

# Indicador de Salubridade Ambiental: adaptações, contribuições metodológicas e estudo de caso em municípios da UGRHI 5

*Environmental Health Indicator: adaptations, methodological contributions and case study in municipalities of UGRHI 5*



• **Data de entrada:**  
06/05/2021




• **Data de aprovação:**  
12/08/2021

Katia Sakihama Ventura<sup>1\*</sup> | Luiz Henrique Rosolen Ferro<sup>1</sup> | Danilo Rezende<sup>1</sup> | Maria Eugênia  
González Alvares<sup>1</sup> | Karina Shibasaki<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.068>

## ORCID ID

Ventura KS  <https://orcid.org/0000-0003-3853-668X>  
Ferro LHR  <https://orcid.org/0000-0001-7281-1134>

Rezende D  <https://orcid.org/0000-0002-3340-4832>  
Alvares MEG  <https://orcid.org/0000-0002-2550-5780>  
Shibasaki K  <https://orcid.org/0000-0001-5210-5785>

## Resumo

O Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) torna-se útil à tomada de decisão municipal para mensurar a qualidade de vida urbana, segundo o Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo (Conesan). O objetivo foi adaptar o ISA e analisar a salubridade em quatro municípios, integrantes da bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI 5). A partir da revisão de literatura e da dificuldade de acesso aos dados, ajustes foram realizados no modelo original para análise do ISA em Rio Claro, Cordeirópolis, Limeira e em Santa Gertrudes. O método adaptado com 18 indicadores ilustrou que três municípios estão salubres, e o outro, em média salubridade. O esgoto sanitário não tratado é um dos quesitos para elevar a salubridade e garantir a gestão pública satisfatória. Investimentos econômicos e técnicos são necessários para assegurar os serviços equânimes à população.

**Palavras-chave:** Salubridade Ambiental. Indicador. Gestão Pública.

## Abstract

*Environmental Health Indicator (ISA) becomes useful for municipal decision-making to measure the quality of urban life, according to the São Paulo State Sanitation Council (CONESAN). The objective was to adapt ISA and analyze the environmental health in four municipalities, members of the Piracicaba, Capivari and Jundiá river basin (UGRHI 5). From the literature review and the difficulty of data access, adjustments were elaborated to the original method for ISA analysis in Rio Claro, Cordeirópolis, Limeira, and in Santa Gertrudes. The adapted method with 18 indicators showed three municipalities are healthy and the other one, in medium healthy. The untreated sewage is one of the issues to increase the health environmental and assure the satisfactory public management. Economic and technical investments are necessary to ensure equitable services to the population.*

**Keywords:** Environmental Health. Indicator. Public Management.

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos – São Paulo – Brasil.

\* **Autora correspondente:** [katiasv@ufscar.br](mailto:katiasv@ufscar.br).

## 1 INTRODUÇÃO

A universalização do acesso aos serviços de saneamento básico e a transparência de ações neste quesito foi regulamentada pela Política Nacional de Saneamento Básico com a Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007).

No Brasil, 83,7% da população possui rede de distribuição de água e 54,1% dos brasileiros possuem rede coletora de esgoto sanitário, sendo que 49,1% do esgoto sanitário gerado no país é tratado. O serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos atinge 92,1% da população brasileira e 54,3% dos municípios possuem sistema exclusivo para drenagem (BRASIL, 2020).

O diagnóstico sobre o déficit do saneamento básico apresentado no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) considerou os aspectos socioeconômicos e culturais, de infraestrutura e da qualidade dos serviços realizados ou solução adotada. Os índices ilustram a) 33,9% da população com atendimento precário e 6,8% sem atendimento para abastecimento de água; b) 50,7% dos habitantes com atendimento precário e 9,6% sem atendimento dos serviços de esgotamento sanitário e, c) 27,2% dos brasileiros com atendimento precário e 14,2% sem atendimento dos serviços de manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2013).

Esses índices ilustram a carência de investimentos financeiros e de infraestrutura no setor para elevar a oferta de serviços de saneamento básico, de forma a garantir condições sanitárias e ambientais adequadas e equânimes aos municípios. Estima-se até o ano de 2033, a necessidade de R\$ 283,8 bilhões em obras de infraestrutura e R\$ 224,7 bilhões em medidas que garantem a intervenção e sustentabilidade da prestação de serviços (ações socioeducativas, plantio de cobertura vegetal, instrumentos legais), segundo Brasil (2013).

Neste aspecto, a melhoria dos serviços públicos pode ser realizada a partir da mensuração da salubridade ambiental, a qual compreende o estado de hígidez em que vive uma população urbana e rural, referindo-se às condições de promover ambientes favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar e a capacidade de evitar a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente (BRASIL, 2019).

Para isso, uma das formas de investigação do bem-estar físico, emocional, ambiental, mental e social é a análise de indicadores. Os indicadores são ferramentas úteis ao monitoramento da qualidade sanitária e ambiental, considerando os critérios políticos, socioeconômicos e culturais, tendo como função: i) avaliar condições e tendências; ii) permitir comparações entre lugares e situações; iii) avaliar condições e tendências em relação a objetivos e metas; iv) fornecer informações antecipadas sobre eventos e, v) prever futuras condições e tendências (SCOPE, 1997).

Em 1999, o Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo (CONESAN) propôs o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) como instrumento de avaliação da salubridade aos municípios paulistas. O método foi estruturado a partir da média ponderada de indicadores que compõem seis eixos temáticos (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, controle de vetores, recursos hídricos e aspectos socioeconômico), conforme exposto por Piza (1999). Na ausência de ferramenta consolidada no país, pesquisadores adotaram esse método na análise da salubridade em diversas localidades do território nacional, como ilustra Teixeira, Prado Filho e Santiago (2018).

Pesquisas recentes identificaram a necessidade de ajustes no método pioneiro, em virtude de especificidades locais e da dificuldade de acesso a dados em plataforma digital.

Barreto et al. (2020) adaptaram o ISA a partir da análise de 47 estudos de caso. O modelo proposto foi utilizado em dois municípios de pequenos portes (Cuité de Mamanguape e Marcação) e na capital paraibana, cujos resultados apontaram que somente a capital está em condições salubres.

Bernardes, Bernardes e Günther (2018) consideraram o ISA para área urbana e pesquisas sobre aspectos socioeconômicos para concepção do novo indicador. Foram 23 indicadores organizados nos eixos abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, condição de moradia e socioeconômico. Dos 117 domicílios entrevistados em oito comunidades pertencentes a duas unidades de conservação de uso sustentável na Amazônia, os resultados apontaram que a maior parte dos domicílios encontra-se em baixa salubridade.

Alvares (2020) propôs ajustes no método original e realizou análise por indicador e por município da bacia hidrográfica Baixo Pardo Grande, Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 12. Dos doze municípios, oito se classificaram com média salubridade e quatro como salubres. Observou-se baixo índice de salubridade para os indicadores recursos hídricos em todos municípios, enquanto seis deles apresentaram baixa salubridade para o indicador socioeconômico.

Rezende, Ventura e Rispoli (2020) adotaram os resultados do ISA elaborado por Alvares (2020) e estabeleceram análise comparativa com as diretrizes do plano de bacia da UGRHI 12. Para o indicador recursos hídricos, a salubridade foi afetada pela alta demanda rural, baixa cobertura vegetal e elevada carga orgânica nos corpos hídricos. Os autores elaboraram mapa georreferenciado no QGIS 3.10 com o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) para melhor compreensão dos aspectos socioeconômicos, concluindo que dois municípios apresentaram elevados níveis de riqueza, longevidade e/ou escolaridade, seis

deles atingiram classe desigual, três municípios apresentaram-se em transição e um deles foi classificado em condição vulnerável. Com isso, ilustraram a necessidade de investir em ações em longevidade e/ou escolaridade para promover níveis elevados de salubridade.

Desta forma, observou-se a potencialidade do referido indicador, mas sobretudo a justificativa de aprimoramento do método original, em função das demandas de cada localidade.

O principal objetivo foi adaptar o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) proposto pelo Conesam e analisar as condições sanitárias e ambientais dos municípios de Rio Claro, Cordeirópolis, Limeira e Santa Gertrudes, pertencentes à UGRHI 5, denominada bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ).

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

Esta pesquisa teve apoio de bolsa de iniciação científica PIBIC de 2020 a 2021, período de levantamento de dados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2021.

### 2.1 Seleção do Objeto de Estudo

A revisão bibliográfica e documental foi etapa relevante para identificar as distintas condições locais e os ajustes realizados no ISA em contexto nacional.

O município de Rio Claro foi, inicialmente, selecionado para pesquisa devido ao estudo de Sartori (2009), que aplicou o método em parcela da área urbana no município.

Para selecionar os demais municípios, foram definidos os seguintes critérios: i) até 30 quilômetros de distância de Rio Claro; ii) de pequeno porte (20 mil a 30 mil habitantes); iii) existência de planos de saneamento básico disponível em meio digital. Os municípios de Cordeirópolis e

Santa Gertrudes foram selecionados segundo esses critérios. No entanto, o município de Limeira, embora tenha faixa populacional superior à dos demais, foi selecionado por atender dois desses critérios, além de possuir relevância econômica na região pela fabricação de folheados e pela geração de efluentes industriais.

Desta forma, a pesquisa abrangeu os municípios de Cordeirópolis (24.826 hab.), Limeira (308.482 hab.), Rio Claro (208.008 hab.) e Santa Gertrudes (27.381 hab.) da UGRHI 5, e totaliza 568.697 habitantes (IBGE, 2021), como se observa na Fig. 1.

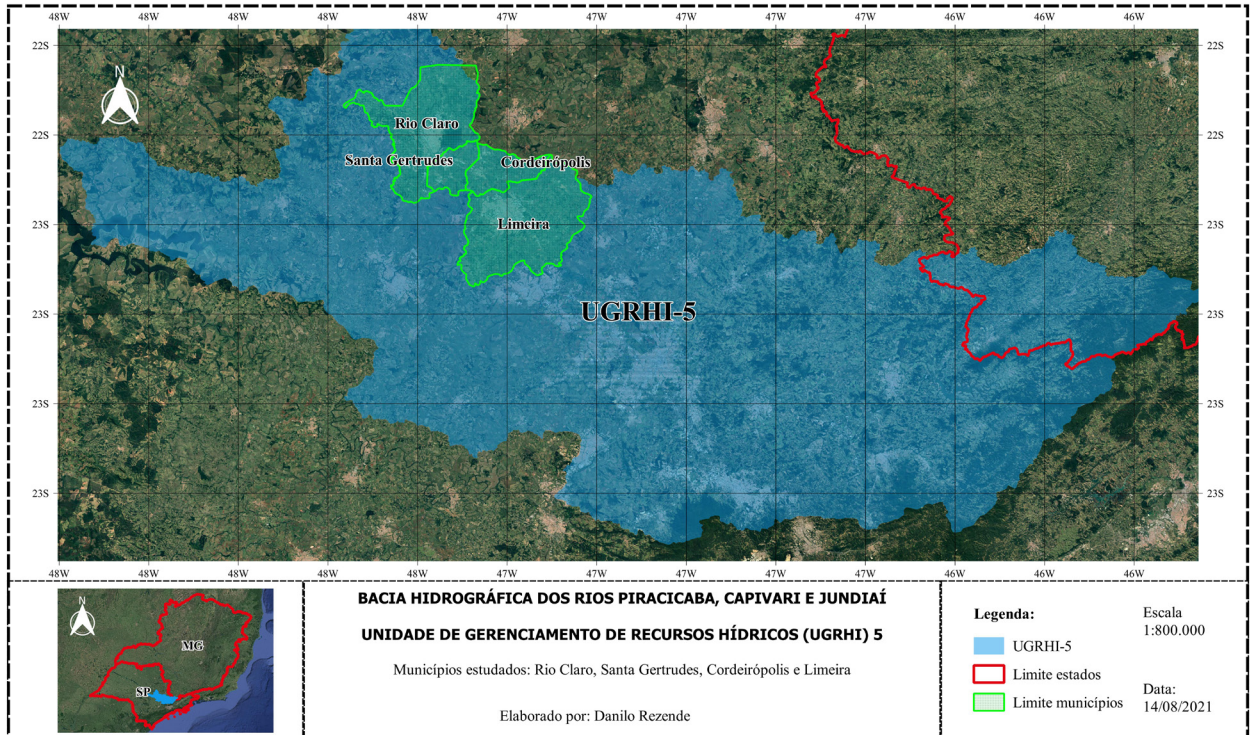


Figura 1 - Delimitação dos municípios selecionados na UGRHI 5

Obtenção de dados a partir do modelo Conesan

O modelo adotado encontra-se na Eq. 1, segundo Piza (1999).

$$ISA = 0,25 lab + 0,25 les + 0,25 lrs + 0,10 lcv + 0,10 lrh + 0,05 lse \quad (1)$$

Sendo que:

lab = Indicador de Abastecimento de Água

les = Indicador de Esgotos Sanitários

lrs = Indicador de Resíduos Sólidos

lcv = Indicador de Controle de Vetores

lrh = Indicador de Recursos Hídricos

lse = Indicador Socioeconômico

A Tabela 1 ilustra a classificação do nível de salubridade. Os parâmetros para o ISA foram obtidos em meio digital pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no ano de 2020. Outros parâmetros foram obtidos por empresas de saneamento e em plataformas municipais, nos anos disponíveis.

As Tabelas 2 a 7 ilustram os parâmetros do ISA.

**Tabela 1 - Classificação do ISA por nível de salubridade**

Nível	Faixa do ISA
Salubre	76 – 100
Média Salubridade	51 – 75
Baixa Salubridade	26 – 50
Insalubre	0 – 25

Fonte: Adaptado de Piza (1999).

**Tabela 2 - Indicadores de Abastecimento de Água**

Indicador	Parâmetros de Entrada
<b>Cobertura de atendimento (Ica)</b> $Ica = (Dua/Dut) * 100$	Domicílios urbanos atendidos ( <b>Dua</b> )
	Domicílios urbanos totais ( <b>Dut</b> )
<b>Qualidade da água Distribuída (Iqa)</b> $Iqa = k * (NAA/NAR) * 100$	(Número de amostras realizadas/Número mínimo de amostras) ( <b>k</b> )
	Amostras consideradas como sendo de água potável relativa à colimetria, cloro e turbidez ( <b>NAA</b> ) (mensais)
	Amostras realizadas ( <b>NAR</b> ) (mensais)
<b>Saturação dos Sistemas Produtores (Isa)</b> Obtido por: $n = \frac{\log\left(\frac{CP}{VP * \left(\frac{K2}{K1}\right)}\right)}{\log(1+t)}$	Volume de produção para atender 100% da população ( <b>VP</b> ) (m³/ano)
	Capacidade de produção ( <b>CP</b> ) (m³/ano)
	Taxa anual de crescimento (em 5 anos) ( <b>t</b> )
	Coefficiente de perdas (%) ( <b>k2/K1</b> )
	Nº de anos para saturação do sistema ( <b>n</b> )

Fonte: Piza, 1999.

**Tabela 3 - Indicadores de Esgotamento Sanitário**

Indicador	Parâmetros de Entrada
<b>Cobertura (Ice)</b> $Ice = (Due/Dut) * 100$	Domicílios urbanos atendidos por coleta ( <b>Due</b> )
	Domicílios urbanos totais ( <b>Dut</b> )
<b>Esgotos Tratados (Ite)</b> $Ite = icex(VT/VC) * 100$	Índice de esgoto coletado ( <b>Ice</b> )
	Volume tratado de esgotos medido ou estimado nas ETE ( <b>VT</b> ) (m³/ano)
	Volume coletado ( <b>VC</b> ) (m³/ano)
<b>Saturação do Tratamento (Ise)</b> Obtido por: $n = \frac{\log\left(\frac{CT}{VC}\right)}{\log(1+t)}$	Volume coletado de esgoto ( <b>VC</b> ) (m³/ano)
	Capacidade de tratamento ( <b>CT</b> ) (m³/ano)
	Taxa anual de crescimento (em 5 anos) ( <b>t</b> )
	Nº de anos para saturação do sistema ( <b>n</b> )

Fonte: Piza, 1999.

**Tabela 4 - Indicador de Resíduos Sólidos**

Indicador	Parâmetros de Entrada
<b>Coleta de Resíduos Sólidos (Icr)</b> $Icr = (Duc/Dut) * 100$	Domicílios urbanos com coleta de resíduo ( <b>Duc</b> )
	Domicílios urbanos totais ( <b>Dut</b> )
<b>Tratamento e Disposição Final (Iqr)</b>	Índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos domiciliares – Cetesb ( <b>IQR</b> )
<b>Saturação do Tratamento e Disposição Final (Isr)</b> $n = \frac{\log\left(\frac{CA+t}{VL}\right)}{\log(1+t)}$	Volume coletado de resíduos anual ( <b>VL</b> ) (ton)
	Capacidade restante do aterro ( <b>CA</b> ) (ton)
	Taxa anual de crescimento (em 5 anos) ( <b>t</b> )
	Nº de anos para saturação do sistema ( <b>n</b> )

Fonte: Piza, 1999.

**Tabela 5 - Indicador de Recursos Hídricos**

Indicador	Parâmetros de Entrada
<b>Água Bruta (Iqb)</b>	Situação de poços do município
<b>Disponibilidade dos Mananciais (Idm)</b> $Idm = Disp/Dem$	Disponibilidade, água em condições de tratabilidade para abastecimento ( <b>Dis</b> ) (m³/s)
	Demanda futura de 10 anos ( <b>Dem</b> ) (m³/s)
<b>Fontes Isoladas (Ifi)</b> $Ifi = (NAA/NAR)$	Quantidade de amostras consideradas como sendo de água potável relativa à colimetria, cloro e turbidez ( <b>NAA</b> ) (mensais)
	Amostras realizadas ( <b>NAR</b> ) (mensais)

Fonte: Piza, 1999.

Tabela 6 - Indicadores de Controle de Vetores

Indicador	Parâmetros de Entrada
Dengue - (Ivd)	Casos de transmissão e infestação de Dengue
Esquistossomose - (Ive)	Casos de Esquistossomose
Leptospirose - (Ivl)	Casos de Leptospirose e enchentes

Fonte: Piza, 1999.

Tabela 7 - Indicadores de Aspectos Socioeconômicos

Indicador	Parâmetros de Entrada
Indicador de Saúde Pública (Isp) $Isp=0,7^*Imh+0,3^*Imr$	Indicador relativo à mortalidade (Imh)
	Indicador relativo à média de mortalidade (Imr)
Indicador de Renda (Irf) $Irf=0,7^*I3s+0,3^*Irm$	Indicador de distribuição de renda menor que 3 salários mínimos (I3s)
	Indicador de renda média (Irm)
Indicador de Educação (Ied) $Ied=0,6^*Ine+0,4^*Ie1$	Indicador de O escolaridade (Ine)
	Indicador de escolaridade até o 1º grau (Ie1)

Fonte: Piza, 1999.

## 2.2 Aplicação e análise do ISA adaptado

A adaptação do ISA foi realizada com base nas pesquisas de Xavier e Almeida (2018), que consultaram especialistas sobre o método e decidiram pela exclusão e inserção de indicadores, e Nirazawa e Oliveira (2018), que adotaram os indicadores governamentais recomendados e, com apoio de especialistas, utilizaram os mais úteis à gestão do serviço de saneamento ambiental. Nesta pesquisa, o ISA adaptado identificou a condição da salubridade ambiental e apontou os aspectos mais frágeis por município.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Adaptações ao método original

O método original teve o intuito de nortear o monitoramento das condições ambientais e sanitárias, permitindo a alteração de indicadores, conforme interesse do gestor público. As Tabelas 8 a 11 descrevem os ajustes aos indicadores, considerando o manual Conesan (Piza, 1999) e o julgamento observado nos documentos científicos coletados.

Tabela 8 - Ajuste ao Indicador de Abastecimento de água (Iab)

Indicador	Parâmetro ajustado	Descrição do ajuste
Iqa – Qualidade da água distribuída	NAA	O “número de amostras consideradas como sendo de água potável (NAA)” foi adotado como: resultados sobre a qualidade da água que não se encontraram fora do padrão.
Isa – Saturação dos Sistemas Produtores	t	A “Taxa anual de crescimento para os próximos 5 anos (t)”, presente em 3 indicadores (2ª ordem), foi obtida considerando um crescimento aritmético da população estudada. Ou seja, tendo a população do ano de 2000 e do ano de 2010, foi possível obter a taxa de crescimento da população a cada ano e estimá-la para o ano de 2025.
Isa – Saturação dos Sistemas Produtores	Coefficiente de perdas	Sendo K1 o coeficiente de perdas atual e K2 o coeficiente de perdas previsto para 5 anos, o “Coeficiente de perdas (K2/K1)” foi adotado com o valor 1. Por conta de Rio Claro apresentar uma melhora no índice de perdas na distribuição nos três últimos anos, apresentando uma previsão positiva, adotou-se um índice de perdas previsto para 5 anos (K2) no mínimo igual ao atual. Assim, tem-se o fator 1, que contribui positivamente para a avaliação final.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 - Ajuste ao Indicador de Recursos Hídricos (Irh)

Indicador	Parâmetro ajustado	Descrição do ajuste
Idm - Disponibilidade dos Mananciais	Dem	A “Demanda futura de 10 anos (Dem)” foi considerada como sendo a “Demanda Total” com um acréscimo de 15%. Ou seja, de acordo com o aumento do consumo de água e o provável crescimento na demanda futura, a demanda futura dos próximos 10 anos foi calculada como “Demanda Total * 1,15”.
Idm - Disponibilidade dos Mananciais	Disp	A “Disponibilidade de água (Disp)” foi calculada por meio da vazão média disponível por habitante no período de 1 ano. Para isso, estimou-se a vazão disponível do município tendo em vista a população deste. Ou seja, foi possível obter a disponibilidade de água no período de 1 ano por meio da multiplicação da disponibilidade <i>per capita</i> pela população.

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 10** - Ajuste ao Indicador de Resíduos Sólidos (Irs)

Indicador	Parâmetro ajustado	Descrição do ajuste
Irs - Saturação do Tratamento e Disposição Final	CA	A "Capacidade restante do aterro (CA)" teve de ser calculada da seguinte forma: inicialmente, a taxa de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados por dia foi extrapolada de modo anual até o ano de 2050, estimando-se que um aterro funciona por 30 anos (tempo estimado pelo pesquisador, pois a informação não foi encontrada). Para isso, considerou-se a taxa de crescimento anual da população entre 2000 e 2010, a quantidade de RSU gerados diariamente, bem como a taxa de compactação e cerca de 20 a 30% a mais devido ao volume do material e solo inserido no aterro sanitário. Então, a CA foi calculada pela soma da capacidade anual dos próximos 30 anos.
Irs - Saturação do Tratamento e Disposição Final	VL	O "Volume coletado de resíduos anual (VL)" também teve de ser calculado. Por meio da divisão da "Capacidade restante do aterro (CA)" por 30, identificou-se o volume anual de resíduos coletados.

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 11** - Ajuste ao Indicador Socioeconômico (Ise)

Indicador	Parâmetro ajustado	Descrição do ajuste
Ise - Socioeconômico	Ise	O dado obtido representante do "Indicador Socioeconômico (Ise)" foi o "Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)". O IDH é composto a partir de dados que contemplam 3 quesitos principais: saúde, educação e renda (PNUD, IPEA, FJP, 2013). Então, é possível estabelecer uma relação entre o IDH e o Ise, proposto por Piza (1999), sendo que ambos indicam as mesmas categorias de informação

Fonte: Autoria própria.

### 3.2 Resultados do ISA para os municípios selecionados da UGRHI 5

As Tabela 12 a 17 apresentam os resultados por indicador adaptado. Primeiramente, tendo em vista os resultados do indicador Ica, nota-se todas as avaliações com nota máxima, apontando que os domicílios urbanos possuem abastecimento de água. Em seguida, observa-se que, para o indicador Iqa, tem-se que os municípios apresentaram a qualidade da água distribuída em condição excelente ou ótima. Essa diferença ocorreu por conta dos "Resultados fora do

padrão" serem diferentes de 0 (zero). Além disso, todos cumpriram com o número mínimo de amostras analisadas (Tabela 12).

Em relação ao Isa, percebe-se que os municípios apresentaram nota máxima. Isso ocorreu principalmente pela capacidade de produção (CP) ser maior que o volume de água produzido (VP). Assim, mesmo levando em consideração a taxa de crescimento "t" e o coeficiente de perdas "K2/K1", o sistema é capaz de produzir mais água do que o necessário, mostrando que não está saturado (Tabela 12).

**Tabela 12** - Dados obtidos para o cálculo do Ica e resultado de cada indicador

Municípios	Ica	Iqa				Isa					
	Ica (%)	Amostras obrigatórias (un/a)	Resultados fora do padrão	Amostras analisadas (un/a)	Iqa	VP $\left(\frac{10^3 m^3}{a}\right)$	CP $\left(\frac{10^3 m^3}{a}\right)$	t (%)	k2/k1	n	Isa
Rio Claro	100	24.620	884	42.220	80	20.712	29.455	0,85	1	42	100
Cordeirópolis	100	2.400	0	2.400	100	1.760	2.838	1,34	1	36	100
Limeira	100	16.189	1	34.166	80	24.254	29.200	0,86	1	22	100
Santa Gertrudes	100	11.016	0	15.726	100	1.858	2.208	1,93	1	9	100

Fonte: Autoria própria.

Todos os domicílios urbanos são atendidos por rede coletora de esgoto sanitário. Nota-se que as avaliações do Ite, exceto para Cordeirópolis,

apresentaram o melhor resultado. Esse fato ocorreu pelo elevado percentual de esgoto coletado ser tratado em Rio Claro, Limeira e San-

ta Gertrudes. O município de Cordeirópolis, pelo fato de não tratar o esgoto gerado, obteve nota nula nesse indicador (Tabela 13).

Por fim, no Indicador de Saturação do Tratamento (Ise), foi obtida uma notável diferença entre as pontuações. Os municípios de Limeira e Santa Gertrudes apresentaram uma capacidade de

tratamento (CT) maior que o volume de esgoto coletado, mostrando bom planejamento para o sistema de tratamento, diferentemente de Rio Claro e Cordeirópolis. O município de Rio Claro trata 92% do esgoto coletado, e Cordeirópolis não trata esgoto sanitário (nota nula), segundo dados do SNIS (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020).

**Tabela 13** - Dados obtidos para o cálculo do Ise e resultado de cada indicador

Municípios	Ice	Iqa				Ise				
	Ice	Índice de coleta	Volume tratado ( $\frac{10^3 m^3}{a}$ )	Volume coletado ( $\frac{10^3 m^3}{a}$ )	Ite	Volume tratado ( $\frac{10^3 m^3}{a}$ )	CT ( $\frac{10^3 m^3}{a}$ )	t (%)	n	Ise
Rio Claro	100	100	15.800	17.174	100	17.174	15.800	0,85	0	0
Cordeirópolis	100	100	0	1.002	0	1.002	0	1,34	0	0
Limeira	100	100	19.089	19.089	100	19.089	26.806	0,86	40	100
Santa Gertrudes	100	100	1.045	1.048	100	1.048	1.577	1,93	21	100

Fonte: Autoria própria.

O resultado exposto na primeira coluna aponta que todos os domicílios urbanos são atendidos por coleta de resíduos sólidos (Tabela 14). Os municípios apresentaram boa avaliação para Tratamento e Disposição Final dos resíduos (Iqr). Cordeirópolis apresentou uma diferença de 1% no quesito “Índice de qualidade de Aterros de Resíduos sólidos domiciliares”, que modificou a nota de maneira insignificativa. Esse fato apre-

senta uma situação positiva da disposição final dos resíduos.

Os municípios apresentaram Isr elevados, em vista a capacidade restante dos aterros (CA) em que destinam seus resíduos, o volume coletado de resíduos por ano e o crescimento populacional, tempo estimado para saturação do sistema, como detalhado na Tabela 10.

**Tabela 14** - Dados obtidos para o cálculo do Irs e resultado de cada indicador

Municípios	Icr	Iqr		Isr				
	Icr	IQR	Iqr	Volume coletado (ton/a)	CA (ton)	t (%)	n	Isr
Rio Claro	100	8,3	100	94.676	2.840.294	0,85	27	100
Cordeirópolis	100	7,9	95	12.489	374.672	1,34	25	100
Limeira	100	8,3	100	199.873	5.996.204	0,86	27	100
Santa Gertrudes	100	9,8	100	18.965	568.957	1,93	2	100

Fonte: Autoria própria.

Observa-se pelo Ivd que todos os municípios apresentaram casos de dengue nos últimos 5 anos (2015-2019). Pela ausência de dados que descrevam o tipo da dengue, foram considerados todos os casos de dengue do tipo clássica.

A existência de casos nos municípios estudados, o resultado aponta a necessidade de programas preventivos para redução do vetor da dengue e dos possíveis criadouros do mosquito (Tabela 15).



**Tabela 15** - Dados obtidos para o cálculo do lcv e resultado de cada indicador

Municípios	lvd		lve		lvi		
	Casos	lvd	Casos	lve	Inundações	Casos	lvi
Rio Claro	1100	25	0	100	41	1	0
Cordeirópolis	6	25	0	100	0	1	25
Limeira	142	25	0	100	1	1	0
Santa Gertrudes	15	25	0	100	0	2	25

Fonte: Autoria própria.

Não foram identificados, em meio digital, casos de Esquistossomose (lve), sendo atribuído o valor máximo como recomenda o método. A baixa avaliação dos municípios no Indicador de Leptospirose (lvi) refere-se aos casos de leptospirose no ano de 2018. Além disso, Rio Claro e Limeira apresentaram casos de inundações e alagamentos nos últimos 5 anos. Assim, Rio Claro e Limeira obtiveram a menor avaliação. Os resultados para o lvi indicam a relevância de programas preventivos para leptos-

pirose, especialmente para os municípios Rio Claro e Limeira.

Pela ausência de dados atualizados sobre a situação dos poços das cidades (lqb), adotou-se que existem poços com risco de contaminação. Pelo método, a nota atribuída é nula. Quanto ao ldm, tem-se que em todas as avaliações a demanda é menor do que a disponibilidade, proporcionando nota máxima para todos os municípios. Desse modo, estimou-se que a disponibilidade dos mananciais atende à demanda no período de 1 ano (Tabela 16).

**Tabela 16** - Dados obtidos para o cálculo do lrh e resultado de cada indicador

Municípios	lqb	ldm			lfi		
	lqb	Disp (m <sup>3</sup> /s)	Dem (m <sup>3</sup> /s)	ldm	Resultados fora do padrão	Amostras analisadas (un/a)	lfi
Rio Claro	0	6,19	0,6887	100	884	42.220	80
Cordeirópolis	0	0,72	0,0848	100	0	2.400	100
Limeira	0	9,19	0,7871	100	1	34.166	80
Santa Gertrudes	0	0,78	0,0638	100	0	15.726	100

Fonte: Autoria própria.

Quanto ao lfi, o ideal seria analisar a qualidade da água partindo de fontes alternativas, como bicas, fontes e poços. Contudo, os resultados de amostras realizadas disponíveis não tratam necessariamente de fontes alternativas (Tabela 16). Assim, para essas avaliações, cabem os mesmos comentários feitos para Tabela 1 quanto ao lsa, por conta dos mesmos dados terem sido utilizados.

O Indicador Socioeconômico (lse) sofreu alteração, conforme Tabela 11, considerando o IDH como indicador para mensurar o lse (Tabela 17). Esse resul-

tado indica, de maneira geral, boa avaliação dos municípios em quesitos como saúde, conhecimento e padrão de vida (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

**Tabela 17** - Dados obtidos para o cálculo do lse e resultado de cada indicador

Municípios	IDH	lse
Rio Claro	0,803	80,3
Cordeirópolis	0,758	75,8
Limeira	0,755	75,5
Santa Gertrudes	0,737	73,7

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 Cálculo da salubridade ambiental nos municípios selecionados da UGRHI 5

O município de Santa Gertrudes e Limeira atingiram níveis mais elevados do nível salubre, especialmente por conta dos indicadores lab, les e lrs. Por outro lado, Rio Claro apresentou situação salubre e obteve os menores valores para lab, lcv e lrh. Por fim, Cordeirópolis obteve resultado do ISA adaptado pouco abaixo dos demais, sendo

classificada com média salubridade por não tratar o esgoto sanitário.

Vale observar que alguns indicadores, como o lrs, lrh, lcv e lse, não foram decisivos individualmente na pontuação do ISA adaptada pelos municípios por apresentarem resultados semelhantes.

A Tabela 18 ilustra o resultado obtido com o ISA adaptado para os municípios do estudo, os quais atingiram, em sua maioria, nível salubre.

**Tabela 18** - ISA adaptado para os municípios do estudo

Municípios	lab	les	lrs	lcv	lrh	lse	ISA
Rio Claro	93,3	66,7	100,0	31,25	60,00	80,3	78,14
Cordeirópolis	100,0	33,3	95,0	43,75	66,67	75,8	72,75
Limeira	93,3	100,0	100,0	31,25	60,00	75,5	86,23
Santa Gertrudes	100,0	100,0	100,0	43,75	66,67	73,7	89,73

Fonte: Autoria própria.

## 4 CONCLUSÃO

Desde a concepção do ISA pelo Conesan, alterações no cálculo e nos indicadores foram desenvolvidas por distintas pesquisas para estimar as condições sanitárias e ambientais locais, de modo que não há método consolidado em literatura, além da proposta original.

Os pontos mais críticos estão relacionados ao esgoto sanitário não tratado, ao controle de vetores à saúde pública e à possibilidade de contaminação de poços subterrâneos nos municípios estudados. Assim, as intervenções na infraestrutura de saneamento básico, em conjunto com investimentos econômicos, podem minimizar o risco de contaminação do ambiente e, consequentemente, auxiliar na análise do local investigado.

Além do ISA, os gestores públicos podem considerar os planos municipais (saneamento, resíduos sólidos, águas pluviais) e planos estaduais (bacia hidrográfica) como instrumentos de planejamento e de avaliação da qualidade de vida urbana. Assim, os indicadores servem como ferramenta

de análise progressiva das melhorias ao longo do tempo, tanto em escala local como regional.

## 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**Conceitualização:** Ventura KS; **Metodologia:** Ventura KS e Ferro LHR; **Redação e revisão:** Ferro LHR, Ventura KS, Rezende D, Alvares MEG, Shibasaki K; **Financiamento (bolsa de pesquisa de iniciação científica):** Ferro LHR; **Supervisão:** Ventura KS.

## 6 REFERÊNCIAS

ALVARES, M. E. G. **Avaliação da salubridade ambiental como fator de contribuição à gestão de resíduos sólidos urbanos. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica Baixo Pardo/Grande (SP).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

BARRETO, J. B.; FEITOSA, P. H. C.; ANJOS, K. L.; TEIXEIRA, R. O. Criação de um modelo de indicador de salubridade ambiental (ISA) adaptado ao contexto de municípios de pequeno porte (ISA/MPP). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.278-295, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0028>

BERNARDES, C.; BERNARDES, R.S.; GÜNTHER, W.M.R. Proposta de índice de salubridade ambiental domiciliar para comunidades rurais: aspectos conceituais e metodológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n4, 2018. p: 697-706.

BRASIL. Lei Federal nº 11445, de 5 de fevereiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm#:~:text=Estabelece%20diretrizes%20nacionais%20para%20o,1978%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm#:~:text=Estabelece%20diretrizes%20nacionais%20para%20o,1978%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.)>. Acesso em: 18 fevereiro 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. 172p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5ª edição. Brasília (DF): Funasa, 2019. 545 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Diagnóstico SNIS 2020**. Portal Eletrônico. Disponível em: <<http://snis.gov.br/diagnosticos>> Acesso em 30 ago. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: 03 mar. 2021.

NIRAZAWA, A.N.; OLIVEIRA, S.V.W.B. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. p.753-776. **Revista de Administração Pública**, v.52, n4, jul-ago, 2018.

PIZA, M. **ISA: Indicador de Salubridade Ambiental - Manual Básico**. São Paulo: Conselho Estadual de São Paulo (CONESAN), 1999. 35p.

PNUD; IPEA; FJP. **Atlas de desenvolvimento humano no Brasil 2013**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

REZENDE, D.; VENTURA, K.S.; RISPOLI, I.A.G. Análise da Salubridade Ambiental pelas Diretrizes do Plano de Bacia Hidrográfica. Estudo de Caso: Municípios da UGRHI 12 (Baixo Pardo Grande). **Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade**, v. 1, n. 2, 2020. p:67-80

SARTORI, A.G.O. **Aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental - ISA no município de Rio Claro**. Monografia de graduação de curso. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro (SP): 2009. 101p.

SCOPE - *Scientific Committee On Problems of the Environment*. MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. (orgs) **Indicadores de Sustentabilidade: Relatório do projeto sobre Indicadores para o Desenvolvimento Sustentável**. Wiley, UK, 1997.

TEIXEIRA, D.A.; PRADO FILHO, J.F.; SANTIAGO, A.S. Indicador de Salubridade Ambiental: variações da formulação e usos do indicador no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.3, p.543-545, 2018. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10760>>. Acesso em: 05 abril 2019.

XAVIER, A. P. M.; ALMEIDA, P. P. **O Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) como ferramenta de avaliação do saneamento dos municípios goianos**. Trabalho de conclusão de curso. Goiânia (GO): UFG, 2018. 91p.