



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

O USO DA ÁGUA E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NOS MUNICÍPIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ

Lucas Brambila, lucas.b10@puccampinas.edu.br, PUC-Campinas
Bruna Angela Branchi, bruna.branchi@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas
Denise Helena Lombardo Ferreira, lombardo@puc-campinas.edu.br, PUC-Campinas

Resumo

A disponibilidade de água de qualidade e em quantidade apropriadas representa o sexto objetivo da Agenda 2030, reconhecendo a importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável. No Brasil a gestão dos recursos hídricos tem nas bacias hidrográficas a unidade territorial de referência. As Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) reúnem 76 municípios, mais de 5 milhões de habitantes e nelas se concentra 5% do PIB brasileiro. O objetivo principal desta pesquisa consiste em analisar a evolução dos usos da água para monitorar os avanços dos municípios das Bacias PCJ rumo ao desenvolvimento sustentável acompanhando a evolução dos indicadores da meta 6.4 ao longo dos anos 2000. Esses indicadores permitem discutir a relação entre disponibilidade de recursos hídricos de qualidade e em quantidade apropriadas com os diferentes usos da água e seus reflexos sobre o nível de estresse hídrico, ou seja, o grau de pressão das ações antrópicas sobre a disponibilidade hídrica potável renovável. Trata-se de uma pesquisa de tipo exploratório e descritivo, aplicando a análise de aglomeração com dados secundários obtidos do IBGE (SIDRA) e da ANA (Sistema Nacional de Recursos Hídricos). Como resultados, quanto ao indicador 6.4.1 – eficiência hídrica, a situação dos municípios das Bacias PCJ é melhor quando comparada com a média nacional e o setor de serviços nos municípios das Bacias PCJ, diferentemente dos setores agrícola e industrial, apresentou uma evolução crescente no período de 2002 a 2018. Quanto ao indicador 6.4.2 – abastecimento hídrico urbano, a maioria dos municípios das Bacias PCJ apresenta abastecimento satisfatório (35), entretanto 24 destes se encontram em uma situação preocupante.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável, Agenda 2030, Recursos hídricos, Bacias hidrográficas, Análise de cluster.

1. Introdução

O acesso universal à água de qualidade e em quantidade adequada foi reconhecido como direito humano em 2010 (UN, 2010). A importância dos recursos hídricos para a promoção do desenvolvimento humano os coloca entre as prioridades da política pública. Mas a escassez de água potável em quantidade apropriada é um desafio presente e futuro.

A necessidade de dispor de informações direcionadas para monitorar o desenvolvimento sustentável e para informar o público é o reflexo das discussões em âmbito internacional. Entre as demais, vale lembrar dos resultados da Conferência da ONU Rio+20 e da promoção da Agenda 2030.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

A Agenda 2030, promovida pelas Nações Unidas em 2015, é um plano internacional de ações que visam a inclusão social, desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental. O plano detalha 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), 169 metas e número elevado de indicadores com o intuito de monitorar e avaliar as transformações.

O 6º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável “Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos” (UN, 2015) é dividido em oito metas. A meta 6.4 prevê “Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água” (UN, 2015, s/p). Em síntese é uma meta direcionada a monitorar o uso eficiente da água entre as suas múltiplas demandas. A Agência Nacional de Águas (ANA) sugere dois indicadores para esta meta. O primeiro é pensado para monitorar a eficiência do uso da água, monitorando a influência da estrutura produtiva na demanda da água. O segundo indicador mede o grau de pressão que a população e as atividades econômicas exercem sobre a disponibilidade hídrica potável renovável, ou seja, é um indicador do nível de estresse hídrico.

Nesse sentido, essa pesquisa visa analisar a evolução dos usos da água para garantir a segurança hídrica e proteção ao meio ambiente por meio do monitoramento dos avanços do ODS6, meta 6.4, nos municípios das Bacias PCJ a partir dos indicadores 6.4.1 - eficiência hídrica e o indicador 6.4.2 – abastecimento hídrico urbano.

2. Fundamentação teórica

A urbanização e o crescimento populacional, na ausência de políticas públicas que consigam efetivamente disciplinar o uso e ocupação do solo, têm um impacto relevante na qualidade dos recursos hídricos. O aumento da demanda localizada em áreas urbanas de água de qualidade, a fragilização das áreas próximas dos rios, a poluição das águas com rejeitos, criam problemas que crescem à medida que a densidade populacional aumenta. Ao incluir a interação entre setores produtivos, especialmente o setor industrial, e recursos hídricos, o quadro se enriquece de maior complexidade e desafios. Na área rural os recursos hídricos enfrentam outros, mas não por isso menores, desafios, especialmente quando se considera o comprometimento da qualidade da água derivante do uso de produtos químicos nas atividades agropecuárias (PORTO; PORTO, 2008).

A administração desse recurso essencial e escasso no Brasil tem na bacia hidrográfica sua unidade territorial de planejamento. A bacia hidrográfica é definida como a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório (PHILIPPI Jr.; SOBRAL; CARVALHO, 2019, p. 10). A Política Nacional de Recursos Hídricos, definida pela Lei 9.433 de 1997 estabelece os princípios básicos de gestão dos recursos hídricos no Brasil. Reconhece que a água é um bem de domínio público, recurso limitado e dotado de valor econômico (IRIGARAY; GORCZEVSKI, 2019). Discute também os múltiplos usos da água e reconhece que em situações de escassez deve ser dada prioridade ao consumo humano e define a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

O território brasileiro é dividido em 12 Regiões Hidrográficas, definidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos em 2003. A região hidrográfica do Paraná, onde se encontra o Estado de São Paulo, reúne mais de 60 milhões de habitantes, de acordo com o Censo Demográfico de 2010. O estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). A UGRHI número 5 coincide com as Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) (GRISOTTO, 2019; ANA, 2019a). As Bacias PCJ abrangem 71 municípios do Estado de São Paulo e 5 do Estado de Minas Gerais. Ocupam 0,18% do território brasileiro, mas concentram mais de 5 milhões de habitantes, aproximadamente 2,7% da população brasileira de 2010, e 5% do PIB, ou 14,3% da população do Estado de São Paulo e 17% do PIB estadual. A população das Bacias PCJ é na sua quase totalidade urbana (96%) e considerando os usos múltiplos da água, nestas bacias 44% da água é direcionada ao abastecimento público, 31% ao industrial e 24% à irrigação (COMITÊS PCJ, 2020).

A implementação e o monitoramento da gestão de recursos hídricos necessitam de bases de dados confiáveis e atualizadas. No Brasil o Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos, gerido pela ANA, coleta, elabora e disponibiliza informações sobre os recursos hídricos e fatores relevantes para sua gestão.

A construção de indicadores pode auxiliar no monitoramento das informações e da gestão dos recursos hídricos (POPE et al., 2017), pois possibilitam agregar e quantificar informações (VAN BELLEN, 2004). Entretanto, os indicadores não devem ser complexos como apontado por Jannuzzi (2014).

3. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de tipo exploratório e descritivo. É uma pesquisa exploratória porque tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo. É descritiva no sentido que a investigação atenta a analisar, registrar e relacionar diferentes variáveis com o fenômeno objeto de estudo (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2006; MARCONI; LAKATOS, 2017).

A seguir são descritos os indicadores de eficiência hídrica e de abastecimento urbano, bem como a análise de *cluster* utilizada.

3.1 Indicador de eficiência hídrica

O indicador de eficiência hídrica proposto pela ANA (ou indicador 6.4.1) é calculado dividindo o valor adicionado bruto (VAB) de um setor pelo volume de demanda hídrica de retirada (DHR) do mesmo setor ($\$/m^3$), de acordo com a seguinte equação:

$$EH = VAB / DHR \quad (1)$$

Onde:

EH: Eficiência Hídrica (R\$/m³)

VAB: Valor Adicionado Bruto (R\$)

DHR: Demanda Hídrica de Retirada (m³)



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

O indicador de eficiência hídrica relaciona na forma de uma razão direta, dois grandes fatores, o Valor Adicionado Bruto (VAB), o valor monetário diretamente produzido, neste caso avaliado em Reais (R\$), dividido então pela Demanda Hídrica de Retirada (DHR), definida pela retirada anual de água de fontes hídricas superficiais e subterrâneas, medida em metros cúbicos (m³). De acordo com a ANA (2019b, p. 47), “No Brasil, os principais usos da água são para irrigação, abastecimento humano e animal, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer”.

Este indicador foi calculado inicialmente para cada um dos três grandes setores da economia:

- Agropecuária - a vazão hídrica é calculada diretamente pela captação direta de tal recurso para o uso em irrigação, pecuária e agricultura;
- Setor Industrial - além da captação direta, estão incluídas a utilização de água dessalinizada e a água de reuso;
- Setor de Serviços - ao contrário dos setores anteriores, é considerado para seu cálculo a vazão proveniente de atividades de saneamento, correlacionando então a DHR deste setor com a rede de distribuição pública.

O Valor Adicionado Bruto (VAB) setorial por cada um dos municípios das Bacias PCJ foi calculado a partir dos dados fornecidos pelo SIDRA (IBGE) relativos aos anos de 2002 até 2018. Os valores nominais foram deflacionados usando o Deflator implícito do PIB a preços de 2015.

Desta forma, dividiram-se os resultados do VAB real pelos dados de Demanda Hídrica de Retirada (DHR). Estes últimos foram primeiramente convertidos de sua unidade inicial (m³/s) para m³/ano, desta forma calculando o indicador 6.4.1 em R\$/m³.

3.2 Indicador de abastecimento hídrico urbano

O segundo indicador que a ANA (2019b) sugere para monitorar a meta 6.4 é um indicador do nível de estresse hídrico calculado como quociente entre a retirada de água doce e o total de recursos de água doce disponíveis no País ou por bacia hidrográfica. Como consequência, este indicador em sua análise leva em conta a demanda hídrica de retirada para uso total em relação à disponibilidade, em quantidade, de recursos presentes na região analisada, considerando neste cálculo a demanda natural presente na mesma. Desta forma, o indicador mensura, de maneira percentual, a relação entre a disponibilidade e a demanda de água em uma certa região, resultando em uma maneira de medir o “estresse” gerado pela retirada de água em uma região hidrográfica específica.

Tendo como foco deste estudo a análise das condições referentes a recursos hídricos dos municípios presentes no recorte geográfico das Bacias Hidrográficas PCJ, optou-se por monitorar indiretamente o estresse hídrico. Lembrando que a meta 6.4 informa que até 2030 deve ser reduzido substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água, foram selecionados os dados fornecidos pela ANA referentes à situação do abastecimento urbano de água nos 76 municípios analisados (ANA, 2010). Estes dados municipais podem ser usados como indicadores da escassez de água uma vez que a condição do abastecimento urbano de cada cidade está classificada de acordo com as seguintes categorias:



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

- Abastecimento satisfatório - municípios que não apresentam algum tipo de deficiência em seu fornecimento hídrico para sua população;
- Ampliação do sistema produtor – municípios que apresentam poucas debilidades em seu sistema hídrico;
- Baixa garantia hídrica –municípios que apresentam claros problemas em seu sistema de abastecimento hídrico.

3.3 Análise de agrupamento ou análise de *cluster*

A análise de agrupamento é uma técnica exploratória de dados que permite verificar a existência de comportamentos similares entre os elementos de uma amostra (FAVERO; BELFIORE, 2017). De acordo com Hair et al. (2009, p. 425) a “Análise de agrupamentos, em termos ideais, é adequada para definir grupos de objetos com máxima homogeneidade dentro dos grupos, enquanto também têm a máxima heterogeneidade entre os grupos”. É, portanto, uma técnica que facilita o reconhecimento de padrões e favorece a redução do número de objetos, no caso específico trata-se dos municípios das Bacias PCJ, que estão sendo agrupados em *clusters* (POHLMANN, 2017).

As unidades são reunidas com base em medidas de similaridade (aplicadas para variáveis binárias) ou dissimilaridade (em caso de variáveis métricas). Uma das medidas mais usadas é a distância euclidiana (FAVERO; BELFIORE, 2017). A técnica de aglomeração escolhida nesta pesquisa é o método hierárquico aglomerativo que inicia atribuindo cada observação (município) ao um grupo separado. Ou seja, no começo há tantos grupos quanto são as observações amostrais. A cada etapa, os grupos mais similares são reunidos. O método continua até que todas as observações pertençam a um único grupo.

O método usado para agrupar as observações é o método de Ward que minimiza a perda de variância na agregação (HAIR et al., 2009). A representação gráfica do processo de agrupamento, dendrograma, mostra quais grupos foram criados em cada etapa e a distância entre os clusters que foram reunidos. A escolha do número de clusters é, portanto, feita com base no dendrograma (FAVERO; BELFIORE, 2017).

4. Resultados e Discussões

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos na elaboração dos indicadores da meta 6.4 para monitorar a eficiência e a escassez da água nos municípios que estão localizados nas Bacias PCJ.

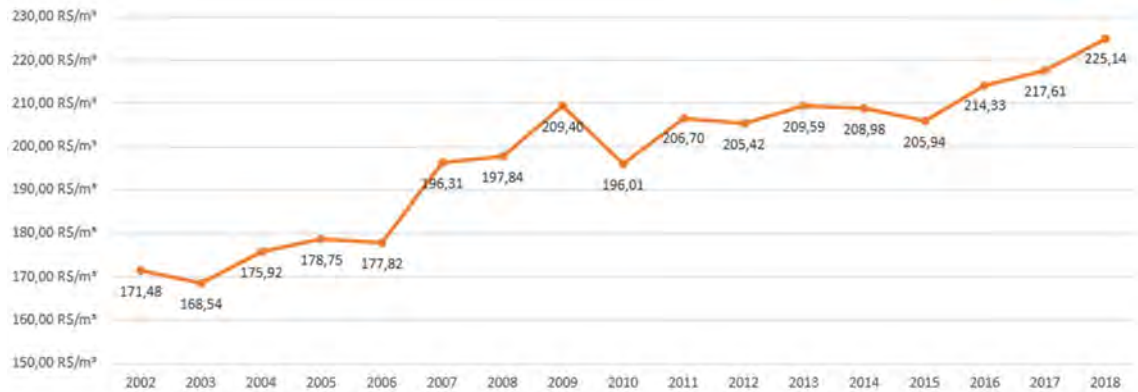
4.1. A avaliação da eficiência hídrica

A evolução da eficiência hídrica nas Bacias PCJ é sintetizada no Gráfico 1 utilizando o indicador definido na equação (1).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Gráfico 1 – Eficiência hídrica total média das Bacias PCJ, 2002-2018



Fonte: Elaboração própria.

Analisando o Gráfico 1 é notável o crescimento da eficiência hídrica para o período de 2002 a 2018, com algumas mudanças bruscas nos anos de 2007 e 2009. Em termos gerais, nota-se um aumento de aproximadamente 31% comparando os valores obtidos no ano de 2018 com os de 2002, apontando desta forma uma tendência de avanços na eficiência do uso da água nesta região.

Desagregando a análise é possível identificar tendências setoriais bem diferentes. Para o setor agrícola, desconsiderando a discrepância do ano de 2009, mostra-se uma tendência decrescente no período, com uma redução acumulada de aproximadamente 56%.

Uma tendência decrescente é registrada também no setor industrial, porém menos acentuada quando comparada com o setor agrícola. No intervalo do estudo, a taxa acumulada de redução da eficiência no setor industrial resultou ser aproximadamente 24%.

Diferentemente dos outros setores, o setor de serviços registrou uma melhoria, quase contínua do indicador, com um aumento brusco no ano de 2014, seguido de uma diminuição relativa esperada. Em termos gerais houve um crescimento de aproximadamente 41% no período de análise.

Desta forma, é imprescindível relacionar a melhoria analisada no indicador total (Gráfico 1) com o crescimento presente no setor de serviços, uma vez que os índices dos setores industrial e agrícola apresentam uma queda. Deve-se notar que o uso de água no setor de serviços analisado, o qual relaciona a vazão de água no saneamento urbano e rural, com a produção econômica, além de ser o único positivo entre os três indicadores setoriais, demonstra ser a maioria geral em relação ao uso de água levando em consideração a tendência geral.

Ao comparar a eficiência hídrica nas Bacias PCJ com a situação geral do Brasil (Gráfico 2) nota-se uma diferença nos valores absolutos relevantes. Isso é esperado, já que o indicador em nível nacional agrupa os resultados de regiões bastante heterogêneas.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Gráfico 2 – Comparação da eficiência hídrica - Bacias PCJ e Nacional



Fonte: Elaboração própria.

Ademais nota-se que o indicador em ambas as regiões analisadas segue uma tendência positiva, porém o indicador nacional registrou um aumento de apenas 4% em contraste com o aumento de 31% da região analisada.

Observa-se uma expressiva diferença entre os valores analisados em nível setorial. As tendências no setor agrícola são similares, porém a taxa de variação do índice nacional é de 18%, contra o 56% das Bacias PCJ.

Para o setor industrial, há maior disparidade nos valores absolutos, entretanto as variações acumuladas não são tão diferentes, redução de 29% em nível nacional contra o 24% das Bacias PCJ.

Para o setor de serviços observa-se maior proximidade entre os valores da eficiência hídrica nas duas regiões. O índice nacional e o índice regional expressam um aumento gradativo com o passar dos anos, com o seu valor máximo no ano de 2014, apresentando desta forma durante o período avaliado uma variação positiva de 30%.

Em síntese, a evolução da eficiência hídrica global nas Bacias PCJ ocorreu especialmente pelos avanços no setor de serviços que mais do que compensaram as reduções dos setores agrícola e industrial.

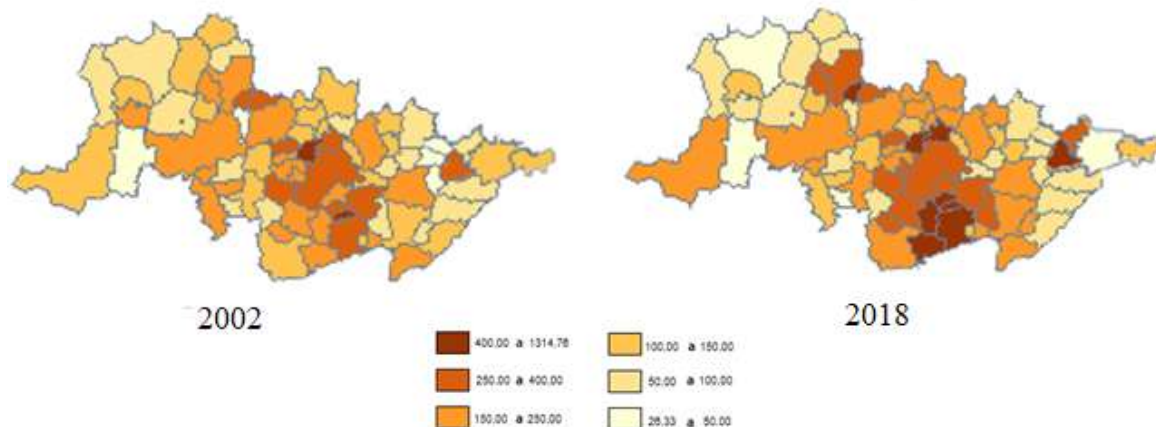
A fim de analisar o progresso total do desenvolvimento nas Bacias PCJ, para uma melhor visualização dos resultados obtidos, traçou-se um mapa coropletado para os anos de 2002 e 2018 (Figura 1).

O gráfico referente ao ano 2018 evidencia na área central o agrupamento de municípios com os maiores valores do indicador. A medida que os municípios se afastam desta área ocorre menor eficiência hídrica. Nota-se também que, diferentemente do resultado global, um grupo de 21 municípios teve uma piora na eficiência hídrica e 55 municípios uma melhora.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 1 – Indicador de eficiência hídrica dos municípios das Bacias PCJ, 2002 e 2008.

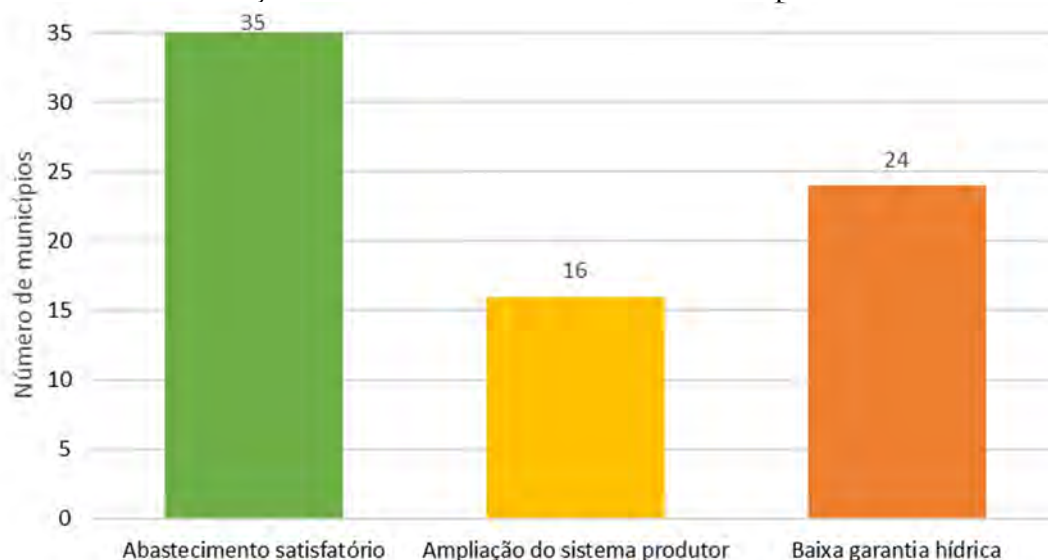


Fonte: Elaboração própria com o uso do software Philcarto¹.

4.2 Avaliação do abastecimento hídrico urbano

A partir dos dados coletados (ANA, 2010) construiu-se o Gráfico 3, de forma que os municípios das bacias PCJ foram classificados em três grupos de abastecimento hídrico – abastecimento satisfatório; ampliação do sistema produtor e baixa garantia hídrica.

Gráfico 3 – Situação de abastecimento hídrico nos municípios das Bacias PCJ



Fonte: Elaboração própria.

¹ Software Philcarto, v. 2021. Disponível em: <<http://philcarto.free.fr/>>.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

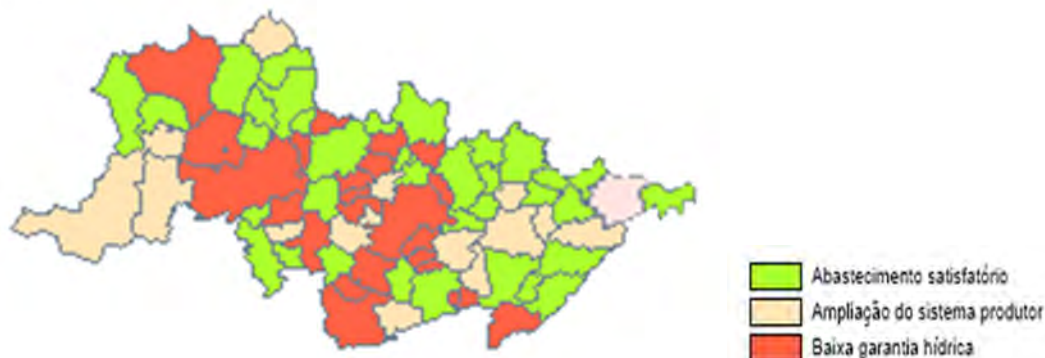
Nota-se que somente 47% dos municípios presentes neste recorte geográfico encontram-se em um estado satisfatório em relação ao abastecimento de água, enquanto 21% demonstram-se em um estado intermediário de abastecimento, e então os 24 municípios restantes (32% dos municípios) encontram-se em um estado problemático de abastecimento.

Para os municípios das Bacias PCJ do Estado de São Paulo, menos de 50% dos municípios analisados encontram-se com abastecimento hídrico satisfatório e 24 municípios com baixa garantia hídrica. Com relação aos cinco municípios do Estado de Minas Gerais analisados, 80% têm o abastecimento hídrico satisfatório e somente um município em um quadro intermediário.

Nota-se um quadro extremamente misto na análise realizada acerca deste indicador, enquanto 32 municípios apresentam-se em um estado positivo, mais de 50% dos municípios encontram-se com baixa garantia hídrica ou necessitando de ampliações em seu sistema hídrico.

A fim de facilitar a visualização dos dados coletados abastecimento hídrico urbano em cada um dos municípios presentes na análise, traçou-se um mapa coropleto para este indicador (Figura 2).

Figura 2 – Indicador de abastecimento hídrico urbano dos municípios das Bacias PCJ



Fonte: Elaboração própria com o uso do software Philcarto.

Visando elaborar uma avaliação da meta 6.4 nos municípios das Bacias PCJ, na próxima seção apresenta-se o resultado obtido pela junção dos dois indicadores selecionados mediante a análise de aglomeração ou análise de *cluster*.

4.3 Análise de aglomeração ou *cluster*

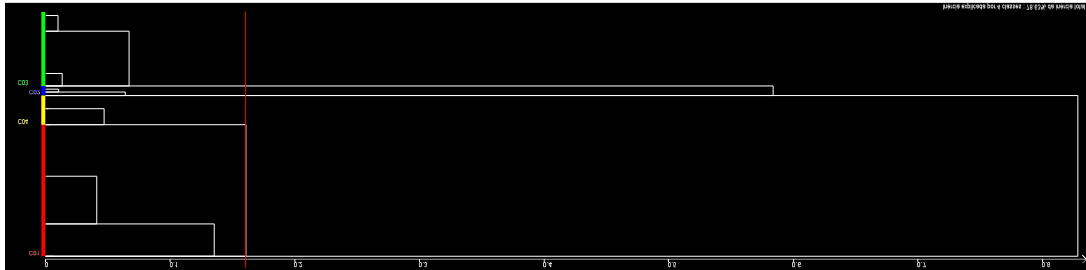
A análise de aglomeração requer que os dados sejam quantitativos, motivo pelo qual se procedeu em transformar as três classes do indicador 6.4.2 em termos numéricos -abastecimento satisfatório: valor 3; ampliação do sistema produtor: valor 2; baixa garantia hídrica: valor 1.

A análise de *cluster* foi realizada através do software Philcarto que possibilitou a construção e análise do dendrograma, assim como a representação gráfica dos resultados (Figura 3). Para esta análise foram usados os dados do último ano disponível dos indicadores 6.4.1 (ano 2018) e 6.4.2 (ano 2010).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 3 – Dendrograma obtido a partir dos indicadores 6.4.1 e 6.4.2



Fonte: Elaboração própria com o uso do software Philcarto.

No eixo horizontal do diagrama (Figura 4) é informado o nível de similaridade, no outro eixo estão posicionados os objetos (municípios). As linhas verticais que partem dos objetos têm o comprimento proporcional ao nível de semelhança entre os objetos (municípios ou grupos de municípios). Quando houver um salto grande entre os clusters, na passagem de uma etapa para a seguinte, significa que na fase anterior os grupos eram relativamente próximos e que na etapa seguinte são bem mais distantes. Então o número ótimo de clusters deve ser o número anterior ao grande salto.

Com base neste critério os 76 municípios foram agrupados em quatro classes, conseguindo explicar 78,63% da variância total. As classes têm suas características, medidas em desvios da média, resumidas na Figura 4. Em síntese:

- Classe 1 (Vermelho): municípios que apresentaram valores pouco inferiores à média na eficiência hídrica e superiores à média no abastecimento. Ou seja, é o grupo (*cluster*) dos municípios que apresentam uma eficiência hídrica média com uma situação bastante confortável no abastecimento.
- Classe 2 (Azul): municípios que se destacam positivamente na eficiência hídrica, com abastecimento no nível médio (ou seja, com necessidade de ampliação do sistema produtor).
- Classe 3 (Verde): municípios com eficiência hídrica média, mas com os maiores *déficits* em seu abastecimento hídrico.
- Classe 4 (Amarelo): resultados positivos de eficiência hídrica e dados relativamente positivos referentes ao abastecimento hídrico dos municípios.

Figura 4 – Desvios-padrão da média de cada indicador referentes aos quatro *clusters* selecionado



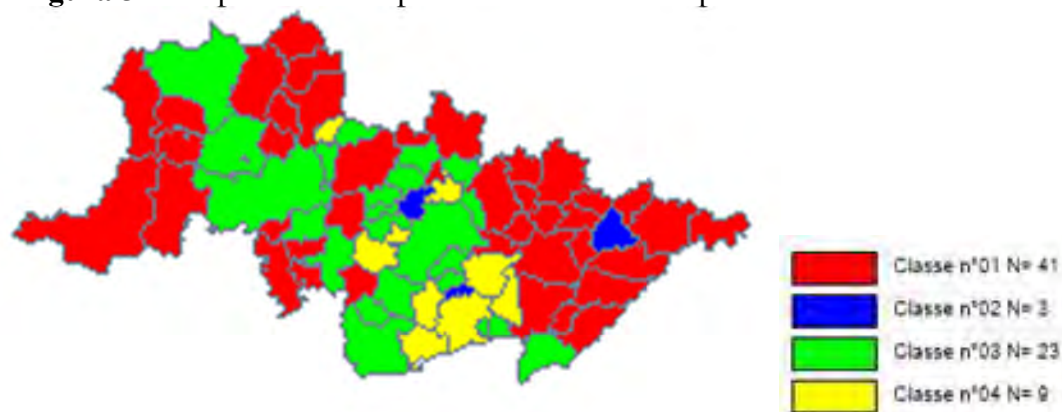
Fonte: Elaboração própria com o uso do software Philcarto.

A partir das classes definidas e dos dados previamente explicitados traça-se um mapa coropleto como uma forma de representar visualmente os quatro *clusters* de municípios (Figura 5).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 5 – Grupos de municípios de acordo com as quatro classes identificadas



Fonte: Elaboração própria com o uso do software Philcarto.

É notável uma partição então dos 76 municípios analisados em duas classes de maior volume (1 e 3) e duas classes menores (2 e 4), analisa-se então de maneira qualitativa o perfil dos municípios destas classes:

Os nove municípios pertencentes à Classe 4 apresentam o perfil mais próximo ao que se entende como ideal, com bons resultados analisados em ambos os indicadores, o que se demonstra um tanto quanto negativo, tendo em vista apenas nove municípios neste grupo.

O 3º grupo desta análise apresenta um quadro relativamente negativo e inclui 23 cidades. Trata-se de municípios com abastecimento de baixa garantia hídrica.

No segundo cluster (grupo 2 – azul) encontram-se somente três municípios: Paulínia-SP, Louveira-SP e Extrema-MG. Esses municípios destacam-se por apresentarem os melhores resultados referentes à eficiência hídrica no ano analisado, porém, apresentam um quadro extremamente variado em referência ao estresse hídrico, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Situação de abastecimento hídrico dos municípios do cluster azul

Município	Situação de Abastecimento
Paulínia	Ampliação do sistema produtor
Louveira	Baixa garantia hídrica
Extrema	Abastecimento satisfatório

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, na classe de número 1 está presente a grande maioria dos municípios analisados, 41 (54%), estes municípios refletem de certa maneira um quadro geral notado em todo o recorte geográfico com alta variabilidade nos valores referentes ao indicador de eficiência hídrica, resultando em um valor médio muito similar ao calculado previamente, porém, demonstram em sua totalidade, um quadro positivo quando analisado o segundo indicador.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

5. Conclusão

A partir dos dados coletados referentes à análise dos indicadores 6.4.1, eficiência hídrica, e 6.4.2, estresse hídrico, pertencentes ao 6º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS 6) abrangendo questões de abastecimento hídrico urbano, especificamente do recorte geográfico das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, encontra-se um quadro extremamente diverso entre os municípios.

Analisando o primeiro indicador, em um âmbito geral, nota-se uma melhora na maioria dos municípios no intervalo de tempo da análise (2002-2018). Porém, examinando a contribuição aos três principais setores econômicos, nota-se que somente o setor terciário (setor de serviços) demonstra uma evolução crescente ao longo desse período, diferentemente dos setores agrícola e industrial.

Na comparação com a média nacional, os resultados do primeiro indicador descrevem uma situação dos municípios das Bacias PCJ relativamente melhor da média nacional.

O segundo indicador estudado, referente ao abastecimento hídrico, descreve um quadro de resultados intermediários: mesmo que a maioria dos municípios esteja com abastecimento satisfatório (35), 24 destes se encontram em uma situação preocupante.

Visando definir uma avaliação dos municípios das Bacias PCJ com relação à meta 6.4 da Agenda 2030, foi realizada uma análise de aglomeração que permitiu analisar, de maneira conjunta, os resultados de ambos os indicadores. Dos quatro clusters identificados, aquele com o melhor resultado inclui somente três dos 76 municípios das Bacias PCJ. A maioria dos municípios apresentam baixa eficiência e carências de abastecimento.

Por fim, a região abastecida hidricamente pelos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí apresenta um quadro complexo, relativamente positivo quando analisada a eficiência no uso da água. O recorte municipal e a análise de cluster, com a sua representação gráfica, permitem visualizar os desafios que caracterizam esta região em relação à meta 6.4 da Agenda 2030. O estudo evidenciou também a necessidade de dispor de dados mais atualizados a fim de acompanhar a evolução da eficiência e do estresse hídrico em nível municipal.

6. Referências bibliográficas

ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água. Brasília: ANA, Engecorps/Cobrape, 2010.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019a.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019b. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2006.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

COMITÊS PCJ. **Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - 2020-2035**, Sumário Executivo. Porto Alegre: Consórcio Profill-Rhama, 2020.

FAVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de Análise de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

GRISOTTO, L.E.G. Água no contexto de bacias hidrográficas urbanas. In: PHILIPPI Jr., A.; SOBRAL, M.C. (ed.) **Gestão de bacias Hidrográficas e sustentabilidade**. Barueri (SP): Manole, 2019, p. 205-246.

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

IRIGARAY, M. C.; GORCZEWSKI, C. Água como bem comum: o reconhecimento de um direito humano. **Anais**. XVI Seminário Internacional: Demanda Sociais e Políticas Públicas na Sociedade Contemporânea, 2019. Disponível em: <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidssp/article/download/19659/1192612372>. Acesso em: 15 fev. 2020.

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

MARCONI, M.A; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas. 2017.

PHILIPPI Jr., A.; SOBRAL, M. C.; CARVALHO, R. M. C. M. O. Bacia hidrográfica no contexto da sustentabilidade. In: PHILIPPI Jr., A.; SOBRAL, M. C. (ed.) **Gestão de bacias Hidrográficas e sustentabilidade**. Barueri (SP): Manole, 2019, p. 3-18.

POHLMANN, M. C. Análise de conglomerados. In: CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (coord.) **Análise Multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2017.

POPE, J., BOND, A., HUGÉ, J., MORRINSON-SAUNDERS, A. A. Reconceptualising sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 62, p. 205–215, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.11.002>

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 16 nov. 2019.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

UN – United Nations. A/RES/64/292. **The human right to water and sanitation.** Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/687002>. Acesso em: 18 jul. 2021.

UN – United Nations. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf> Acesso em: 22 set. 2019.

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