

**Índice Composto para Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental em municípios da Bacia Hidrográfica Baixo Pardo/Grande**

**Karina Shibasaki**

Mestranda, PPGEU/UFSCar, Brasil  
kashibasaki@gmail.com

**Katia Sakihama Ventura**

Professora Doutora, PPGEU/UFSCar, Brasil  
katiasv@ufscar.br

**Danilo Rezende**

Doutorando, PPGEU/UFSCar, Brasil  
danilorezende@estudante.ufscar.br

## RESUMO

A gestão dos serviços para salubridade ambiental pode ser alcançada com o uso de indicadores como uma prática à melhoria de infraestrutura urbana. O objetivo foi analisar as condições sanitárias e ambientais em 14 municípios da bacia hidrográfica Baixo Pardo/Grande. Foram realizadas as seguintes etapas: i) identificação de indicadores, ii) estruturação de modelo de avaliação na escala 0 (zero) a 100, iii) consulta a especialistas pelo método Analytic Hierarchy Process (AHP), iv) elaboração do índice em mapas georreferenciados no QGis, versão 3.22. O modelo gerou 18 subindicadores agrupados em 7 indicadores. O índice variou de 21,55 a 66,72%, sendo 8 municípios com média salubridade e 5 com baixa e 1 insalubre. Na maioria dos municípios, os indicadores de resíduos sólidos se destacaram com elevada condição, enquanto a cobertura vegetal e a drenagem urbana atingiram os menores valores. É essencial estabelecer medidas e políticas públicas para garantir a evolução desses indicadores na bacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicador. Salubridade Ambiental. Gestão Pública.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da população e tecnologia não acompanha o ritmo do desenvolvimento ambiental, ocorrendo o desequilíbrio entre os eles. Deste modo, a sustentabilidade urbana pode oferecer melhoria à qualidade de vida associada à conservação ambiental. Assim, as condições ambientais e sanitárias podem garantir tal aspecto no município, que, segundo Aravechia Junior (2010), é considerado salubre quando apresenta o sistema de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, além de sistemas de saúde e educação eficientes, operam de forma equânime no meio urbano.

Desta forma, o conceito de saneamento básico surge com o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) de 1971 a 1986, e posteriormente com a Lei nº 11.445 de 2007, atualizada através da Lei nº 14.026 de 2020, que estabeleceu diretrizes nacionais, determinando ser fundamental os serviços de abastecimento de água potável, coleta e tratamento do esgoto sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais e a limpeza urbana (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020). O saneamento ambiental é um conjunto de ações socioeconômicas, a fim de proteger e melhorar as condições de vida (FUNASA, 2015). Heller (2005) destaca a necessidade de ações de integração da gestão, para potencializar a qualidade dos serviços, e maximizar os benefícios.

Para viabilizar a sustentabilidade é necessário o uso de ferramentas de avaliação (indicadores), conforme Van Bellen (2006), e para mensurar a sustentabilidade abordando questões sociais, econômicas ou ambientais (HAK et al., 2007). Esses são instrumentos essenciais para guiar ações, e subsidiar o acompanhamento e avaliação do progresso alcançado (IBGE, 2015), na qual, a utilização pelos gestores públicos é relevante para apresentar as intervenções necessárias a fim de corrigir problemas, viabilizando o desenvolvimento de forma a atingir a sustentabilidade efetiva (REZENDE E FAGUNDES, 2017).

Salienta-se que indicadores e índices captam a realidade complexa (HAK et al., 2007),

sendo que o indicador fornece informações sobre um determinado fenômeno (OECD, 1993), enquanto um índice apresenta o estado do sistema ou fenômeno (SHELDFS et. al, 2002). Há uma variedade de Sistemas de Indicadores são escassos para espaços geográficos mais específicos, como para os municípios (MARTINS E CÂNDIDO, 2012). O Indicador de Desenvolvimento Sustentável (IDS) traduz informações relativas às várias dimensões do desenvolvimento sustentável: econômicas, sociais, ambientais e institucionais, segundo NBR 14.031 (ABNT, 2004).

Assim, para alcançar o desenvolvimento sustentável é relevante que a gestão pública atue de forma integrada nos sistemas urbanos, sendo capaz de diagnosticar e analisar situações para corrigir problemas com tomadas de decisões rápidas, de forma eficiente e efetiva. Nesse sentido, o mapeamento de informações qualitativas pode subsidiar o investimento de recursos em infraestrutura urbana e contribuir para essa análise.

A principal contribuição científica dessa pesquisa foi desenvolver ferramenta útil aos administradores de serviços de saneamento que possibilite o monitoramento de aspectos de saúde pública, bem como possa ser útil à análise temporal dos serviços realizados em escala municipal ou regional.

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo foi analisar as condições sanitárias e ambientais em 14 municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Pardo / Grande (UGRHI 12). Assim, os objetivos específicos, foram:

- Identificar e analisar os modelos de indicadores para análise do saneamento básico, meio ambiente e a qualidade de vida da população;
- Selecionar indicadores e estruturar o modelo de avaliação;
- Elaborar mapas georreferenciados para subsidiar a análise.

## **3 METODOLOGIA**

A metodologia iniciou pela identificação estudos sobre indicadores de salubridade ambiental e de desenvolvimento sustentável, sua concepção metodológica e adaptações no modelo.

O modelo concebido estabeleceu como informação os seguintes aspectos: nome do indicador, índice, finalidade, método de cálculo ou escala, fonte de dados a serem obtidos e identificação dos pesquisadores. Foram adotados os critérios de seleção dos indicadores

(Quadro 1) e sua nomenclatura foi denominada Índice Composto de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA).

**Quadro 1: Critérios de seleção dos indicadores**

Critério		Definição
C1	Ser útil	Deve ser útil e pertinente do ponto de vista da pesquisa e do objetivo pelo qual ele será utilizado;
C2	Ser de fácil entendimento	Deve ser simples e claro, seu significado deve ser de fácil compreensão (também por não especialistas)
C3	Ser viável	Disponibilidade de conjunto de dados relevantes necessários para quantificá-los
C4	Ser mensurável	Deve ser possível de ser comparado em diferentes situações e passível de ser aplicado

Fonte: SUQUISAQUI e VENTURA, 2020.

Para avaliação dos indicadores e pesos propostos no modelo concebido, foi realizada a consulta aos especialistas pelo método Analytic Hierarchy Process (AHP), idealizado por Saaty (1977), com o uso de planilha eletrônica para o julgamento multicritério (Quadro 2) elaborados por Suquisaqui e Ventura (2020) e Ventura (2009). A planilha AHP foi obtida de forma online, elaborado por Goepel (2018) pelo programa “Business Performance Management Singapore”, em formato excel (.xls).

**Quadro 2: Escala de avaliação para uso dos especialistas**

Valor	Julgamento	Finalidade
1	Igual Importância	Ambos os indicadores são igualmente importantes à análise
3	Moderada Importância	Um dos indicadores é levemente superior a outro indicador
5	Forte Importância	Um dos indicadores é fortemente superior a outro indicador
7	Extremamente importante	Um dos indicadores é extremamente relevante em relação a outro indicador

Fonte: Adaptado de VENTURA, 2009 e SUQUISAQUI e VENTURA, 2020.

A submissão e aprovação da presente pesquisa foram realizadas antes da consulta aos especialistas, à Comissão de Ética em Pesquisas em Seres Humanos (CEP). O perfil dos especialistas considerou: a) profissional, pesquisador, consultores que desempenha atividades relacionadas a gestão e gerenciamento no setor de saneamento urbano e/ou saúde ambiental em escala municipal; b) existência de publicações nos últimos 5 anos, relacionando saúde pública, saneamento e infraestrutura urbana, indicadores e salubridade; c) pesquisador ou funcionário de empresa que gerencia os serviços de saneamento e/ou que tenha participado de

eventos acadêmicos/profissionais pertinentes ao tema. Foram 13 especialistas submetidas à consulta.

O índice composto (ISSA) foi analisado em 14 municípios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 12, cuja escala de cor se baseou no estudo de Batista e Silva (2006), como apresentado no Quadro 3. Para subsidiar a análise, realizou mapas temáticos pelo software QGIS, versão gratuita 3.22.5 para todos os sete indicadores nos 14 municípios da bacia.

**Quadro 3: Condições e escala de cores para os indicadores e ISSA**

Pontuação	Condição	Resultado do ISSA	Escala de Cores
0 a 25,50	Ruim	Insalubridade	
25,51 a 50,50	Regular	Baixa Salubridade	
50,51 a 75,50	Bom	Média Salubridade	
75,51 a 100	Ótima	Salubre	

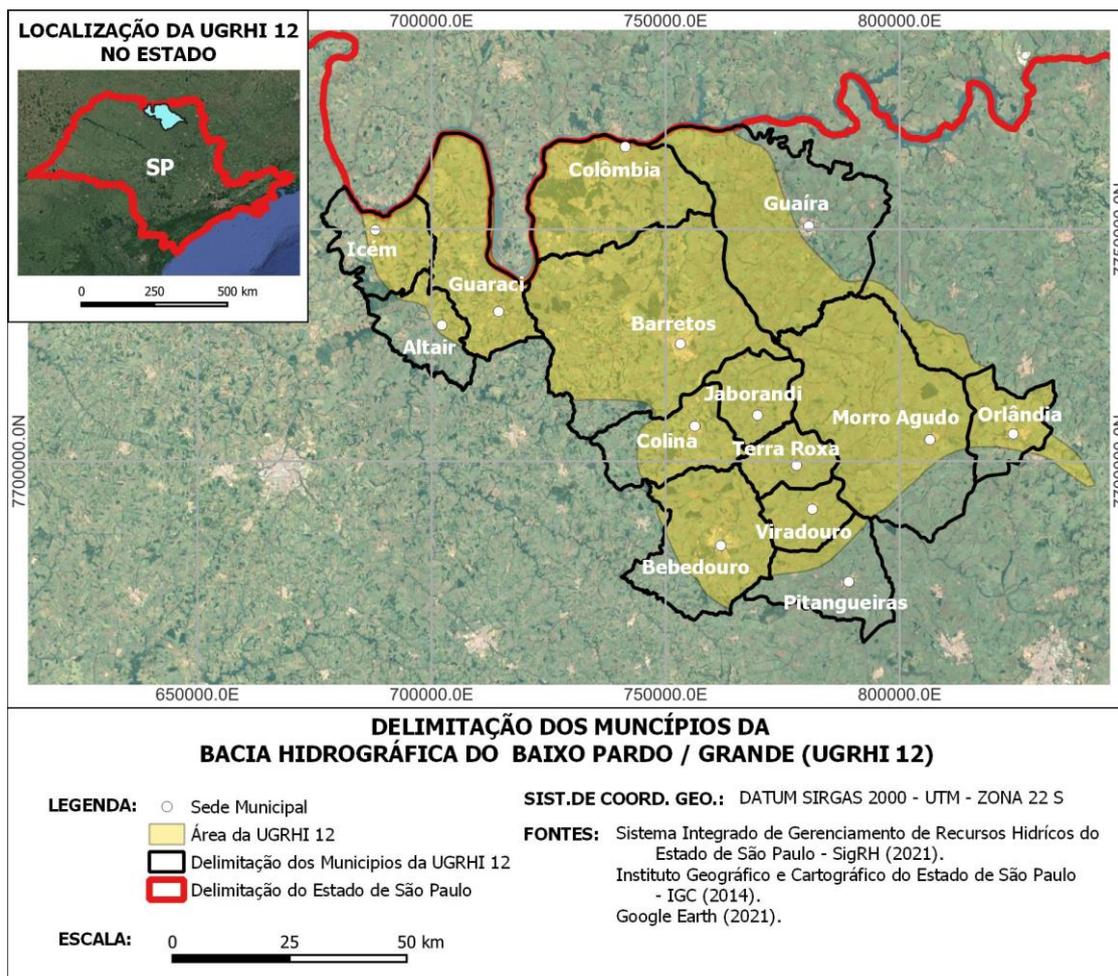
Fonte: Adaptado de BATISTA e SILVA, 2006.

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica Baixo Pardo/Grande, denominada UGRHI 12 (Figura 1) está localizada na região centro-norte no Estado de São Paulo, com extensão total de 11.803,87 km<sup>2</sup>, constituída pelos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pipira. São 12 municípios com sede na própria UGRHI, e mais 2 municípios com sede fora e que participam como representantes no Comitê de Bacias Hidrográficas do Baixo Pardo/Grande (CBH - BPG).

As bases digitais, consultadas online, para busca de indicadores e de dados para o mapeamento foram obtidas em IBGE, SNIS, DATASUS e CETESB.

A pesquisa foi realizada durante a pandemia à Covid-19, o que inviabilizou a visita técnica às prefeituras/autarquias e obtenção de dados por e-mail ou contato telefônico, devido à redução da equipe de trabalho nestas localidades.

Figura 1: Delimitação dos Municípios da UGRHI 12



Fonte: AUTORES, 2021

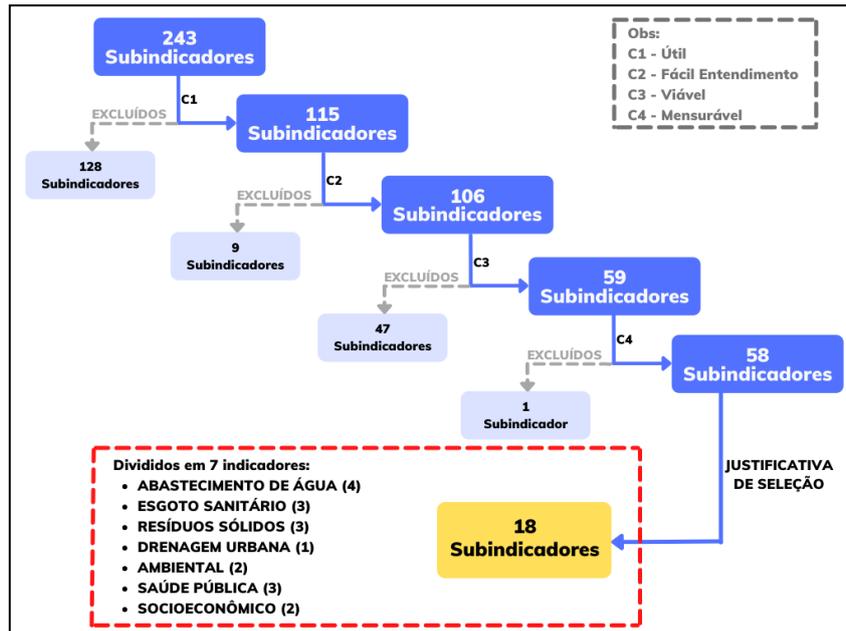
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão apresentados conforme etapa metodológica.

### 4.1 Seleção de Indicadores e Subindicadores

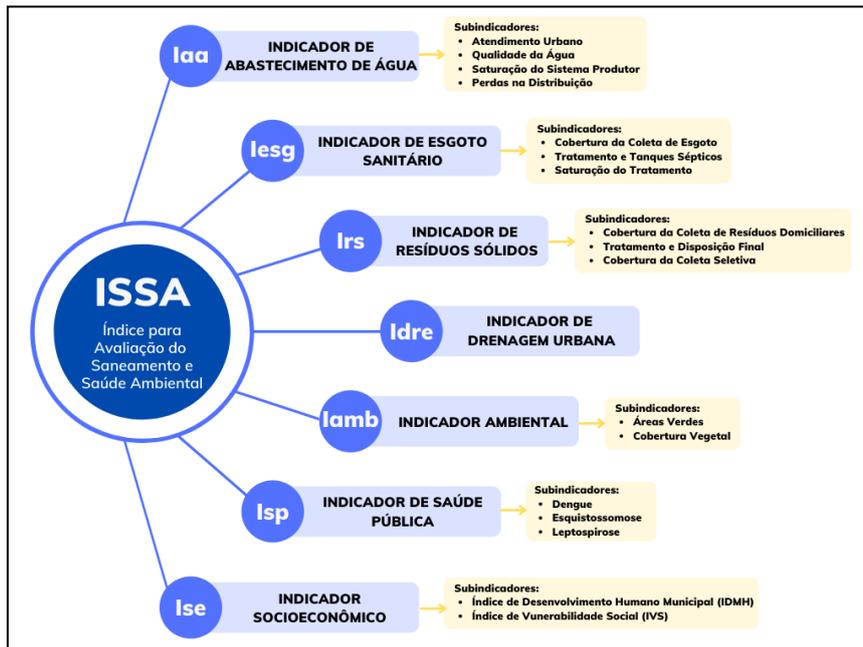
Com a análise das pesquisas levantadas pela revisão bibliográfica e critérios de seleção, a Figura 2 ilustra o resultado dos indicadores e subindicadores na concepção do índice composto. A Figura 3 ilustra os subindicadores que atenderam os critérios de seleção.

Figura 2: Quantidade de indicadores resultantes dos critérios de seleção por eixo temático



Fonte: AUTORES, 2022

Figura 3: Modelo Conceitual do Índice Composto de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA)



Fonte: Autores, 2022.

As Tabelas 4 a 10 ilustram os indicadores selecionados e adaptados, a partir da consulta de especialistas. Esses quadros se apresentam como resultado, pois alguns subindicadores foram inseridos ou alterados em relação ao modelo pioneira de Piza (1999).

**Quadro 4: Subindicadores Selecionados ao Indicador Abastecimento de Água**

Subindicadores	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Índice de Atendimento Urbano de Água (Iatend.ag.)	Quantificar os domicílios atendidos	Índice IN023 (Índice de atendimento urbano de água) do SNIS que considera a população urbana atendida com abastecimento de água, população urbana residentes ao município com abastecimento de água e população urbana do município no ano de referência.	SNIS
Qualidade da Água Distribuída (Iqualid.ag.)	Monitorar a Qualidade da Água	$Iqa (\%) = K \times (Naa/Nar) \times 100$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• K: nº amostras realizadas/nº mín. de amostras;</li> <li>• Naa: quantidade de amostras consideradas como sendo de água potável relativa a colimetria, cloro e turbidez (ano);</li> <li>• Nar: quantidade de amostras realizadas (ano).</li> </ul> Calculado por meio dos dados de: $K = \frac{(QD006 + QD008 + QD026)}{(QD020 + QD019 + QD08)}$ $Naa = (QD006 - QD007) + (QD008 - QD009) + (QD026 - QD027)$ $Nar = QD006 + QD008 + QD026$ Calculado por meio dos dados de: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Índice QD006: Amostras para Análise de Cloro Residual Analisadas</li> <li>✓ Índice QD007: Resultados fora do padrão para Análise de Cloro Residual</li> <li>✓ Índice QD008: Amostras para Análise de Turbidez Analisadas</li> <li>✓ Índice QD009: Resultados fora do padrão para Análise de Turbidez</li> <li>✓ Índice QD019: Amostras para Análise de Turbidez Obrigatórias</li> <li>✓ Índice QD020: Amostras para Análise de Cloro Residual Obrigatórias</li> <li>✓ Índice QD026: Amostras para Análise de Coliformes Fecais Analisadas</li> <li>✓ Índice QD027: Resultados fora do padrão para Análise de Coliformes Fecais</li> <li>✓ Índice QD028: Amostras para Análise de Coliformes Fecais Obrigatórias</li> </ul>	SNIS
Saturação do Sistema Produtor (Isat.prod.ag.)	Comparar oferta e demanda de água, programar novos sistemas e/ou ampliações e controles de redução de perdas	$n = \{\log [CP/(VP(K2/K1))]\} / [\log(1+t)]$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• n: anos em que o sistema ficará saturado;</li> <li>• CP: Volume de água produzido;</li> <li>• VP: Água Produzido;</li> <li>• K2: perda prevista para 5 anos (1,50);</li> <li>• K1: perda atual (1,20);</li> <li>• t: taxa de crescimento anual média</li> </ul> Calculado por meio dos dados de: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ CP e VP: Índice AG 006 (Volume de água produzido do SNIS;</li> <li>✓ t: taxa de crescimento anual do SEADE</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Até 50 mil hab.: 100 pontos (N&gt;=2); Interpolar (2&gt;n&gt;0); 0 pontos (n&lt;=0);</li> <li>➤ De 50 mil hab. a 200 mil hab.: 100 pontos (N&gt;=3); Interpolar (3&gt;n&gt;0); 0 pontos (n&lt;=0);</li> <li>➤ Mais que 200 mil hab.: 100 pontos (N&gt;=5); Interpolar (5&gt;n&gt;0); 0 pontos (n&lt;=0);</li> </ul>	SNIS e SEADE
Perdas na Distribuição (Iperda.ag.)	Indicar o Percentual de Água perdida na Distribuição de água	$Ipd = 100 - \% \text{ perda físicas na distribuição}$ Calculado por meio dos dados de: <p>% perdas físicas na distribuição: Índice IN049 do SNIS, que considera o volume de água produzido, volume de água consumido, volume de águas tratadas importado e volume de serviço.</p>	SNIS

Fonte: AUTORES, 2022

**Quadro 5: Subindicadores Selecionados ao indicador Drenagem Urbana**

Subindicador	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Drenagem Urbana (Irede.dre.)	Medir a relação entre a extensão de vias urbana pública com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana e a extensão total de vias urbanas.	Índice IN021 (Taxa de Cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana) do SNIS que considera a extensão total de vias públicas urbanas do município e extensão total de vias públicas urbanas com rede ou canais de águas pluviais subterrâneos.	SNIS

Fonte: AUTORES, 2022

**Quadro 6: Subindicadores Selecionados ao indicador Esgoto Sanitário**

Subindicadores	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Cobertura em Coleta de Esgotos e Tanques Sépticos (Icol.esg.)	Quantificar domicílios atendidos por rede de coleta de esgoto e tanques sépticos	Índice IN015 (Índice de Coleta de Esgoto) do SNIS que considera o volume de água consumido, o volume de água tratada exportado e o volume de esgoto coletado	SNIS
Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos (Itrat.esg.)	Quantificar os domicílios atendidos por tratamento de esgotos e tanques sépticos	$Ite (\%) = Ice \times (VT / VC) \times 100$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ice: Cobertura de Coleta;</li> <li>• VC: volume coletado;</li> <li>• VT: volume tratado.</li> </ul> Calculado por meio dos dados de: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Índice IN015: Índice de Coleta de Esgoto do SNIS;</li> <li>✓ Índice ES005: Volume de esgoto coletado do SNIS;</li> <li>✓ Índice ES006: Volume de esgoto tratado.</li> </ul>	SNIS
Saturação do Tratamento (Isat.trat.esg.)	Comparar a oferta e demanda das instalações existentes e programar novas instalações ou ampliações	$n = [\log (CT / VC)] / [\log (1 + t)]$ <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ n: anos em que o sistema ficará saturado;</li> <li>✓ CT: capacidade de tratamento;</li> <li>✓ t = taxa de crescimento anual média de crescimento.</li> </ul> Calculado por meio dos dados de: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Índice ES005: Volume de esgoto coletado do SNIS;</li> <li>✓ Índice ES006: Volume de esgoto tratado do SNIS;</li> <li>✓ t: taxa de crescimento anual do SEADE</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Até 50 mil hab.: 100 pontos (N&gt;=2); Interpolar (2&gt;n&gt;0); 0 pontos (n&lt;=0);</li> <li>➤ De 50 mil hab. a 200 mil hab.: 100 pontos (N&gt;=3); Interpolar (3&gt;n&gt;0); 0 pontos (n&lt;=0);</li> <li>➤ Mais que 200 mil hab.: 100 pontos (N&gt;=5); Interpolar (5&gt;n&gt;0); 0 pontos (n&lt;=0);</li> </ul>	SNIS e SEADE

Fonte: AUTORES, 2022

**Quadro 7: Subindicadores Selecionados ao indicador Resíduos Sólidos**

Subindicadores	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Coleta de Resíduos (Icol.rs.)	Quantificar os domicílios atendidos por coleta de Resíduos	Índice IN016 (Taxa de Cobertura da Coleta de RDO Em Relação ao População Urbana) do SNIS que considera a população urbana atendida no município e a população urbana do município.	SNIS
Tratamento e Disposição Final (Itrat.disp.rs.)	Qualificar a situação da disposição final dos resíduos sólidos domiciliares	Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Domiciliares da CETESB ➤ 0: se $0 \leq Iqr \leq 6,0$ condições inadequada ➤ Interpolar: se $6,0 < Iqr \leq 8,0$ condições intermediária ➤ 100: se $8 < Iqr < 10,0$ condição adequada	CETESB
Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a Porta em Relação a População Urbana (Icol.selet.rs.)	Indicar o Percentual da População Atendida pela Coleta Seletiva	Índice IN030 (Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município) do SNIS que considera População urbana do município atendida com a coleta seletiva do tipo porta a porta executada pela Prefeitura (ou SLU) e População urbana do município	SNIS

Fonte: AUTORES, 2022

**Quadro 8: Subindicadores Selecionados ao indicador Ambiental**

Subindicadores	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Índice de Áreas Verdes (Ia.verde.amb.)	Verificar a relação entre a área dos espaços verdes de uso público e a quantidade de habitantes do município	$Iav = \text{somatório das Áreas com espaços verdes dentro do perímetro urbano (m}^2\text{) / população Urbana (hab.)}$ 0: se $0 \leq Iav \leq 9,0$ condições Ruim 50: se $9,0 < Iav \leq 16,0$ condição Regular 100: se $Iav > 16,0$ condição Boa	Secretária do Meio Ambiente
Índice de Cobertura Vegetal (Icob.veg.amb.)	Verificar a relação de área com cobertura por vegetação e a área total do município	$Icv = \text{somatório das Área com cobertura vegetal / Área total do município}$	Secretária do Meio Ambiente

Fonte: AUTORES, 2022

**Quadro 9: Subindicadores Selecionados ao indicador Saúde Pública**

Subindicadores	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Dengue (Ideng.sp.)	Indicar a necessidade de programas corretivos e preventivos para eliminação de transmissores e hospedeiros	Escala: ➤ 100 – Sem infestação de Aedes Aegypti nos últimos 12 meses; ➤ 50 – Com infestação de Aedes Aegypti e sem transmissão de dengue no último ano; ➤ 25 – Com transmissão de dengue no último ano; ➤ 0 – Com ocorrência de dengue hemorrágico no último ano.	DATASUS
Esquistossomose (Iesquist.sp.)	Indicar a necessidade de programas corretivos e preventivos para eliminação de transmissores e hospedeiros	Escala: ➤ 100 – Sem casos no último ano ➤ 50 – Com incidência anual < que 1 no último ano ➤ 25 – Com incidência anual $\leq 1$ e < que 5 no último ano ➤ 0 – Com incidência anual maior igual que 5 no último ano	DATASUS
Leptospirose (Ilept.sp.)	Indicar a necessidade de programas corretivos e preventivos para eliminação de transmissores e hospedeiros	Escala: ➤ 100 – Sem enchentes e sem casos nos últimos 12 meses ➤ 50 – Com enchentes e sem casos nos últimos 12 meses ➤ 25 – Sem enchentes e com casos nos últimos 12 meses ➤ 0 – Com enchentes e com casos nos últimos 12 meses	DATASUS e SINAN

Fonte: AUTORES, 2022

**Quadro 10: Subindicadores Selecionados ao indicador Socioeconômico**

Subindicadores	Finalidade	Cálculo / Escala	Fonte dos Dados
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDMH)	Aferir o grau de desenvolvimento humano básico em cada município nos setores de educação, longevidade e renda	Média aritmética dos Índices de Longevidade, Educação e Renda	PNUD
Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)	Aferir a ausência ou a insuficiência de conjuntos de ativos que determina as condições de bem-estar da população	Média aritmética dos subíndices: IVS Infraestrutura Urbana, IVS Capital Humano e IVS Renda e Trabalho l <sub>ivs</sub> = 100 - ( 100 * l <sub>vs</sub> )	IPEA

Fonte: AUTORES, 2022

## 4.2 Proposição do Índice Composto de Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA)

O modelo concebido para o ISSA apresenta-se na Equação 1.

$$ISSA = A * I_{aa} + B * I_{esg} + C * I_{rs} + D * I_{dre} + E * I_{amb} + F * I_{sp} + G * I_{se} \quad \text{[Equação 1]}$$

Sendo que:

- ISSA: Índice Composto de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental;
- I<sub>aa</sub>: Indicador de Abastecimento de Água;
- I<sub>esg</sub>: Indicador de Esgoto Sanitário;
- I<sub>rs</sub>: Indicador de Resíduos Sólidos;
- I<sub>dre</sub>: Indicador de Drenagem Urbana;
- I<sub>amb</sub>: Indicador Ambiental;
- I<sub>sp</sub>: Indicador de Saúde Pública;
- I<sub>se</sub>: Indicador Socioeconômico.

As Equações 2 a 8 definem os 18 subindicadores:

$$I_{aa} = H * I_{atend.ag.} + I * I_{qualid.ag.} + J * I_{sat.prod.ag.} + K * I_{perda.ag.} \quad \text{[Equação 2]}$$

$$I_{esg} = L * I_{col.esg.} + M * I_{trat.esg.} + N * I_{sat.trat.esg.} \quad \text{[Equação 3]}$$

$$I_{rs} = O * I_{col.rs.} + P * I_{trat.disp.rs.} + Q * I_{col.selet.rs.} \quad \text{[Equação 4]}$$

$$I_{dre} = R * I_{rede.dre.} \quad \text{[Equação 5]}$$

$$I_{amb} = S * I_{a.verde.amb.} + T * I_{cob.veg.amb.} \quad \text{[Equação 6]}$$

$$I_{sp} = U * I_{deng.sp.} + V * I_{esquist.sp.} + W * I_{lept.sp.} \quad \text{[Equação 7]}$$

$$I_{se} = X * I_{idhm.se.} + Y * I_{ivs.se.} \quad \text{[Equação 8]}$$

Sendo que:

- I<sub>atend.ag.</sub> : Subindicador de Atendimento Urbano de Água;
- I<sub>qualid.ag.</sub> : Subindicador de Qualidade da Água Distribuída;
- I<sub>sat.prod.ag.</sub> : Subindicador de Saturação do Sistema Produtor;
- I<sub>perda.ag.</sub> : Subindicador de Perdas na Distribuição;
- I<sub>col.esg.</sub> : Subindicador de Cobertura em Coleta de Esgotos e Tanques Sépticos;
- I<sub>trat.esg.</sub> : Subindicador de Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos;
- I<sub>sat.trat.esg.</sub> : Subindicador de Saturação do Tratamento;
- I<sub>col.rs.</sub> : Subindicador de Coleta de Resíduos;
- I<sub>trat.disp.rs.</sub> : Subindicador de Tratamento e Disposição Final;
- I<sub>col.selet.rs.</sub> : Subindicador de Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta à População Urbana;
- I<sub>rede.dre.</sub> : Subindicador de Drenagem Urbana;
- I<sub>a.verde.amb.</sub> : Subindicador de Índice de Áreas Verdes;
- I<sub>cob.veg.amb.</sub> : Subindicador de Índice de Cobertura Vegetal;
- I<sub>deng.sp.</sub> : Subindicador de Dengue;
- I<sub>esquist.sp.</sub> : Subindicador de Esquistossomose;
- I<sub>lept.sp.</sub> : Subindicador de Leptospirose;
- I<sub>ivs.se.</sub> : Subindicador de Índice de Vulnerabilidade Social;
- I<sub>idhm.se.</sub> : Subindicador de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

### 4.3 Consulta aos Especialistas

Os indicadores com maior representatividade pelos especialistas são Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário, os mesmos apontados pelo modelo de Piza (1999). Quanto aos subindicadores, os maiores pesos por eixo temático (indicador) foram Qualidade da Água Distribuída (53,0%), Cobertura em Coleta de Esgoto e Tanques Sépticos (51,4%); Coleta de Resíduos Sólidos (54,1%), Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais (100%), Índice de Cobertura Vegetal (79,5%), Dengue (60,8%) e Índice de Vulnerabilidade Social (81,5%). A Tabela 1 ilustra os pesos indicados pelos especialistas, segundo método AHP.

**Tabela 1 – Indicadores, Subindicadores e Pesos**

Indicador	Peso <sub>i</sub>	Subindicador	Peso <sub>SI</sub>
Abastecimento de Água	0,201	Atendimento Urbano de Água	0,213
		Qualidade da Água Distribuída	0,530
		Saturação do Sistema Produtor	0,140
		Perdas na Distribuição	0,117
Esgoto Sanitário	0,199	Cobertura em Coleta de Esgoto e Tanques Sépticos	0,514
		Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos	0,327
		Saturação do Tratamento	0,158
Resíduos Sólidos	0,132	Coleta de Resíduos Sólidos	0,541
		Tratamento e Disposição Final	0,308
		Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em relação a População Urbana	0,151
Drenagem Urbana	0,112	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais	1,000
Ambiental	0,118	Índice de Áreas Verdes	0,205
		Índice de Cobertura Vegetal	0,795
Saúde Pública	0,107	Dengue	0,608
		Esquistossomose	0,129
		Leptospirose	0,263
Socioeconômico	0,131	Índice de Vulnerabilidade Social	0,815
		Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	0,185

Fonte: AUTORES, 2022

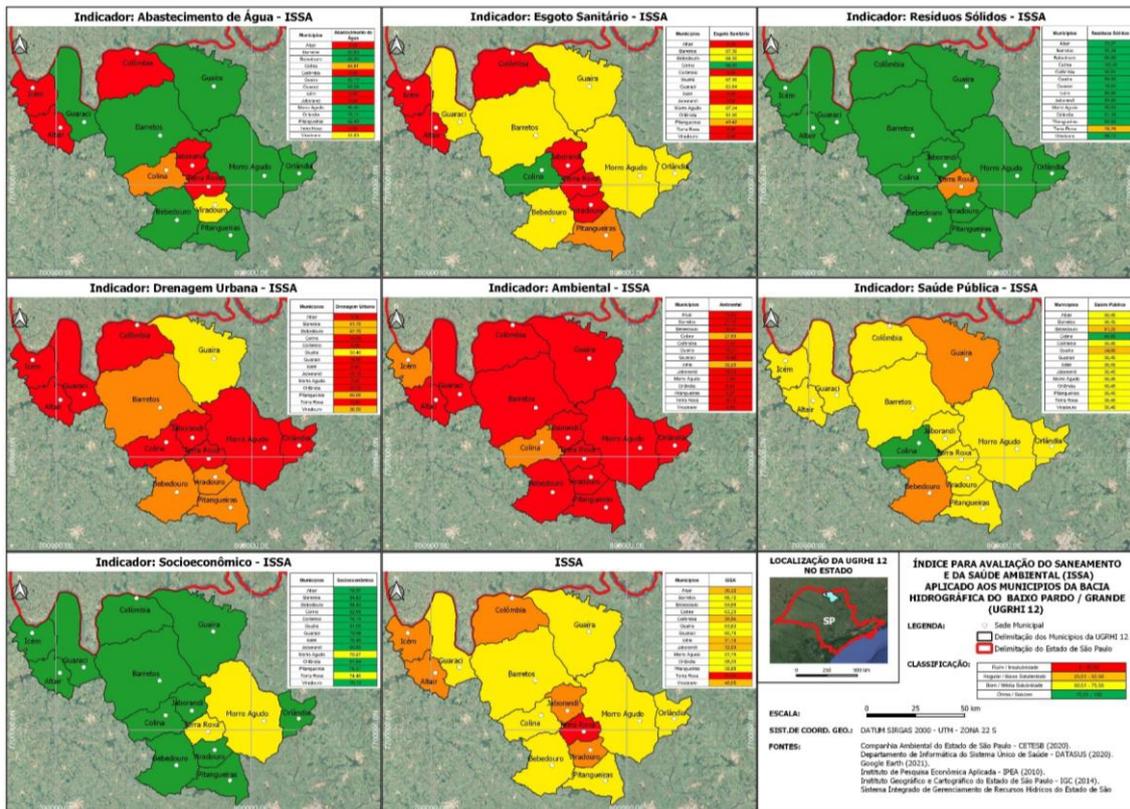
É relevante observar que os subindicadores de perdas na distribuição de água, de Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em relação a População Urbana, Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais, Índice de Áreas Verdes, Índice de Cobertura Vegetal, Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foram inseridos no índice composto, em relação ao modelo de Piza (1999), devido à dinâmica populacional, características físicas dos municípios, alteração das atividades humanas, importância para gestão ambiental, valorização do desenvolvimento sustentável como observado em revisão bibliográfica.

### 4.4 Análise do ISSA nos Municípios da Bacia Hidrográfica Baixo Pardo/Grande

O mapa gerado ilustra o resultado dos indicadores (eixo temático) a cada município (Figura 4). O modelo de Piza (1999) pontua indicadores que devem estar disponibilizados pelo gestor do serviço para que as simulações e o monitoramento possam ser realizados e, assim,

permitir a análise temporal sobre a evolução dos indicadores e subindicadores. Essa mesma premissa foi adotada no índice composto.

Figura 4 – ISSA gerado em cada município por indicador (eixo temático)



Fonte: AUTORES, 2022

Observa-se pela Figura 4 que os indicadores de Resíduos Sólidos e o Socioeconômico são os que apresentam melhores resultados, com no mínimo de 86% dos municípios exibindo condições ótimas de salubridade (acima de 75,51%). Este fato se deve pela disponibilidade dos dados, bem como pelos altos valores nos subindicadores com maiores pesos.

Destaca-se que o Índice de Vulnerabilidade Social e Índice de Desenvolvimento Humano são composições que consideram a renda, educação e infraestrutura dos municípios, e apresentaram valores acima de 69,20%. Os indicadores com níveis de baixa salubridade a média salubridade são os de Esgoto Sanitário, Saúde Pública e Abastecimento de Água, respectivamente. Indicadores de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário apresentaram 42% dos municípios com valores nulos de subindicador, ocasionado pelo não fornecimento de dados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no ano analisado.

Observou-se elevadas perdas na distribuição de água e o limite da capacidade do

sistema produtor. Além disso, há a saturação do sistema de tratamento de efluentes, na qual somente o município de Bebedouro apresentou capacidade de tratamento com a expansão urbana. É evidente a necessidade de aprofundado diagnóstico, bem como planejamento e ações, a fim de evitar saturação nos sistemas de água e esgoto.

No indicador de Saúde Pública, 11 (onze) municípios, obtiveram o mesmo resultado, por estarem contidos no mesmo grupo de abrangência epidemiológica, além da falta de atualização de dados em plataformas online, como o DATASUS.

Os indicadores que obtiveram os menores índices, foram os de Drenagem Urbana e Ambiental (Áreas Verdes e Cobertura Vegetal), sendo que, respectivamente, 65% e 86% dos municípios exibiram níveis ruins a insalubre (abaixo de 25,50%). O indicador de Drenagem Urbana depende dos parâmetros como extensão de redes ou canais, avaliação da real necessidade do sistema, manutenções dos dispositivos, altos valores de investimentos, os quais podem não ser monitorados continuamente e/ou apresentam dificuldade de obtenção de dados pela singularidade de cada município.

Neste contexto, é relevante desenvolvimento de mecanismos para conservar e incentivar melhorias estruturais (projetos de drenagem sustentável) e não estruturais (ações socioeducativas, reflorestamento, instrumentos legais, entre outras) na bacia.

O município de Terra Roxa, foi o único com resultado insalubre para o ISSA (21,55%), obteve insalubridade nos indicadores Abastecimento de Água (0%), Esgoto Sanitário (0%) e Drenagem Urbana (0%) e Ambiental (16,15%). Resultou em baixa salubridade para Resíduos Sólidos (29,26%), e média para Saúde Pública (56,45%) e Socioeconômico (74,40%).

Os resultados dos municípios de Altair, Colômbia, Icém e Jaborandi comportaram-se da mesma maneira. Observa-se que os indicadores Resíduos Sólidos (93,27%; 90,51%; 84,90%; 84,90%,) e Socioeconômicos (78,97%; 78,19%; 76,49%; 80,69%) atingiram níveis salubres, contrários dos indicadores com condições insalubres, que não apresentaram dados, tais como: Abastecimento de Água (0%), Esgoto Sanitário (0%), Drenagem Urbana (0%; 0%; 0,80%; 25,10%) e Ambiental (12,93%; 11,07%; 32,20%; 16,72%). O indicador Saúde Pública (56,45%) atingiu média salubridade, o que resultou na baixa salubridade do índice (ISSA=30,22%; 29,54%; 31,16%; 32,60%).

No município de Viradouro, os níveis salubres foram nos indicadores Resíduos Sólidos (86,13%) e Socioeconômicos (79,12%), com níveis insalubres no Esgoto Sanitário (0%) e Ambiental (4,56%). O indicador Drenagem Urbana (36,50%) atingiu baixa salubridade; além dos indicadores Abastecimento de Água (53%) e Saúde Pública (56,45%) que resultaram em média

salubridade, resultando em baixa salubridade do índice (ISSA=43,05%).

Os resultados dos municípios de Guaraci e Orlândia obtiveram mesmo comportamento, com indicadores com níveis insalubres foram: Drenagem Urbana (18,90%; 25%) e Ambiental (18,98%; 6,65%). Os de média salubridade foram: Esgoto Sanitário (63,84%; 51,50%) e Saúde Pública (56,45%); os de condições salubres foram: Abastecimento de Água (83,58%; 78,11%), Resíduos Sólidos (78,61%; 91,39%) e Socioeconômicos (79,98%; 81,64%), que resultou na média salubridade do índice (ISSA=60,75%; 58,33%).

O município de Barretos, resultou no ISSA (66,72%) - média salubridade. O indicador insalubre foi Ambiental (21,16%), o de baixa Salubridade foi Drenagem Urbana (41,70%), os de media foram Esgoto Sanitário (67,36%) e Saúde Pública (56,45%), e os salubres foram Abastecimento de Água (83,60%), Resíduos Sólidos (92,38%) e Socioeconômico (84,83%).

No município de Bebedouro, também se observa níveis salubres nos indicadores Abastecimento de Água (89,30%), Resíduos Sólidos (84,90%) e Socioeconômico (84,43%), contrário ao indicador Ambiental (18,01%). Os indicadores Drenagem Urbana (47,70%) e Saúde Pública (41,25%) atingiu baixa salubridade, e Esgoto Sanitário (64,30%) atingiu média salubridade, que resultaram em média salubridade para o índice (ISSA= 64,89%).

O município de Colina, obteve ISSA (63,20%) média salubridade, pois obteve insalubridade no indicador Drenagem Urbana (10%). Ainda, resultou em baixa salubridade para Abastecimento de Água (43,51%) e Ambiental (27,60%), e salubridade para Esgoto Sanitário (84,20%), Resíduos Sólidos (100%), Saúde Pública (86,85%) e Socioeconômico (82,69%).

O município de Guaira, resultou no ISSA (63,83%) com média Salubridade. Uma vez que o indicador insalubre foi Ambiental (18,27%), o de baixa Salubridade foi Saúde Pública (34,80%), os de média salubridade foram Esgoto Sanitário (67,36%) e Drenagem Urbana (55,40%), e por fim, os indicadores salubres foram Abastecimento de Água (82,13%), Resíduos Sólidos (84,90%) e Socioeconômico (81,09%).

No município de Morro Agudo, também se observa níveis salubres nos indicadores Abastecimento de Água (80,44%) e Resíduos Sólidos (92%), ao contrário aos indicadores Drenagem Urbana (0%) e Ambiental (7,06%). Os indicadores Esgoto Sanitário (67,34%), Saúde Pública (56,45%) e Socioeconômico (70,27%), atingiram média salubridade, que resultaram em média salubridade para o índice (ISSA= 57,79%).

O município de Pitangueiras, resultou no ISSA (58,89%) com média Salubridade. Uma vez que o indicador insalubre foi Ambiental (6,37%), os de baixa Salubridade foram Esgoto Sanitário (49,42%) e Drenagem Urbana (40,00%), o de media salubridade foi Saúde Pública

(56,45%), e os salubre foram Abastecimento de Água (82,49%), Resíduos Sólidos (84,90%) e Socioeconômico (76,31%).

De modo geral, o índice composto pode ter sido obtido pela não declaração no SNIS ou pelo baixo valor apontado nos subindicadores, o que ilustra a importância do gestor do serviço esclarecer as informações na base nacional. É possível que os valores dos subindicadores estejam de posse do poder público, no entanto, não foram obtidos em meio digital, durante a pandemia à Covid-19.

## **5 CONCLUSÃO**

O modelo pioneiro estabeleceu condições de avaliar os aspectos mais relevantes do saneamento e saúde pública, permitindo o seu arranjo, conforme necessidade pertinente à nova realidade e à demanda de infraestrutura. Desta forma, o índice composto (ISSA) expandiu o conceito inicialmente proposto ao atender os indicadores Drenagem Urbana e Ambiental (Áreas Verdes e Cobertura Vegetal).

O índice composto atendeu três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, sendo:

- Saúde e Bem-estar (ODS 3): o índice contém subindicadores de saúde pública, para alcançar o item 3.3 da ODS: combater as doenças transmitidas pelas águas e por vetores;
- Água Potável e Saneamento (ODS 6): o índice inclui subindicadores de drenagem urbana e meio ambiente, não utilizados na versão pioneira do ISA, sendo que tais temas ajudam a compor as vertentes do saneamento
- Cidades e Comunidade Sustentáveis (ODS 11): todos os indicadores utilizados no índice auxiliam no alcance da redução do impacto ambiental, urbanização sustentável, garantindo acessos a serviços básicos, e apoiar relações econômicas e sociais.

A consulta a especialistas foi etapa relevante no processo de concepção do índice composto. No entanto, cabe avaliar, em futuras pesquisas, o uso da mesma distribuição aos pesos para os subindicadores e, assim, simular o modelo com peso igualitário. Desta forma, pode-se considerar igualmente os menos considerados ou poucos monitorados entre os demais, especialmente aqueles com melhorias implantada.

Dos 14 municípios estudados, 8 (oito) atingiram níveis de média salubridade (Barretos, Bebedouro, Colina, Guaíra, Guaraci, Morro Agudo, Orlândia e Pitangueiras), 5 (cinco) com níveis

de baixa salubridade (Altair, Colômbia, Icém, Jaborandi e Viradouro), e o município de Terra Roxa com nível de insalubridade.

Isto demonstra a necessidade de atingir melhorias de infraestrutura nos eixos menos favorecidos com projetos e recursos a médio e longo prazo e busca de financiamento em instituições desse setor. Por outro lado, o desafio se mantém ao garantir os serviços existentes com níveis satisfatórios continuamente.

Segundo o resultado do índice composto, os indicadores que merecem atenção na bacia hidrográfica são Drenagem Urbana e Ambiental, uma vez que apresentaram condições insalubres, e por tratar-se de assuntos debatidos no cenário atual dos municípios, que interferem diretamente no bem-estar da população.

O índice composto representa uma alternativa aos municípios e aos comitês de bacia hidrográficas para gestão do saneamento, recursos hídricos e ocupação do solo em escala regional e municipal. Além disso, permite a elaboração de mapas temáticos para ilustrar a condição dos aspectos sanitários, ambientais e sustentáveis e, conseqüentemente, subsidiar a tomada de decisões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAVÉCHIA JÚNIOR, J. C. **Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) para a região Centro-Oeste: Um estudo de caso no Estado de Goiás**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF, 2010

BATISTA, M. E. M.; SILVA, T. C. da. **O modelo ISA/JP – indicador de performance para diagnóstico do saneamento ambiental urbano**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, jan./mar. 2006.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. DOU, 2007.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.026, 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento dá outras providências. DOU, 2020.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5ª ed. Brasília, 2019. 545 p.

HAK T., MOLDAN B., DAHL A.L. **Sustainability indicator: a scientific assessment Island Press**, Washington, 2007.

HELLER, L. **Política pública e gestão dos serviços de saneamento a partir de uma visão de saúde pública**. Encontro por una Nueva Cultura del Agua en America Latina, 2005, Fortaleza. Zaragoza: Fundación Nueva Cultura del Agua, 2005

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Brasil: 2015.

Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews** (Environmental Monograph 83), Paris, France. 1993.

PIZA, F. J. T. SÃO PAULO. **ISA – Indicador de Salubridade Ambiental**. Manual Básico. São Paulo – SP: Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, 1999.

REZENDE, G. B. de M.; FAGUNDES, E. A. A.. **Índice de Desenvolvimento Sustentável de Primavera do Lestes - MT, Baseado no Modelo de Martins e Cândido (2008)**. Revista Estudos e Pesquisas em Administração - REPAD. v.1, n. 1. 2017.

SAATY, Thomas L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal of mathematical psychology, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SHIELDS, D.; SOLAR, S.; MARTIN, W. **The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability**. *Ecological Indicator*, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, nov. 2002.

SUQUISAQUI, A. B. V.; VENTURA, Katia Sakihama. **Ferramenta para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos**. VIRUS, São Carlos, n. 20, 2020.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa**, Editora FGV 2ª Edição. 129p. 2006.

VENTURA, Katia Sakihama. **Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho: estudo de caso - Santa Casa de São Carlos-SP**. 2009. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.