1	2	2
IN022					1	1/2	1/2	1/2	3	3	3	3	3	3	4	4
IN049						1	1/2	1/2	3	3	3	4	4	4	4	4
IN052							1	1	4	4	4	4	4	4	4	4
IN055								1	4	4	4	4	4	4	4	4
IN075									1	1	1	2	2	3	3	3
IN078										1	1	2	2	3	3	3
IN084											1	2	2	3	3	3
Internações												1	1/2	2	2	2
Óbitos													1	2	2	2
Despesas														1	2	2
IDHM															1	1
IPRS e IMRS																1

Nota: Os indicadores FN023, Internações, Óbitos, Despesas foram normalizados pela População do município.

Fonte: Autores (2025).

Por exemplo, o valor 1/3 na primeira linha e segunda coluna da Tabela 1 significa que a taxa do valor investido em abastecimento hídrico pela população (FN023) é três vezes menos importante em comparação com a quantidade de paralisações no sistema de distribuição de água (QD002). Já o valor de 3 na terceira linha e quarta coluna significa que a taxa de serviços realizados referentes às reclamações (QD024/QD023) é três vezes mais importante que o indicador de desempenho financeiro (IN012).

Ressalta-se que a matriz de julgamentos é simétrica. Os indicadores que foram avaliados com maior prioridade para os serviços de abastecimento de água são os que estão relacionados com consumo e disponibilidade, seguido da qualidade da água. Além disso, a matriz de julgamentos apresentou um índice de consistência de aproximadamente 0,05, isto é, os julgamentos são considerados válidos e podem ser utilizados para o cálculo das prioridades locais dos critérios.

Na sequência calculou-se as prioridades locais de todas as alternativas em relação a cada critério. Como há um número muito grande de alternativas e critérios foi utilizado os valores dos dados coletados juntamente com rotinas de programação realizadas em *Python* para a criação automática das matrizes de julgamentos e cálculos das prioridades.

Esse processo foi repetido algoritmicamente para todos os critérios presentes, resultando assim em 17 matrizes de julgamentos (17 indicadores listados no Quadro 2), que em seguida foram normalizadas para o cálculo da prioridade local das alternativas. Com os valores das prioridades locais dos critérios e prioridades locais das alternativas referente a cada um dos critérios, é possível fazer o cálculo final da prioridade global das alternativas.

4 RESULTADOS

Na atualidade, a sociedade tem se deparado com problemas complexos, o que dificulta a tomada de decisões de vários setores da sociedade. O processo de tomada de decisões envolve múltiplos critérios e alternativas, sendo que cada critério tem uma dada importância e influencia totalmente na preferência de cada alternativa.

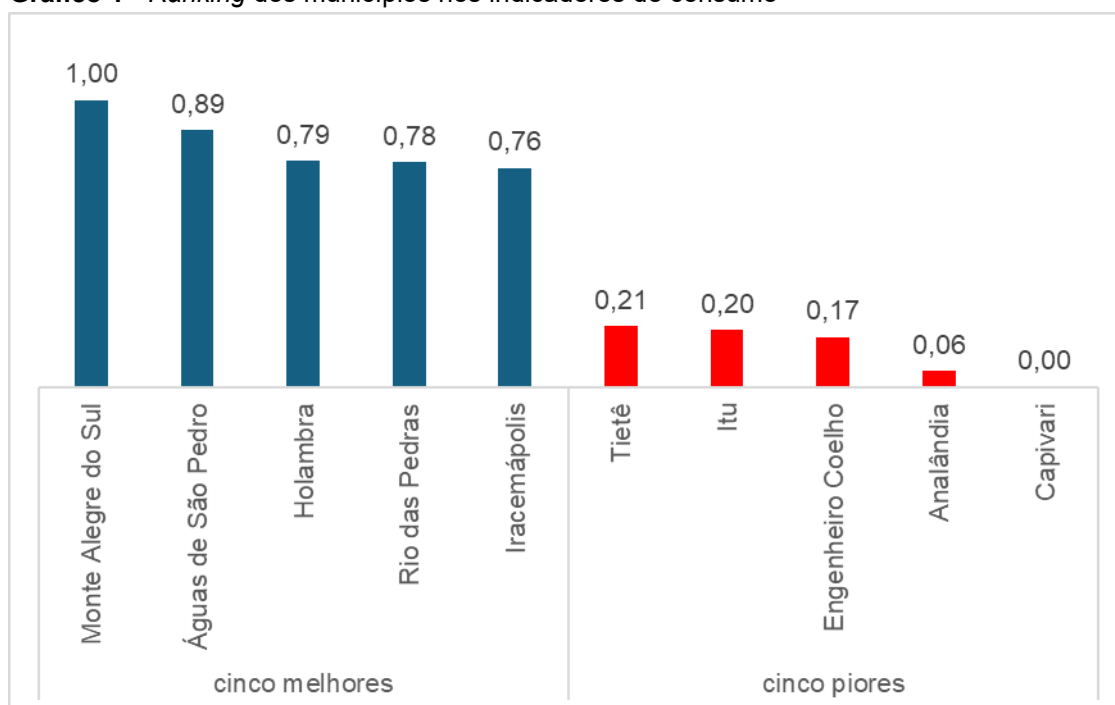
A tomada de decisão deve buscar uma opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, ou o melhor acordo entre as expectativas do decisor, considerando a relação entre os elementos. Pode-se então, definir a decisão como um processo de análise e escolha entre várias alternativas disponíveis do curso de ação que a pessoa deve seguir (Marins; Souza; Barros, 2009).

Tomar decisões em ambientes complexos é um processo muito difícil, pois envolve diversas variáveis, inúmeros critérios e múltiplos agentes de decisão. Além disso, estes problemas normalmente envolvem diferentes soluções e objetivos, que podem ser conflitantes. Medir a importância de cada fator torna uma tarefa difícil utilizando apenas a intuição e descartando métodos matemáticos.

Para tomar decisões em tais ambientes, apenas ter uma opinião pessoal e julgar os problemas baseados na intuição não é adequado para a solução dos problemas, o que reforça a importância de métodos matemáticos analíticos e quantitativos capazes de medir e escalar os diferentes aspectos e critérios envolvendo um problema, para a melhor tomada de decisão. É nesse contexto que o Método de Análise Hierárquica (AHP) se torna uma ferramenta útil para analisar e tomar decisões.

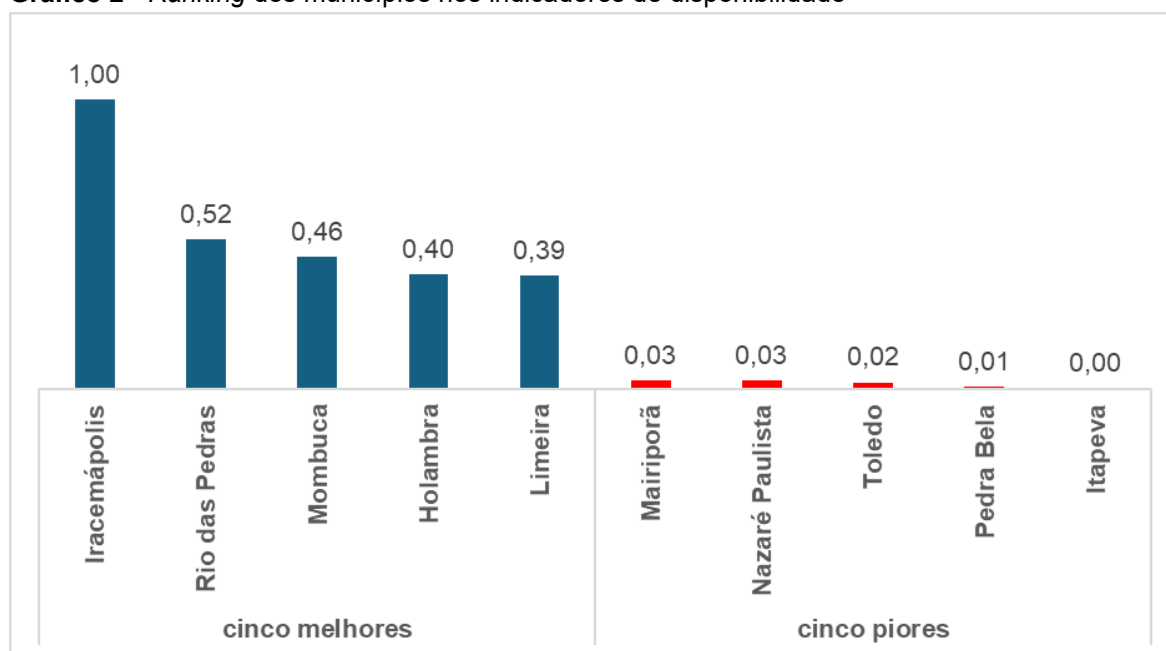
Com o cálculo da prioridade global das alternativas e sua normalização, foi obtido o *ranking* em ordem decrescente para cada uma das cinco categorias. Os Gráficos 1 a 5 destacam o *ranking* obtido com a aplicação do método AHP apenas dos cinco melhores e piores municípios referentes a cada uma das cinco categorias.

Gráfico 1 - Ranking dos municípios nos indicadores de consumo



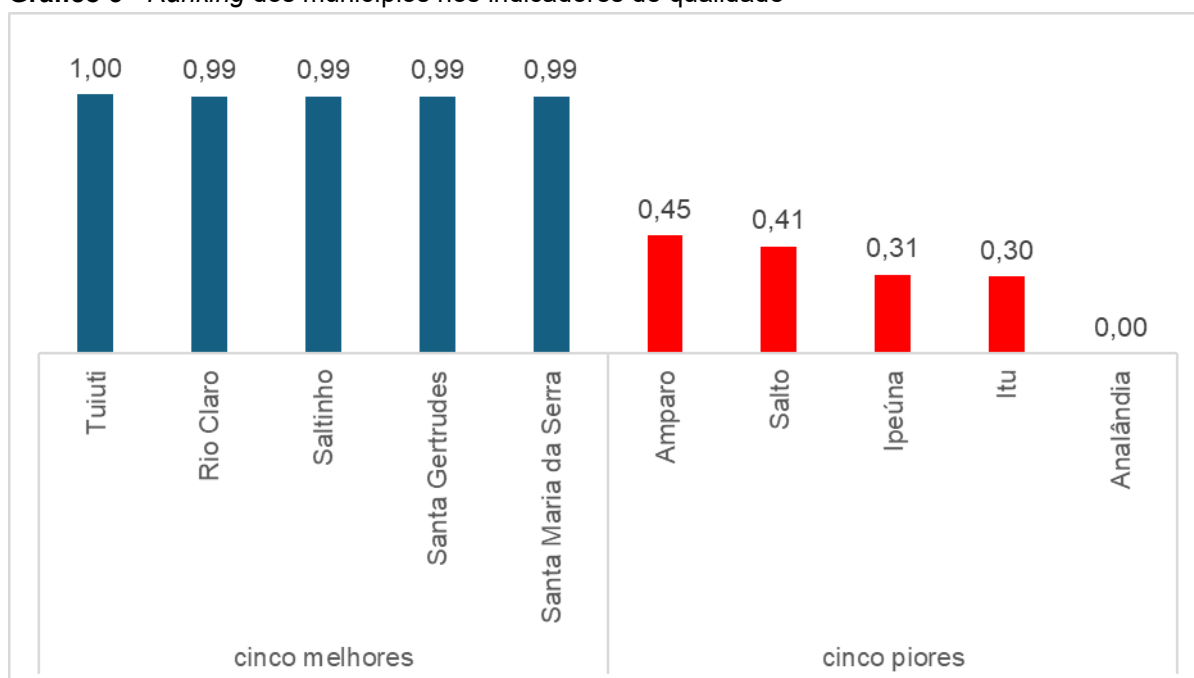
Fonte: Autores (2025).

Gráfico 2 - Ranking dos municípios nos indicadores de disponibilidade



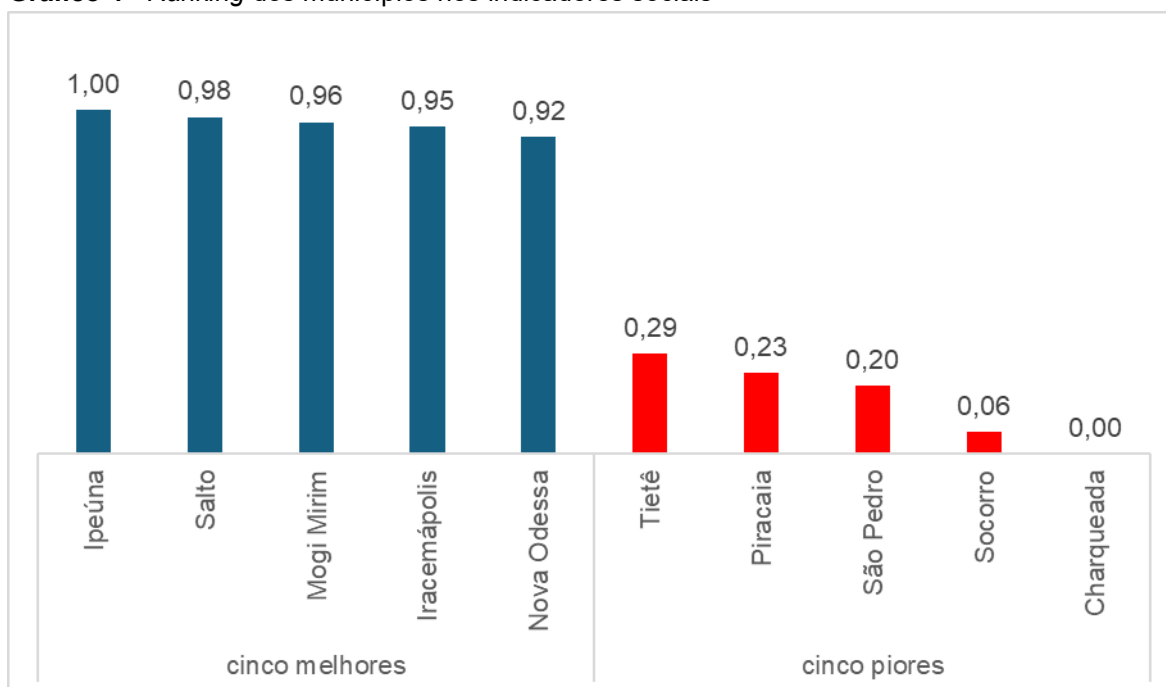
Fonte: Autores (2025).

Gráfico 3 - Ranking dos municípios nos indicadores de qualidade



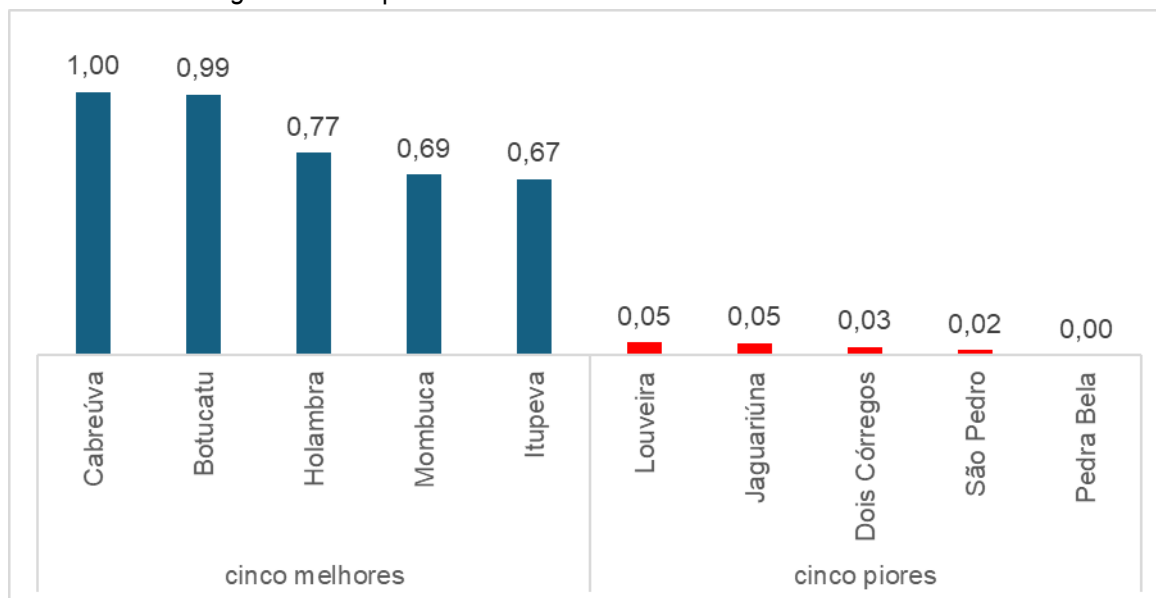
Fonte: Autores (2025).

Gráfico 4 - Ranking dos municípios nos indicadores sociais



Fonte: Autores (2025).

Gráfico 5 - Ranking dos municípios nos indicadores econômicos



Fonte: Autores (2025).

A partir dos Gráficos 1 a 5 observa-se que alguns municípios apresentam uma excelente performance em uma determinada categoria e ruim em outra(s), assim como possuem destaque no *ranking* de uma categoria em específico, mas possuem desempenho não satisfatório no *ranking*, onde todos os critérios são considerados em conjunto.

Quanto aos municípios melhores posicionados destacam-se: Holambra, Rio das Pedras, Iracemápolis e Mombuca, ao apresentarem bom desempenho em pelo menos duas categorias. Todos esses municípios apresentaram ótimo desempenho na categoria disponibilidade.

Neste contexto, ressalta-se que a disponibilidade de água superficial em boa parte dos municípios das Bacias PCJ é um desafio, considerando a tendência de contínua diminuição do volume de água disponível por habitante (Comitês PCJ, 2024).

Já em consumo, os melhores foram os municípios: Holambra, Rio das Pedras e Iracemápolis. Na categoria econômica os destaques ficaram com Holambra e Mombuca. Especificadamente para a categoria social, o destaque foi Iracemápolis.

Observa-se que a cidade de Iracemápolis obteve destaque entre os cinco melhores nas categorias consumo, disponibilidade e indicadores sociais, enquanto Holambra acusou destaque entre os cinco melhores nas categorias consumo, disponibilidade e indicadores econômicos.

Quanto aos piores desempenhos, Tietê, Itu, Analândia, Pedra Bela e São Pedro apresentaram posicionamento aquém em duas categorias. Na categoria consumo, Tietê e Itu demonstraram fragilidade. Quanto à disponibilidade, Pedra Bela apresenta dificuldade. Na categoria qualidade, Itu e Analândia mostraram problemas neste atributo.

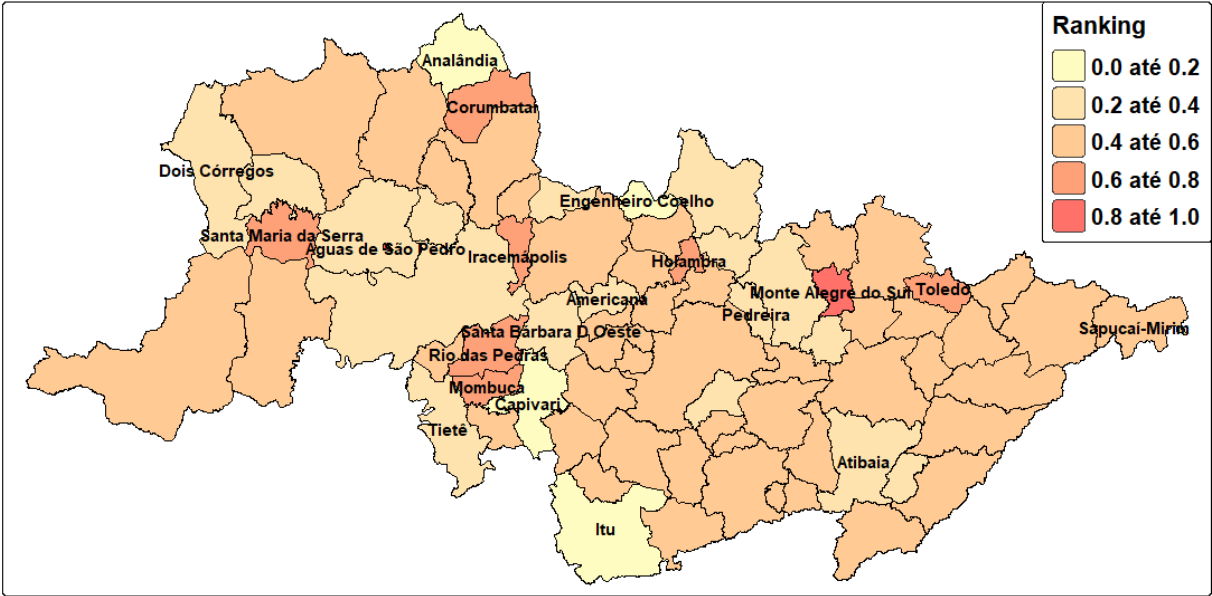
Ressalta-se que o município de Tietê se destacou entre os cinco piores nas categorias consumo e indicadores sociais, Itu está entre os cinco piores nas categorias consumo e qualidade, Analândia nas categorias consumo e qualidade e Pedra Bela nas categorias disponibilidade e indicadores econômicos.

Segundo o Relatório de Situação das Bacias PCJ (2025), ano base 2024, é importante aferir a evolução da qualidade da água, frente às melhorias nos sistemas de esgotamento sanitário, pois essas subsidiarão as ações do Plano das Bacias PCJ. Uma ação que pode ser necessária para os municípios que apresentam dificuldade em termos de qualidade da água é a alocação de investimento no monitoramento da qualidade da água de forma integrada ao monitoramento quantitativo (Comitês PCJ, 2024).

A categoria social se mostra aquém em Tietê e São Pedro. Por fim, na econômica, o baixo desempenho ficou em Pedra Bela e São Pedro.

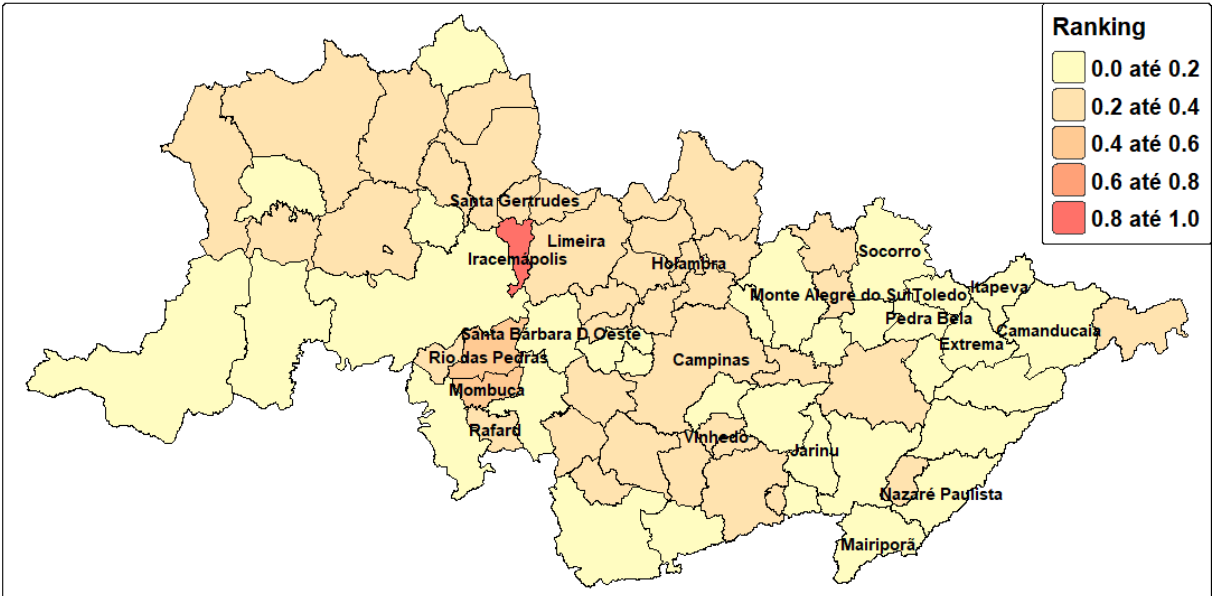
Com a finalidade de identificar e visualizar as principais diferenças que os municípios apresentaram dentre as categorias, construiu-se cinco mapas, um para cada categoria (Figuras 4 a 8).

Figura 4 - Panorama dos dez melhores e piores municípios do ranking da área da UGRHI 5 de qualidade dos serviços de abastecimento de água referentes à categoria consumo de água



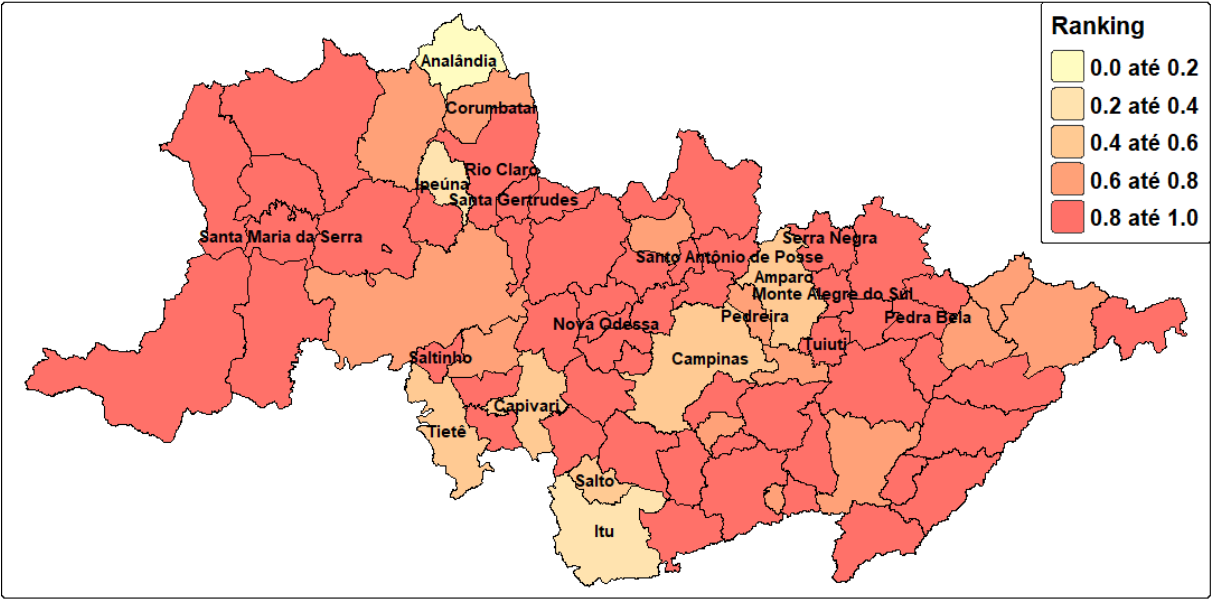
Fonte: Autores (2025).

Figura 5 - Panorama dos dez melhores e piores municípios do ranking da área da UGRHI 5 de qualidade dos serviços de abastecimento de água referentes à categoria disponibilidade de água



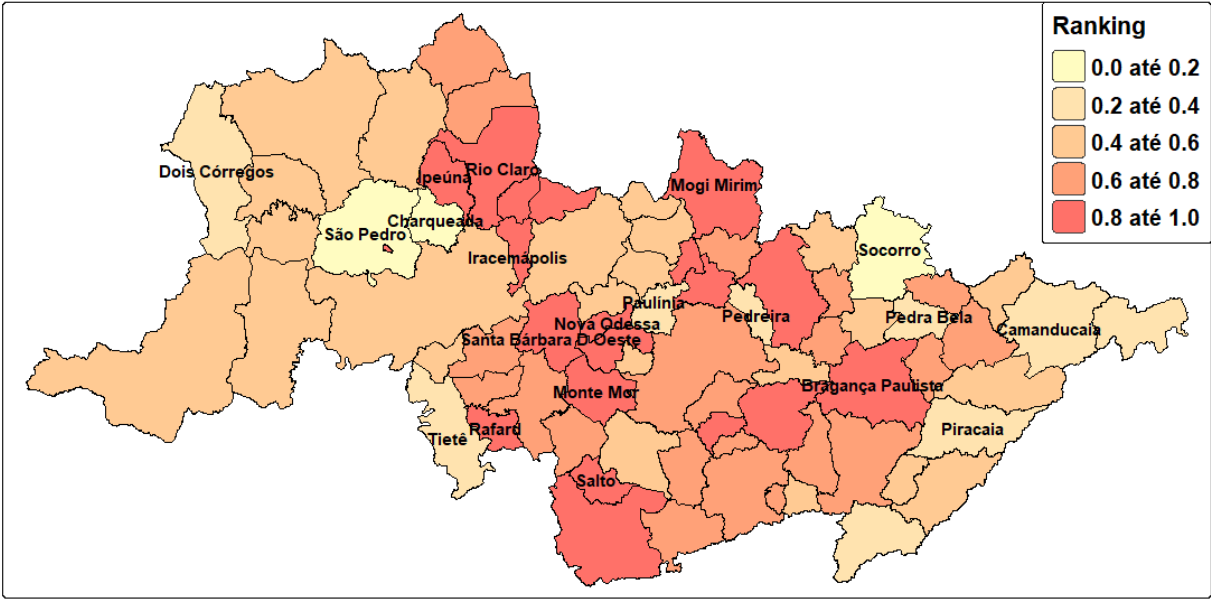
Fonte: Autores (2025).

Figura 6 - Panorama dos dez melhores e piores municípios do ranking da área da UGRHI 5 de qualidade dos serviços de abastecimento de água referentes à categoria qualidade de água



Fonte: Autores (2025).

Figura 7 - Panorama dos dez melhores e piores municípios do ranking da área da UGRHI 5 de qualidade dos serviços de abastecimento de água referentes à categoria social



Fonte: Autores (2025).

Figura 8 - Panorama dos dez melhores e piores municípios do ranking da área da UGRHI 5 de qualidade dos serviços de abastecimento de água referentes à categoria econômica



Fonte: Autores (2025).

Como é possível observar pelos mapas das Figuras 4 a 8, algumas categorias possuem maior número de municípios com melhor performance, enquanto outras, essa condição não é tão adequada. Um exemplo deste caso, são os indicadores da categoria qualidade de água, onde a maior parte dos municípios apresenta um valor elevado, enquanto nas categorias de disponibilidade de água e questão econômica, existe um número elevado de cidades com performance abaixo da média. Determinadas regiões variam em termos de performance, dependendo das categorias dos indicadores, revelando que os municípios podem dispor de melhores condições hídricas em um conjunto de indicadores, o que não significa que esse padrão se reflète em todos os demais indicadores.

A aplicação do método AHP com a finalidade de classificar os municípios de acordo com os indicadores relacionados pode auxiliar na investigação das necessidades dos municípios no planejamento dos sistemas de saneamento como apontado por Zyoud, Omari e Jarrad (2025) e Cardozo *et al.* (2026).

5 CONSIDERAÇÕES

A presente pesquisa teve como objetivo aplicar o método multicritério AHP referente aos serviços de abastecimento de água dos municípios inseridos nas Bacias PCJ com a finalidade de obter um *ranking* quanto às categorias consumo, disponibilidade, qualidade e econômica para esses municípios. Conclui-se que a análise por categoria é essencial para identificar as principais características de um município, pois um mesmo município pode ter performances distintas nas análises por categoria. Ao considerar muitos critérios no método AHP, os que possuem menor prioridade acabam perdendo a sua relevância na classificação final, devido aos critérios com maior peso. Com a análise mais fragmentada desses critérios, este problema é corrigido, permitindo uma avaliação mais detalhada e precisa, enfatizando casos específicos e garantindo uma visão mais equilibrada das diferentes áreas de desempenho do município.

Como o problema de serviços de abastecimento de água é complexo e leva em considerações vários critérios e abordagens diferentes, um tomador de decisões pode analisar quais são os fatores mais críticos a serem considerados para filtrar os diversos resultados obtidos, escolhendo o que mais reflete as necessidades atuais do problema.

É notável observar que os municípios inseridos nas Bacias PCJ possuem características fortes e fracas em certos critérios, necessitando de uma análise mais detalhada em conjunto com o tomador de decisões para identificar quais são as necessidades do problema atual e quais são as categorias mais impactantes.

A utilização de métodos multicritérios para resolução de problemas complexos, em especial o método AHP, permite avaliar diferentes contextos e variáveis, bem como a importância e a influência que exercem na resolução do problema e a escolha das melhores alternativas.

Entre as limitações deste estudo, destacam-se a falta de dados para alguns municípios das Bacias PCJ e o caráter autodeclaratório das informações do SNIS, o que exige uma análise crítica quanto à forma de classificar o atendimento dos serviços de água dos municípios. Como estudos futuros, sugere-se replicar esta

pesquisa experimental em outras bacias hidrográficas, além de incluir novos indicadores para ampliar a avaliação dos cenários.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, M.; COHEN, B. Productivity and efficiency in the water industry. **Utilities Policy**, v. 17, p. 233-244, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2009.05.001>

AL-AWAR, F.; ABDULRAZZAK, M.J.; AL-WESHAH, R. Water Ethics Perspectives in the Arab Region. **Arab Gulf Journal of Scientific Research**, v. 24, p. 167-183, 2006.

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Localização**. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/bacias-pcj/localizacao/>. Acesso em: 09 dez. 2024.

ATLAS BRASIL. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Acesso em: 24 mai. 2024.

BARRETO, T. R.; RABELO, B. M. P.; HORA, H. R. M. da; ERTHAL, M. J. Tomada de decisão em projetos de saneamento: utilização do método AHP na implementação de sistemas de esgotamento sanitário. **Revista Interdisciplinar de Pesquisas Aplicadas**, v. 2, n. 1, p. 67-78, 2021. <https://doi.org/10.47682/2675-6552.v2n1p67-78>

BERZINS, L. J. **Avaliação de Desempenho pelo AHP, através do superdecisions**: Caso Inmetro. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc. Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmecc, 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília-DF: Senado, 1988.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020.

BRUNELLI, M. **Introduction to the Analytic Hierarchy Process**. SpringerBriefs in Operations Research. 2015, 83 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12502-2>

CARDOZO, K.; GARRIDO-BASSERBA, M.; POCH, M.; LAMOLLA, P. V.; MOLINOS-SENANTE, M. Multicriteria decision analysis of decentralized wastewater treatment Technologies. **Environmental and Sustainability Indicators**, V. 31, e101342, 2026. <https://doi-org.ez128.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.indic.2026.101342>

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

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

COMITÊS PCJ. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2024.** Versão simplificada. Ano Base – 2023. UGRHI 05 - Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2024.

CORDÃO, M. J. S.; RUFINO, I. A. A.; RAMALHO ALVES, P. B. R.; BARROS FILHO, M. N. M. Water shortage risk mapping: a GIS-MCDA approach for a medium-sized city in the Brazilian semi-arid region. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 7, p. 642-655, 2020. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1804596>.

DATASUS. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. **Internações por doenças gastrointestinais infecciosas – Internações totais**, 2022. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id>. Acesso em: 24 mai. 2024.

FJP. Índice Mineiro de Responsabilidade Social, 2020. Disponível em: <https://imrs.fjp.mg.gov.br/>. Acesso em: 24 mai. 2024.

FRACALANZA, A.P, PAZ, M. G. A.; ALVES, E. M. Água e saneamento no Brasil: conflitos, apropriação e injustiça climática. Seção especial - Água, Saneamento e ODS no Brasil: desafios, contradições e governança. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 62, p. 904-918, 2023. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v62i0.89421>

HAMIDIFAR, H.; GHORBANI, M.; BAKHSHANDEH, M.; GHOLAMI, S. A multi-criteria multidimensional model for optimal selection of rural water supply systems. **Aqua**, v. 72 n. 6, p. 1042–1056, 2023. <https://doi.org/10.2166/aqua.2023.028>

HASTRUP, K.; HASTRUP, F. **Waterworlds:** Anthropology in Fluid Environments Ethnography, Theory, Experiment Book 3, 2015. <https://doi.org/10.3167/9781782389460>

HUNTER, P. R.; MACDONALD, A. M.; CARTER, R. C. Water Supply and Health. P, **LoS Med**, v. 7, n. 11, e1000361, 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000361>

ITB. Instituto Trata Brasil. **A vida sem saneamento para quem falta e onde mora essa população?** CEBDS, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/a-vida-sem-saneamento-para-quem-falta-e-onde-mora-essa-populacao/>. Acesso em: 22 ago. 2024.

ITB. Instituto Trata Brasil. **Água**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/agua/>. Acesso em: 22 ago. 2024

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

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000300006>

MARINS, C. S.; SOUZA, D.; BARROS, M. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais—um estudo de caso. **Anais do XLI SBPO**, v. 1, p. 49, 2009.

MELO, F. L. N. B. de.; SILVA, M. P. da.; SILVA, R. R. da.; AIRES, R. F. F. Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 675-686, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018158835>

MIRANDA, A. B.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 219-228, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522004000400002>

NEDJAR, N.H.; DJEBBAR, Y.; DJEMILI, L. Application of the analytical hierarchy process for planning the rehabilitation of water distribution networks. **Arab Gulf Journal of Scientific Research**, v. 41, n. 4, p. 518-538, 2023. <https://doi.org/10.1108/AGJSR-07-2022-0110>

OGERA, R. C.; PHILIPPI JUNIOR, A. Gestão dos serviços de água e esgoto nos municípios de Campinas, Santo André, São José dos Campos e Santos, no período de 1996 a 2000. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 72-81, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000100009>

ONU. Nações Unidas no Brasil. **A Agenda 2030**, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 23 fev. 2022.

ORLOVE, B.; CATON, S. C. Water Sustainability: Anthropological Approaches and Prospects. *Ann. Rev. Anthr.*, v. 39, p. 401–415, 2010. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.012809.105045>

PAZ, D.; MARTINS, A.; FRANÇA, J. A.; LINS, E.; BEZERRA, S. Desenvolvimento do Índice de Desempenho do Saneamento Ambiental (INSA) para avaliar os serviços de saneamento dos municípios de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 70, n. 1, p. 4-23, 2025.

SAATY, T. L. Group Decision Making and the AHP. In: GOLDEN, B. L.; WASIL, E. A.; HARKER, P. T. (eds.). **The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies**, New York Springer, 1989. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-50244-6>.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, [S.L.], v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-i](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-i)

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. Springer Science & Business Media, New York, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>

SANTOS, C. Z. A. dos; BEZERRA, T. S. C.; PEDROTTI, A.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; GOMES, L. J. Multi-criteria analysis for selection of priority management programs for the Japaratuba River Basin, SE, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 10, p. 717-724, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n10p717-724>

SANTOS, G. R.; KUWAJIMA, J. I.; FARIAS, A. L.; CUCIO, M. S.; BRONZATTO, L. A.; NOGUEIRA, D. Objetivos de desenvolvimento sustentável: utopias e perspectivas para a gestão da água no Brasil. Seção especial - Água, Saneamento e ODS no Brasil: desafios, contradições e governança. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 62, p. 887-903, 2023. <http://doi.org/10.5380/dma.v62i0.86889>

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Índice Paulista de Responsabilidade Social**, 2018. Disponível em: <http://www.iprs.seade.gov.br/>. Acesso em: 29 mai. 2024.

SILVA, M. C. de; VASCONCELOS, R. S.; CIRILO, J. A. Risk Mapping of Water Supply and Sanitary Sewage Systems in a City in the Brazilian Semi-Arid Region Using GIS-MCDA. **Water**, v. 14, n. 20, 3251, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14203251>

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série Histórica**, 2022. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em 14 jan. 2024.

STAGL, S. Multicriteria evaluation and public participation: the case of UK energy policy. **Land Use Pollicy**, v. 23, p. 53062, 2006.

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

TZANAKAKIS, V. A.; PARANYCHIANAKIS, N. V.; ANGELAKIS, A. N. Water Supply and Water Scarcity. **Water**, v. 12, n. 2347, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12092347>.

VÖRÖSMARTY C. J.; GREEN, P.; SALISBURY J, LAMMERS RB. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. **Science**, v. 289, n. 5477, p. 284-288, 2000. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>

UCLER, N.; KOCKEN, H. G. A Scenario-based Interval Multi-objective Mixed-integer Programming Model for a Water Supply Problem: An Integrated AHP Technique.

Water Resour Management, v. 37, p. 5973–5988, 2023.

<https://doi.org/10.1007/s11269-023-03638-2>.

ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K. **Desenvolvimento e Conflitos Ambientais**. Editora UFMG, 2010. <https://doi.org/10.7476/9788542303063>

ZYOUD, S.; OMAIR, S. M.; JARRAD, S. A. A two-stage model of the fuzzy analytic hierarchy process and the fuzzy synthetic evaluation technique to prioritize sustainable sanitation services under uncertainty. **Scientific Reports**, v. 15, e3736, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88236-5>

ZUFFO, A. C.; SANTOS, R. Método ELECTRE II aplicado ao planejamento de recursos hídricos: Uma proposta para melhorar a performance do método. **Anais do XX Congresso Latinoamericano de Hidráulica**, 2002.

ZUFFO, A. C.; SANTOS, R.; REIS, L. F. R.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 81-102, 2002.

Biografia do(s) autor(es)

Denise Helena Lombardo Ferreira

Bacharelado em Matemática, UNESP-Rio Claro-SP, 1981. Tecnologia em Saneamento, UNICAMP-Limeira-SP, 1980. Mestre em Matemática Aplicada, UNICAMP-Campinas-SP, 1986. Doutorado em Educação Matemática, UNESP-Rio Claro-SP, 2003. Professora, pesquisadora e membro do corpo docente do Mestrado em Sustentabilidade da PUC-Campinas. Professora titular da PUC-Campinas desde 1986.

Fernando Facio Rossetti

Graduando em Ciência de Dados e Inteligência Artificial da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) da Escola Politécnica. Foi bolsista de Iniciação Científica FAPIC/Reitoria.

Daniela Scarpa Beneli

Pesquisadora do Observatório da PUC-Campinas, atuando na linha de pesquisa de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação, com ênfase nos recortes subnacionais. Também é Professora do Curso de Ciências Econômicas da Escola de Economia e Negócios da PUC-Campinas. Doutora (2019) e Mestre (2003) em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e graduada (2000) em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Desenvolveu pesquisas científicas na área de economia industrial e da inovação (Fapesp e Capes), recentemente realizou assessorias na construção de indicadores de inovação em energia (CGEE, Cepal e Comissão Europeia) e está vinculada ao Projeto sobre centralidade territorial por intensidade de inovação, no qual desenvolverá metodologia de construção de um indicador composto regional (Projeto Universal 2023, CNPq). Sólida experiência

acadêmica na orientação de trabalhos científicos, recebendo menção honrosa do Corecon-SP pela orientação de monografia premiada em 2023.

Cibele Roberta Sugahara

Doutora em Ciência da Informação - Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ciência da Informação - Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Graduada em Administração PUC-Campinas. Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e da Faculdade de Administração da PUC-Campinas. Líder do Grupo de Pesquisa CNPq Gestão Estratégica e Sustentabilidade. Experiência no Ensino de Graduação em Administração desde 2003. Experiência no Ensino de Pós-Graduação em Gestão Empresarial. Desenvolvimento de Projetos de Extensão Universitária no período de 2007 a 2012 na PUC-Campinas. Avaliadora do Programa de Apoio à Extensão Universitária - Edital PROEXT/2016 SESu/MEC. Diretora da Faculdade de Administração da PUC-Campinas (2010-2013). Membro do Núcleo Docente Estruturante da Faculdade de Administração (2010-2013 e 2019-Atual). Coordenadora do Núcleo de Pesquisa e Extensão do Centro de Economia e Administração da PUC Campinas (2014-2017). Membro da Câmara de Pesquisa e Pós-Graduação e do Conselho Universitário da PUC-Campinas 2012-2014; 2016-2018. Membro do Conselho Consultivo da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da PUC Campinas 2018-2019. Avaliadora da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração-ANPAD. Principais temas de pesquisa: Sustentabilidade; Negócios de Impacto e Sustentáveis; Inovação Social e Sustentável.



Artigo recebido em: 23/03/2025 e aceito para publicação em: 16/08/2026

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i3.5586>