

**Saneamento no Brasil e sua Correlação com Síndromes Respiratórias Agudas Graves**

**Mariana Angelica Ferreira**

Mestre em Ciências Ambientais, UB, Brasil

falecommarianaangelica@gmail.com

0000-0002-6047-8458

**André Luis Dolencsko**

Professor Doutor, UB, Brasil

andre.dolencsko@ub.edu.br

0000-0003-1215-8879

**Evandro Roberto Tagliaferro**

Professor Doutor, UB, Brasil

evandro.tagliaferro@ub.edu.br

0000-0003-2557-031X

**Danila Fernanda Rodrigues Frias**

Professora Doutora, UB, Brasil

danila.frias@ub.edu.br

0000-0001-8621-3338

**Luiz Sergio Vanzela**

Professor Doutor, UB, Brasil

Luiz.vanzela@ub.edu.br

0000-0002-2192-9252

## Saneamento e Síndromes Respiratórias Agudas Graves no Brasil: Uma Análise de Correlação

### RESUMO

**Objetivo** - Caracterizar a qualidade do saneamento básico e os casos de síndrome respiratória aguda grave (SRAG) em municípios de diferentes populações de diferentes regiões brasileiras e avaliar a relação entre a qualidade do saneamento e casos de SRAG.

**Metodologia** - Foram realizadas comparações e correlações entre médias de índices de saneamento e casos relativos de SRAG de uma amostra de 1.389 municípios abrangendo todas as regiões brasileiras em diferentes estratos populacionais.

**Originalidade/relevância** - Investir em saneamento básico é imprescindível no desenvolvimento socioeconômico e ambiental de municípios e regiões. O saneamento de qualidade melhora as condições ambientais, previne o adoecimento da população e desonera gastos em saúde curativa.

**Resultados** - Concluiu-se que a incidência de SRAG teve maior relação com a densidade populacional do que com a qualidade do saneamento básico, não eximindo a necessidade de melhoria e manutenção de serviço de saneamento de qualidade. Também se observou a necessidade emergencial na adoção de medidas eficientes na gestão, gerenciamento, estratégias preventivas e investimentos do saneamento básico nos municípios, especialmente na região Norte do Brasil.

**Contribuições teóricas/metodológicas** – A contribuição é tanto teórica como metodológica porque realizada novas formas de abordagem e análise dos dados do saneamento brasileiro, principalmente no que se refere a comparação dos índices de saneamento entre municípios de diferentes regiões brasileiras e a correlação com os casos de SRAG.

**Contribuições sociais e ambientais** – Os resultados comparativos evidenciam situação precária do saneamento em algumas regiões brasileiras e a necessidade emergencial de aprimoramentos no sistema de gestão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saúde ambiental. Marco Legal do Saneamento. Doenças epidêmicas.

## Sanitation and Severe Acute Respiratory Syndromes in Brazil: A Correlation Analysis

### ABSTRACT

**Objective** – To characterize the quality of basic sanitation and the cases of severe acute respiratory syndrome (SARS) in municipalities of different population sizes from different Brazilian regions, and to evaluate the relationship between sanitation quality and SARS cases.

**Methodology** – Comparisons and correlations were made between average sanitation indices and relative cases of SARS from a sample of 1,389 municipalities covering all Brazilian regions across different population strata.

**Originality/Relevance** Investing in basic sanitation is essential for the socioeconomic and environmental development of municipalities and regions. Quality sanitation improves environmental conditions, prevents population illness, and reduces spending on curative healthcare.

**Results** – It was concluded that the incidence of SARS was more related to population density than to the quality of basic sanitation, although this does not negate the need for improving and maintaining quality sanitation services. An urgent need was also observed for the adoption of efficient measures in the management, administration, preventive strategies, and investment in basic sanitation in municipalities, especially in the North region of Brazil.

**Theoretical/Methodological Contributions** – The contribution is both theoretical and methodological, as it implements new approaches and analysis methods for Brazilian sanitation data, particularly regarding the comparison of sanitation indices among municipalities from different Brazilian regions and their correlation with SARS cases.

**Social and Environmental Contributions** – The comparative results highlight the precarious sanitation situation in some Brazilian regions and the urgent need for improvements in the management system.

**KEYWORDS:** Environmental health. Sanitation Legal Framework. Epidemic diseases.

## Saneamiento y Síndromes Respiratorios Agudos Graves en Brasil: Un Análisis de Correlación

### RESUMEN

**Objetivo** – Caracterizar la calidad del saneamiento básico y los casos de síndrome respiratorio agudo grave (SRAG) en municipios de diferentes tamaños poblacionales de diversas regiones brasileñas, y evaluar la relación entre la calidad del saneamiento y los casos de SRAG.

**Metodología** – Se realizaron comparaciones y correlaciones entre los promedios de los índices de saneamiento y los casos relativos de SRAG de una muestra de 1.389 municipios que abarcan todas las regiones de Brasil en diferentes estratos poblacionales.

**Originalidad/Relevancia** – Invertir en saneamiento básico es imprescindible para el desarrollo socioeconómico y ambiental de municipios y regiones. El saneamiento de calidad mejora las condiciones ambientales, previene enfermedades en la población y reduce los gastos en salud curativa.

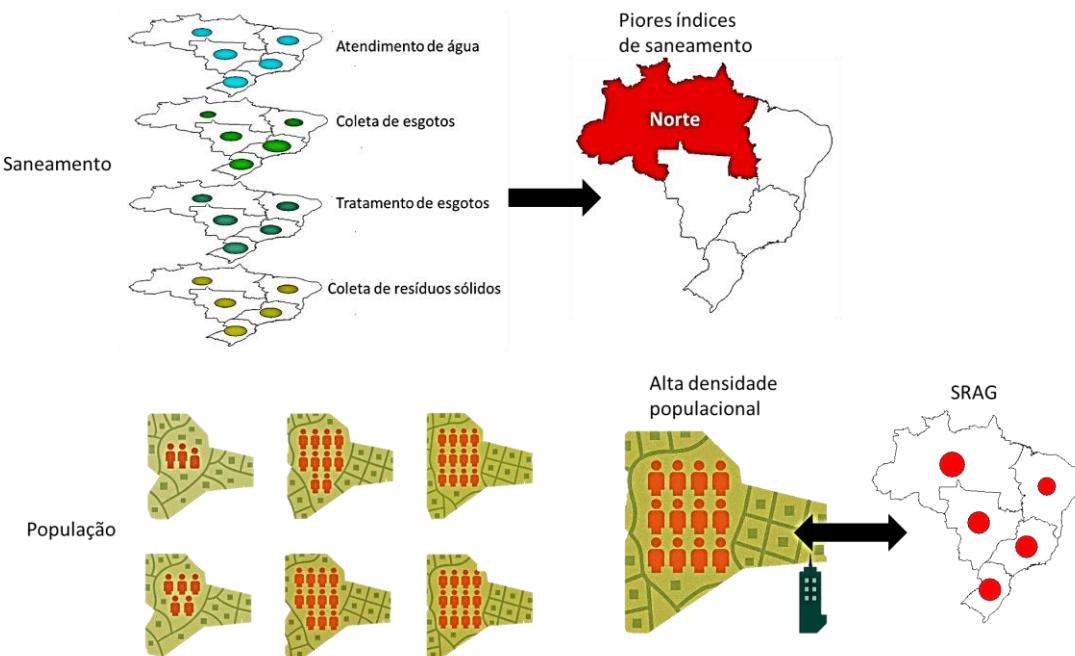
**Resultados** - Se concluyó que la incidencia de SRAG tuvo mayor relación con la densidad poblacional que con la calidad del saneamiento básico, sin que esto exima la necesidad de mejorar y mantener servicios de saneamiento de calidad. También se observó la necesidad urgente de adoptar medidas eficientes en la gestión, administración, estrategias preventivas e inversiones en saneamiento básico en los municipios, especialmente en la región Norte de Brasil.

**Contribuciones Teóricas/Metodológicas** La contribución es tanto teórica como metodológica, ya que se llevaron a cabo nuevas formas de abordaje y análisis de los datos del saneamiento brasileño, principalmente en lo que se refiere a la comparación de los índices de saneamiento entre municipios de diferentes regiones de Brasil y su correlación con los casos de SRAG.

**Contribuciones Sociales y Ambientales** – Los resultados comparativos evidencian la situación precaria del saneamiento en algunas regiones brasileñas y la necesidad urgente de mejoras en el sistema de gestión.

**PALABRAS CLAVE:** Salud ambiental. Marco Regulatorio del Saneamiento. Enfermedades epidémicas.

### RESUMO GRÁFICO



## 1 INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental é fundamental no desenvolvimento socioeconômico dos países, sendo constituído pelos serviços público de água (captação, transporte e abastecimento de água potável), esgoto (coleta, tratamento e disposição de esgotos), resíduos sólidos (coleta e destinação de resíduos sólidos urbanos) e drenagem urbana (captação, transporte e lançamento de águas pluviais). O sexto objetivo do desenvolvimento sustentável (OSD 6) da Organização das Nações Unidas é garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos, tendo como meta alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos até 2030 (United Nations, 2023, p. 24).

O governo brasileiro, em convergência com a ODS 6, promulgou em 2020, o Marco Legal do Saneamento (Brasil, 2020), que obrigou os poderes públicos municipais a planejarem os investimentos no saneamento básico municipal, a fim de atingir a universalização do saneamento até o ano de 2033.

No entanto, o planejamento do saneamento a nível nacional depende de informações que permitam um diagnóstico efetivo da atual situação para, posteriormente, planejar ações para atingir metas. Por isso, em 1996, foi criado o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com o intuito de se obter e disponibilizar dados que permitissem a realização de um diagnóstico preciso do saneamento no Brasil (Ministério das Cidades, 2023a).

Contudo, a coleta de dados pelo SNIS depende do preenchimento de formulários eletrônicos pelos próprios municípios, que muitas vezes não são preenchidos ou são preenchidos incorretamente. Isso pode ser observado nos próprios diagnósticos do SNIS, que é realizado somente a partir dos dados consistentes, ou seja, não abrange 100% dos municípios (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022, p. 8). Essa fragilidade do sistema é porque muitos municípios não preenchem o SNIS de forma correta, mas mesmo com dificuldades, esse trabalho é fundamental para caracterizar e diagnosticar o saneamento no Brasil (Oliveira; Medeiros, 2019, p. 753).

Sabe-se que a principal estratégia do saneamento, além de minimizar os impactos ambientais da poluição humana, é reduzir a disseminação de doenças oportunistas do ambiente e de veiculação hídrica. Já foi evidenciado que o aumento em 1,00% de acesso ao esgotamento sanitário, reduziu em 3,52% os custos das internações no Sistema Único Saúde (SUS) (Santos; Espírito Santo; Moura, 2021, p. 261). Somente os esgotos podem conter de 106 a 109 de bactérias termotolerantes, 104 a 107 de *Estreptococos fecais*, 102 a 104 de *Salmonella*, 10 a 105 de cistos de protozoários, 10 a 103 de ovos de helmintos, 102 a 104 de vírus (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018, p. 47). Mais recentemente, vários trabalhos têm demonstrado, inclusive, a presença do vírus SARS-CoVs nos esgotos (Bogler et al., 2020, p. 986), indicando que o saneamento é fundamental para a saúde pública.

Nesse contexto, considerando a alta incidência que já existe no Brasil das síndromes respiratórias agudas graves – SRAG (Fundação Oswaldo Cruz, 2023) a deficiência no saneamento pode contribuir para a disseminação de agentes patógenos.

Assim, caracterizar a atual situação do saneamento no Brasil e entender a sua relação com a disseminação de agentes infecciosos é essencial para a gestão em saúde pública, com redução de custos com tratamento e a mortalidade das pessoas mais vulneráveis e expostas às condições mais propícias ao processo infeccioso.

Deve-se, no entanto, ressaltar que a qualidade dos serviços de saneamento básico é

influenciada por diversos fatores (Soares; Bernardes; Cordeiro Netto, 2002, p. 1720) que incluem as condições ambientais e socioeconômicas dos municípios.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo neste trabalho foi caracterizar a qualidade do saneamento básico e os casos de síndrome respiratória aguda grave (SRAG) em municípios de diferentes populações das regiões brasileiras e avaliar a relação entre a qualidade do saneamento e os casos de SRAG.

## 3 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido a partir de dados quantitativos de 1.389 municípios, distribuídos em todas as regiões geográficas brasileiras. Portanto, a área de abrangência do estudo, compreende o território brasileiro, localizado entre as latitudes de 6º Norte e 34º Sul e entre as longitudes 30º e 75º Oeste.

O Brasil é composto por 5.570 municípios distribuídos em 27 Estados e 5 regiões geográficas (Norte/N, Nordeste/NE, Centro-Oeste/CO, Sudeste/SE e Sul/S). De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) a área oficial do território brasileiro é de 8.510.417,771 km<sup>2</sup>, com população residente de 203.062.512 de habitantes, resultando em densidade demográfica de 23,86 habitantes por km<sup>2</sup>.

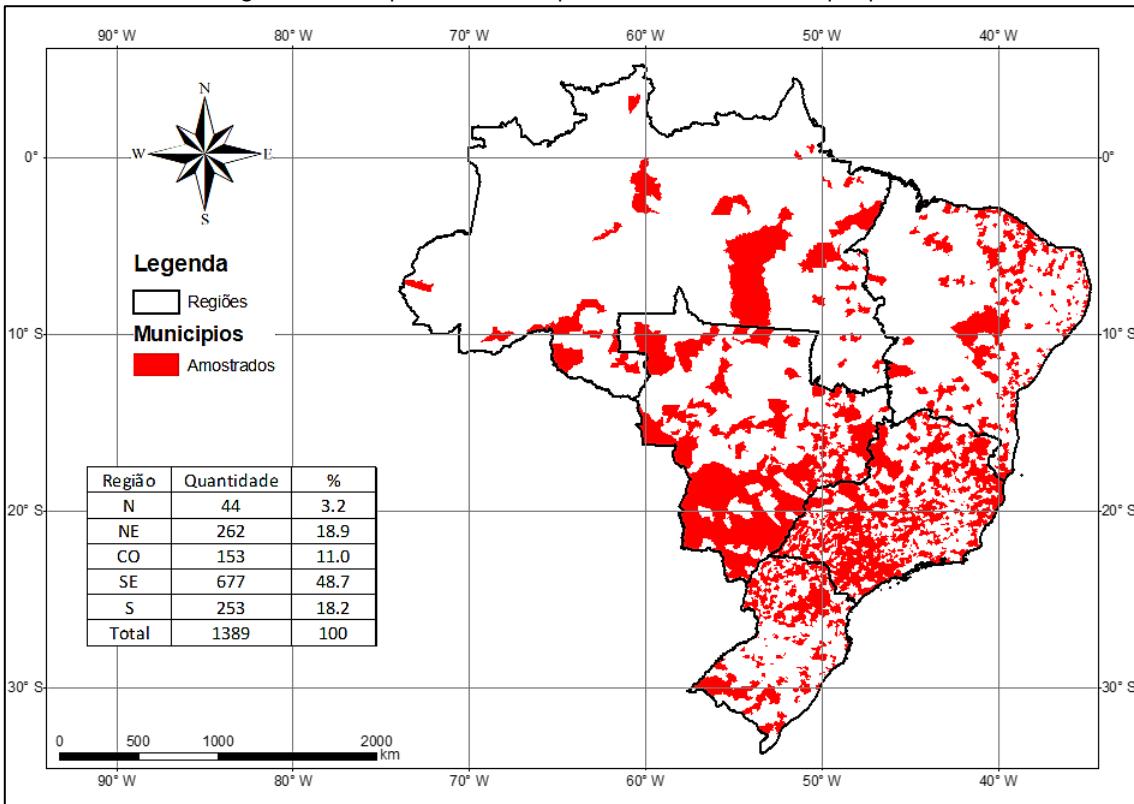
A metodologia compreendeu na avaliação de variáveis de qualidade do saneamento básico (índices) e de casos relativos de SRAG em municípios localizados nas diferentes regiões brasileiras e com diferentes populações.

A comparação dos indicadores de saneamento e de SRAG foi realizada com base nos fatores população municipal e região geográfica brasileira. Para isso realizou-se uma análise de variância em esquema fatorial 5 x 6, sendo o fator principal as 5 regiões (Norte/N, Nordeste/NE, Centro-Oeste/CO, Sudeste/SE e Sul/S) e o fator secundário os 6 estratos populacionais definidos na pesquisa (municípios de até 25.000, de 25.000 a 50.000, de 50.000 a 100.000, de 100.000 a 200.000, de 200.000 a 500.000 e com mais de 500.000 habitantes).

Inicialmente todos os municípios brasileiros foram selecionados para a pesquisa. No entanto, aqueles que apresentaram dados ausentes ou inconsistentes, mesmo que por um único indicador ou ainda duplicados foram excluídos da pesquisa, ou seja, 4.164 municípios com dados inconsistentes e 17 municípios com dados duplicados.

Dos municípios 1.389 municípios restantes que constituíram a amostra, foram classificados e distribuídos de acordo com os seguintes critérios: (1) abrangência de todas as regiões brasileiras; (2) abrangência de municípios com populações nos estratos de até 25.000, de 25.000 a 50.000, de 50.000 a 100.000, de 100.000 a 200.000, de 200.000 a 500.000 e com mais de 500.000 habitantes; (3) utilização de dados, obtidos de fontes dos órgãos oficiais brasileiros e/ou concessionárias de serviços públicos regionais ou microrregionais (Figura 1).

Figura 1 - Municípios amostrados para o desenvolvimento da pesquisa



Os indicadores de saneamento avaliados foram do ano de 2020, obtidos do banco de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (Ministério das Cidades, 2023b), sendo: índice de atendimento urbano de água, índice de coleta esgoto, índice de tratamento de esgoto e taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos em relação a população urbana (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2021).

Os dados dos índices dos serviços públicos regionais e microrregionais (com dados de indicadores agregados e desagregados), abrangendo prestadores dos serviços de saneamento de com as naturezas: (1) empresa de direito privado com administração pública, (2) empresas privadas e (3) empresas de direito público.

O índice de atendimento urbano de água (IUA) é calculado pela equação 01.

$$IUA = \frac{PUab}{PU} \cdot 100 \quad \text{Equação 01}$$

, em que:

IUA – Índice de atendimento urbano de água (%);

PUab – População urbana atendida com abastecimento de água (habitantes);

PU – População urbana residente do município no ano de referência dada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (habitantes).

O índice de coleta esgoto (ICE) é calculado pela equação 02.

$$ICE = \frac{VEC}{VAC - VATE} \cdot 100 \quad \text{Equação 02}$$

, em que:

ICE – Índice de coleta esgoto (%);

VEC – Volume de esgotos coletado (metros cúbicos);

VAC – Volume de água consumido (metros cúbicos).

VATE - Volume de água tratada exportado (metros cúbicos).

O índice de tratamento de esgoto (ITE) é calculado pela equação 03.

$$ITE = \frac{VET + VETI + VEBE}{VEC - VEBI} \cdot 100 \quad \text{Equação 03}$$

, em que:

ITE – Índice de tratamento esgoto (%);

VET – Volume de esgotos tratado (metros cúbicos);

VETI – Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador (metros cúbicos).

VEBE - Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador (metros cúbicos).

VEC - Volume de esgotos coletado (metros cúbicos).

VEBI - Volume de esgotos bruto importado (metros cúbicos).

A taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos em relação a população urbana (TCRS) é calculada pela equação 04.

$$TCRS = \frac{PUac}{PU} \cdot 100 \quad \text{Equação 04}$$

, em que:

TCRS – Índice de atendimento urbano de água (%);

PUac – População urbana atendida com coleta de resíduos sólidos (habitantes);

PU – População urbana residente do município no ano de referência dada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (habitantes).

A SRAG nos municípios foi avaliada pelos casos relativos (CR), a partir dos dados absolutos notificados (CAn) do ano de 2020, obtidos na base de dados do Ministério da Saúde (2022). Portanto, o indicador de síndrome respiratória aguda grave (SRAG) foi obtido a partir da equação 05.

$$CR = \left( \frac{CAn}{P} \right) \cdot 10^5 \quad \text{Equação 05}$$

, em que:

CR – Casos relativos de SRAG (casos por 100 mil habitantes);

CAn – Casos absolutos notificados de SRAG no município (número de casos);

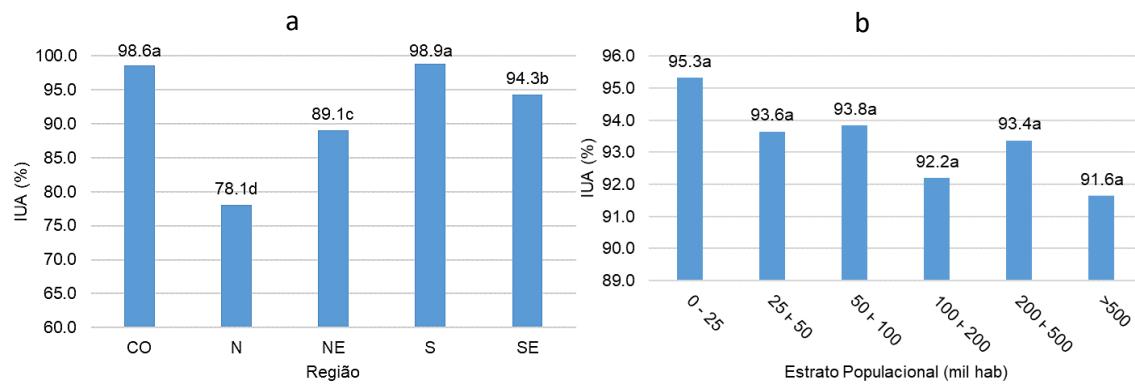
P – População residente do município (habitantes), no ano de referência de 2020, obtidos em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022).

Para caracterizar e comparar a qualidade do saneamento nos municípios, a metodologia estatística compreendeu a análise de variância dos fatores isolados (região e população) e da integração entre os fatores. Ao observar a probabilidade de significância (*p*) menor ou igual ao nível de significância (*a* = 0,05), prosseguiu-se com comparação entre as médias pelo Teste de Scott-Knott. A avaliação da relação entre a qualidade do saneamento e os casos relativos de SRAG foi por correlação cruzada, em que a significância dos coeficientes de correlação (*r*) foram avaliadas pelo teste de correlação de Pearson ao nível de 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do software SISVAR com versão 5.8/Build 92 (Ferreira, 2011, p. 1040).

## 4 RESULTADOS

As regiões brasileiras Centro-Oeste (98,6%) e Sul (98,9%) foram as de maiores índices de atendimento urbano de água (IUA), sendo significativamente superior ( $p<0,05$ ) às demais regiões brasileiras (Figura 2a).

Figura 2 – Comparação entre as médias do índice de atendimento urbano de água (IUA) para as regiões brasileiras (a) e estratos populacionais (b)



Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 13,2%.

Em média, as regiões com piores IUA e que ainda não atenderam os índices de universalização desse indicador (Brasil, 2020), foram a Norte (78,1%) e Nordeste (89,1%). Estes resultados corroboram com outros estudos (Penteado; Branchi, 2021, p. 13), onde as regiões Norte e Nordeste estão aquém dos 90% de abastecimento de água, enquanto as demais regiões apresentaram melhores resultados.

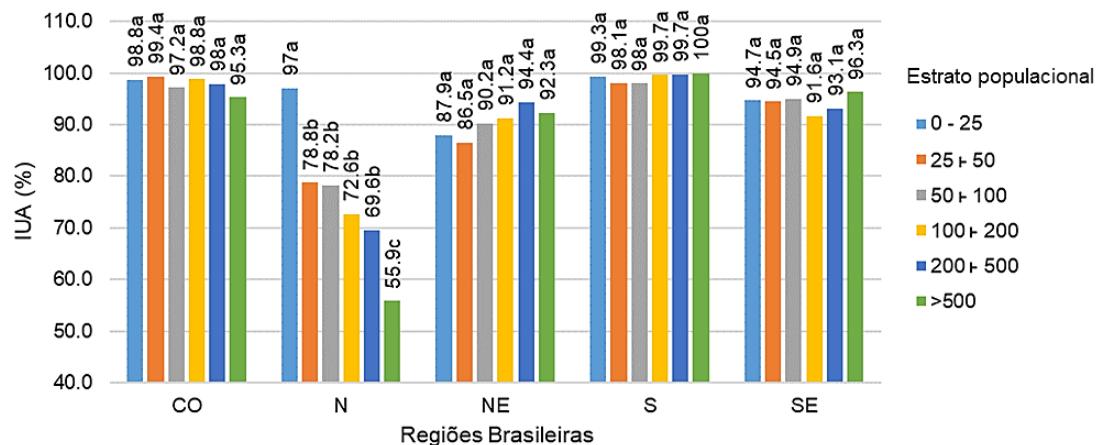
Com relação às médias gerais de IUA por estrato populacional (Figura 2b), observou-se que não houve diferenças significativas ( $p>0,05$ ), variando de 91,6%, para o estrato de municípios com mais de 500 mil habitantes, até 95,3%, para os municípios com menos de 25 mil habitantes.

Entretanto, quando avaliado o estrato populacional dentro de cada região brasileira (Figura 3), somente para a região Norte as médias foram diferentes entre si. Nessa região, a média de IUA dos municípios com mais de 500 mil habitantes foi menor, sendo significativamente inferior aos demais estratos populacionais.

Em média 84% das residências em 2019 tinham abastecimento de água no Brasil, mas a região Norte, apesar da melhora progressiva, foi a de pior índice (Penteado; Branchi, 2021, p. 6), corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho.

Dentre os desafios para a melhoria do saneamento básico na região Norte, pode-se destacar a extensão de seu território que corresponde a 45% de todo território brasileiro (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023) associado as áreas de florestas nativas e de várzeas (Nepomuceno; Vanzela; Silva, 2019, p. 174), situações que dificultam a sua implantação. Também se incluem nesses desafios da região, os baixos índices de governança pública e de eficiência no uso dos recursos públicos (Aquino et al., 2020, p. 216).

Figura 3 – Comparação entre as médias do índice de atendimento urbano de água (IUA) para os estratos populacionais, dentro das regiões brasileiras

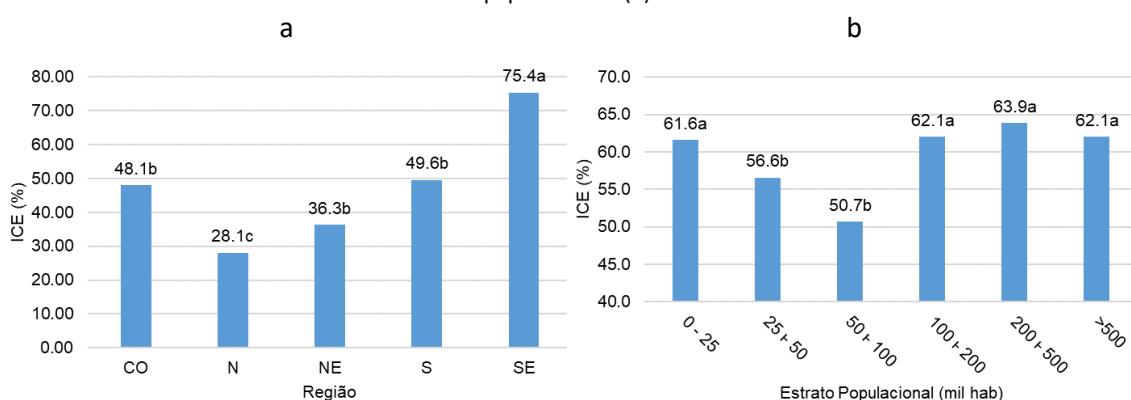


Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 13,2%.

Em média, somente os municípios de estratos populacionais de 25 a 50 mil habitantes da região Centro-Oeste e de 0 a 25, 100 a 200 e de 200 a 500 mil habitantes na região Sul já atingiram a meta de universalização no atendimento urbano de água potável estabelecido pelo Marco Legal do Saneamento de 99% (Brasil, 2020).

Na Figura 4a estão as médias do índice de coleta de esgoto (ICE) para as regiões brasileiras, onde a região Sudeste é a de maior média (75,4%), sendo significativamente superior as demais regiões ( $p<0,05$ ). A pior região, com relação a esse índice, também foi a região Norte (28,1%).

Figura 4 – Comparação entre as médias do índice de coleta de esgoto (ICE) para as regiões brasileiras (a) e estratos populacionais (b)



Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 43,4%.

Os resultados corroboraram novamente com outros estudos (Penteado; Branchi, 2021, p. 14), com relação aos menores ICE observados nas regiões Norte e Nordeste. O Brasil possui uma taxa equivalente a 59% de cobertura de esgoto, atingindo a quinquagésima quinta posição do ranking mundial, estando entre os 48% dos países no mundo que apresentam cobertura de esgoto inferior a 60% (Campos; Zukowski Junior, 2022, p. 139). Portanto, com exceção da região

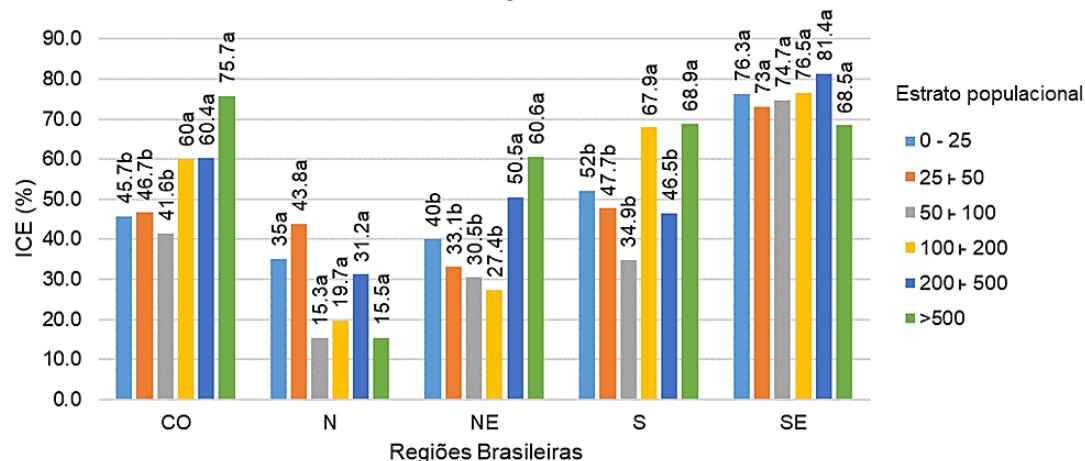
Sudeste, as demais regiões se enquadram no patamar desses países com baixas taxas de cobertura de coleta de esgotos.

O atendimento público de água sem as respectivas ligações à rede de coleta de esgoto e o seu posterior tratamento, contribui para a degradação dos recursos hídricos (Figueiredo; Ferreira, 2017, p. 16), evidenciando a importância da coleta adequada de esgotos.

Com relação ao ICE nos estratos populacionais (Figura 4b), observou-se que de 25 a 50 mil e de 50 a 100 mil habitantes foram os de menores médias (50,7% e 56,6%, respectivamente), sendo significativamente inferiores aos demais, que variaram de 61,6% a 63,9%.

No desdobramento dos estratos populacionais dentro de cada região (Figura 5), com exceção da região Sudeste que demonstra certa uniformidade, pode-se observar que há uma tendência geral de piora dos ICE conforme se diminui o estrato populacional.

Figura 5 – Comparaçao entre as médias do índice de coleta de esgoto (ICE) para os estratos populacionais, dentro das regiões brasileiras.



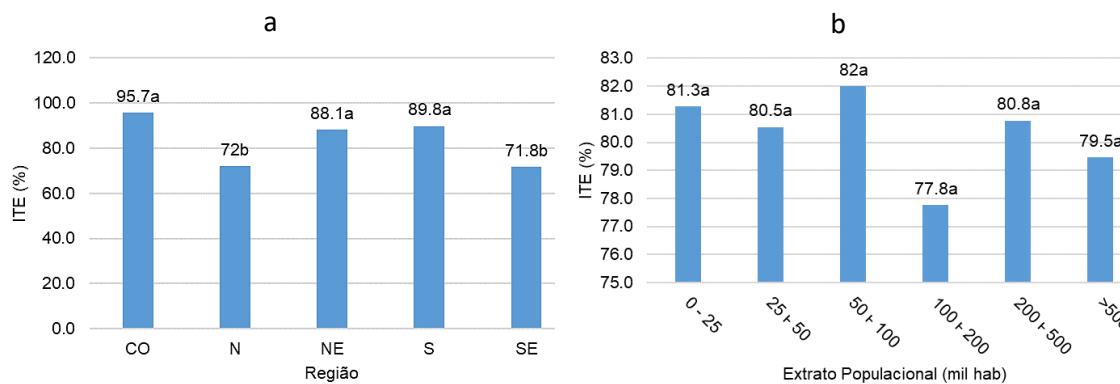
Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 43,4%.

Os municípios com menos de 45 mil habitantes possuem maiores deficiências e isso se deve a vários fatores, dentre os quais, os financeiros, ambientais e (Santos et al., 2018, p. 248). Com relação à universalização da coleta de esgotos, a região Sudeste é a que apresenta o ICE médio mais próximo a meta de mínimo de 90% até o ano de 2033, estabelecido pelo Marco Legal do Saneamento (Brasil, 2020).

Na análise do tratamento de esgotos, as regiões Centro-Oeste (95,7%), Sul (89,8%) e Nordeste (88,1%) foram as que apresentaram maiores médias de ITE, sendo significativamente superior ( $p<0,05$ ) as regiões Norte (72,0%) e Sudeste (71,8%) (Figura 5a).

Porém, como ITE se refere somente aos esgotos coletados, mesmo a região Sudeste sendo a de menor ITE, ainda é a que mais trata esgotos em quantidade absoluta porque é a de maior ICE. Isso pode ser observado pelo produto das médias de ICE com ITE, obtendo-se o seguinte resultado em ordem decrescente: 54,1% para o Sudeste, 46,0% para a região Centro-Oeste, 44,5% para a região Sul, 32,0% para a região Noroeste e 20,2% para a região Norte. Estes resultados são similares aos dados brutos do SNIS, em que os percentuais de esgotos tratados são de 20,6% no Norte, 35,5% no Nordeste, 58,6% no Sudeste, 46,7% no Sul e 60,5% no Centro-Oeste (Trata Brasil, 2022).

Figura 5 – Comparação entre as médias do índice de tratamento de esgoto (ITE) para as regiões brasileiras (a) e estratos populacionais (b).



Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 43,1%.

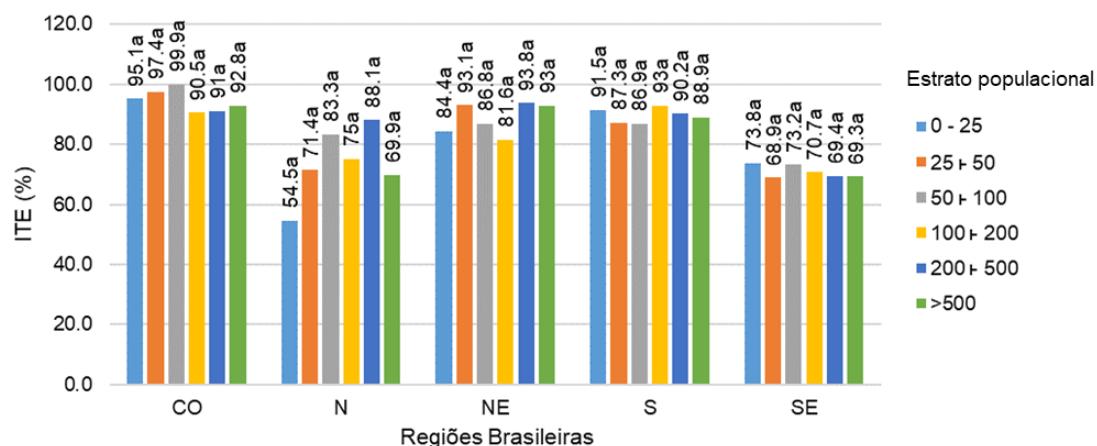
Quando comparadas as médias do ITE entre os estratos populacionais (Figura 5b), verifica-se que não houve diferenças significativas ( $p>0,05$ ) e variaram de 77,8%, em municípios de 100 a 200 mil habitantes, até 82,0%, para municípios com 50 a 100 mil habitantes.

Uma das dificuldades do esgotamento sanitário é a baixa rentabilidade que as companhias de saneamento encontram para expandir o atendimento em locais de baixa densidade populacional (Penteado; Branchi, 2021, p. 14). Normalmente, os melhores resultados de índices de saneamento ocorrem nas regiões de maior densidade populacional (Araújo, Camargo; Torres Neto, 2022, p. 2945), que favorece maior arrecadação e recursos para a melhoria dos serviços de saneamento.

Outro fator agravante é a falta de comprometimento dos cidadãos em exercer a cidadania, além do reflexo da cultura política na sociedade. Se a população em todos os municípios, sem distinção, trabalhasse ativamente em prol do desenvolvimento de ações relativas ao saneamento, ela seria uma nação autora de progresso (Souza, 2016, p. 155).

No desdobramento dentro das regiões (Figura 6), também não se observaram diferenças significativas entre os estratos populacionais, fato que demonstra uma uniformidade nesse índice, para municípios da mesma região.

Figura 6 – Comparação entre as médias do índice de tratamento de esgoto (ITE) para os estratos populacionais, dentro das regiões brasileiras.



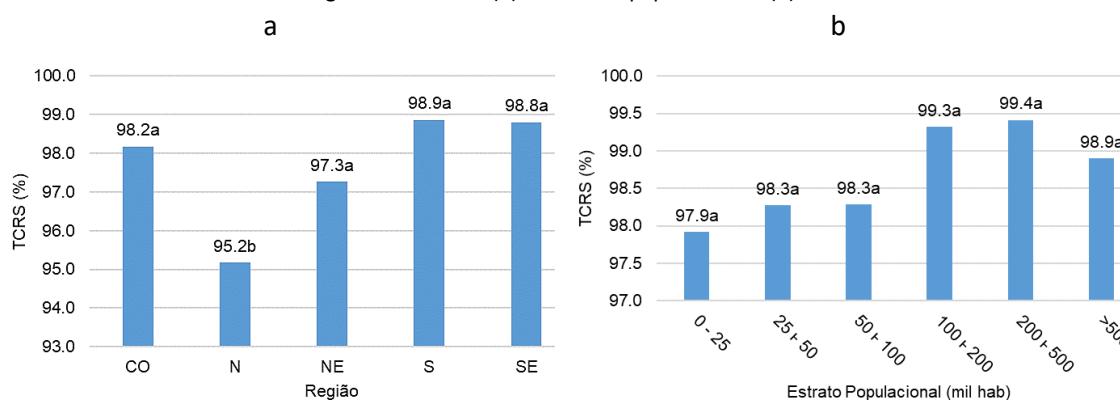
Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 43,1%.

O quesito tratamento de esgotos ainda é o mais atrasado e distante da meta de universalização estabelecida no Marco Legal do Saneamento (Brasil, 2020), em que os municípios devem tratar um mínimo de 90% dos esgotos coletados.

O maior desafio das metas estabelecidas no Marco Legal do Saneamento é o alto investimento necessário para a coleta e tratamento de esgotos (KPMG, 2020, p. 38), sendo necessário R\$ 354 bilhões para expandir a infraestrutura atual e atingir a universalização até 2033, sem considerar os efeitos de depreciação ao longo do tempo. Além disso, mais R\$ 255 bilhões precisariam ser investidos para manter a infraestrutura já existente até 2033.

Com relação a taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares (TCRS), a região Norte foi a de menor média (95,2%), sendo significativamente superior as demais regiões ( $p<0,05$ ) (Figura 7a).

Figura 7 – Comparação entre as médias da taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares (TCRS) para as regiões brasileiras (a) e estratos populacionais (b).



Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 6,2%.

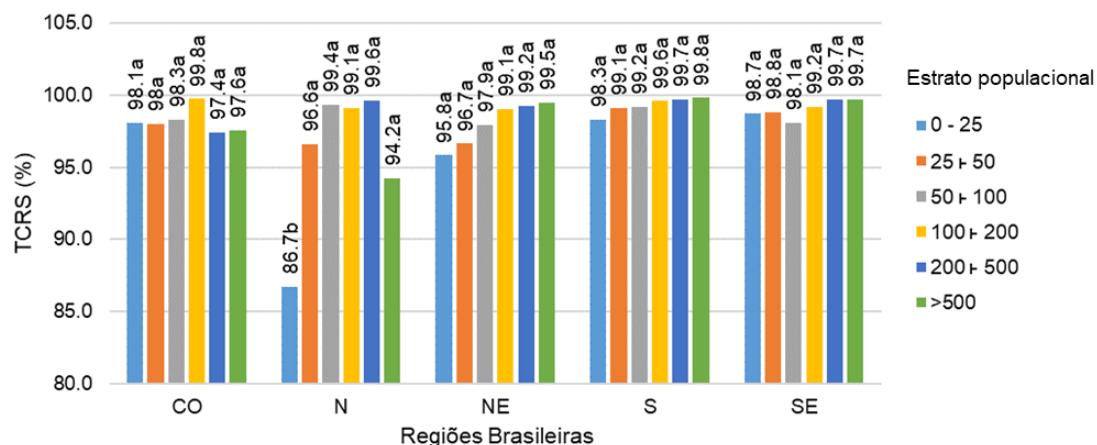
A pior situação da TCRS registrada na região Norte é preocupante por ser um ambiente amazônico, com altas taxas pluviométricas, altas temperaturas, predominância de logística hidroviária e outros fatores (Oliveira; Medeiros, 2019, p. 755), que potencializam os impactos ambientais negativos. Nessa região, mesmo com uma boa TCRS, os mesmos autores observaram predominância de destinação dos resíduos sólidos urbanos ainda em lixões a céu aberto (média de 71%), o que acarreta impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

As médias da TCRS nos estratos populacionais (Figura 7b) variaram de 97,9%, para populações abaixo de 25 mil habitantes, a 99,4%, para o estrato de 200 a 500 mil habitantes, sem, no entanto, diferirem significativamente ( $p>0,05$ ).

Mas as dificuldades em que cidades menores enfrentam na limpeza urbana é evidente, principalmente nas de menos de 20 mil habitantes (Andrade; Ferreira, 2011, p. 17). A possível solução, ao exposto anteriormente, seria adotar políticas que viabilizassem a reutilização de resíduos orgânicos por meio da compostagem e a biometanização, revertendo-os em geração de empregos, adubo orgânico e energia limpa (Zago; Barros, 2019, p. 226). Do mesmo modo, outra opção seria o compartilhamento de recursos na busca de soluções consorciadas ou conveniadas, prática essa recomendada no Marco Legal do Saneamento (Brasil, 2020).

Na comparação entre as médias da TCRS dos estratos populacionais dentro de cada região (Figura 8), observou-se que somente na região Norte, o estrato de 0 a 25 mil habitantes foi significativamente inferior aos demais ( $p<0,05$ ).

Figura 8 – Comparação entre as médias da taxa de cobertura da coleta resíduos sólidos domiciliares (TCRS) para os estratos populacionais, dentro das regiões brasileiras.



Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 6,2%.

Observa-se que a cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares é acima de 95% dos domicílios em todas as regiões brasileiras, independentemente do tamanho populacional. No entanto, isso não garante a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares, já que em 2020, 62,4% desses resíduos na região Norte, 42,2% na região Nordeste, 40,1% da região Centro-Oeste, 12,5% na região Sudeste e 4,5% na região Sul, foram dispostos de forma inadequada em lixões a céu aberto ou aterros controlados (Ministério de Desenvolvimento Regional, 2022).

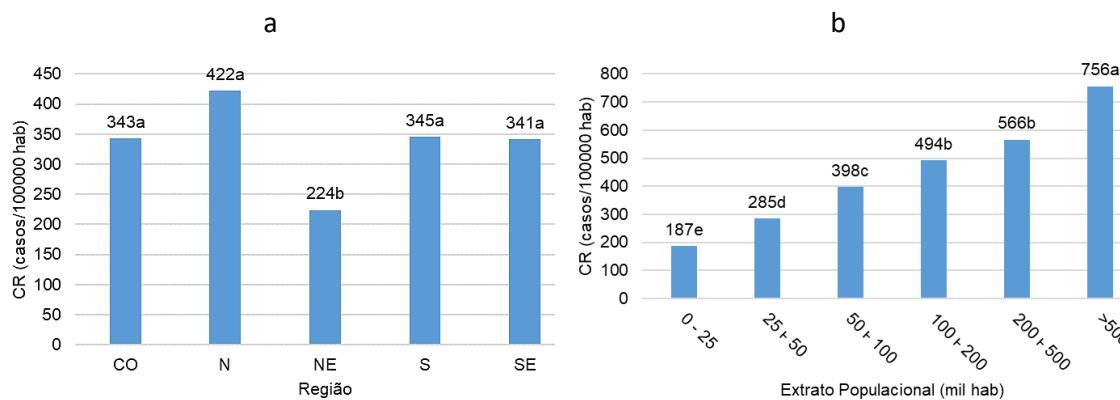
Os problemas encontrados nos municípios, com relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, são mais graves nos de menor população. Dentre os principais entraves enfrentados e estão a falta de balanças para pesagem dos resíduos sólidos urbanos, falta de ade são à iniciativas de educação ambiental, déficit de estudos adequados para o Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (SGIRSU), embates políticos, ausência de investimentos compatíveis na área, pouca qualificação técnica e, em muitas cidades, os aterros sanitários são discriminados como lixões a céu aberto, cujas informações podem distorcer as estatísticas oficiais (Oliveira; Medeiros, 2019, p. 755).

O principal desafio para os municípios, em relação a disposição de resíduos sólidos domiciliares, é que o Marco Legal do Saneamento (Brasil, 2020) estabeleceu a disposição ambientalmente correta até agosto de 2024. Mas para o cumprimento dessa meta os municípios deverão enfrentar os seguintes desafios: falta de comprometimento da escala de planejamento federal em termos de destinação de orçamento e implementação de políticas públicas para alcançar as metas; incapacidade técnica e financeira da maioria dos municípios em atenderem as exigências; arrecadação insuficiente para instalar e operar as soluções ambientalmente adequadas em pequenos municípios; e a falta de equipes técnicas multidisciplinares capacitadas para atuar na elaboração de planos e execução do gerenciamento dos resíduos sólidos (Queiroz; Pinto Filho, 2022, p. 14). Soma-se a isso, a inviabilidade econômica dos aterros sanitários pela

falta de escala de produção de resíduos em municípios de pequeno porte (Szigethy; Antenor, 2020, p. 6).

No tocante aos casos relativos de SRAG (CR) por região brasileira, a menor média observada foi de 224 casos por 100 mil habitantes na região Nordeste, sendo significativamente inferior as demais regiões (Figura 9a). A média das demais regiões não se diferiram entre si ao nível de 5% de significância.

Figura 9 – Comparação entre as médias dos casos relativos de síndromes respiratórias agudas (CR) para as regiões brasileiras (a) e estratos populacionais (b).

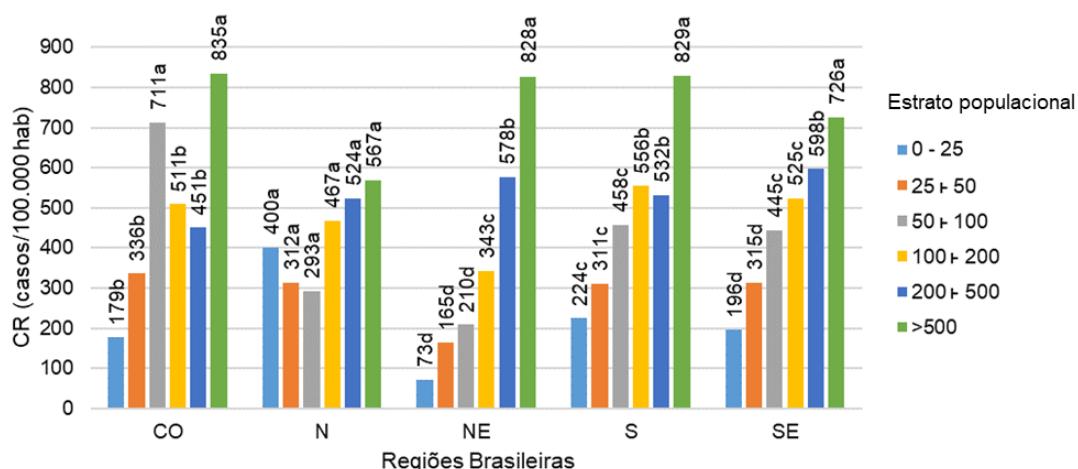


Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 103,7%.

Com relação aos estratos populacionais, verificaram-se diferenças significativas entre as médias de CR ( $p<0,05$ ). Houve tendência de redução significativa dos valores médios de CR conforme reduz o estrato populacional, em que a maior média foi observada para a faixa de acima de 500 mil habitantes (756 casos por 100 mil habitantes), seguida dos demais estratos (Figura 9b).

No desdobramento das médias dos estratos populacionais dentro das regiões (Figura 10), verificou-se a mesma tendência de redução das médias de CR com o estrato populacional.

Figura 10 – Comparação entre as médias dos casos relativos de síndromes respiratórias agudas (CR) para os estratos populacionais dentro das regiões brasileiras.



Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ) e coeficiente de variação de 103,7%.

Esse comportamento está associado a maior facilidade de transmissibilidade de vários vírus em municípios com maior densidade demográfica, conforme observado pela distribuição dos casos e óbitos notificados de SRAG por regionais da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais foi heterogênea, com número maior de casos em regionais que possuem municípios que são considerados polos regionais, com maior densidade demográfica (Goulart et al., 2023). Isso ocorre porque a maior densidade demográfica favorece a proximidade entre as pessoas e a transmissão por gotículas, das quais podem levar à infecção de uma pessoa exposta após o contato com objetos ou superfícies sobre as quais tenham sido lançadas ou projetadas, caracterizando a transmissão por contato indireto (Reinhardt, 2022).

A análise da correlação entre os índices de saneamento e CR pode nos resultados da Tabela 1. Observa-se que houve correlações significativas ( $p<0,05$ ) entre CR e ICE para os municípios das regiões Nordeste e Sudeste, bem como entre CR e IUA nos municípios com estratos de 25 a 50, 50 a 100 e acima de 500 mil habitantes e entre CR e ICE nos municípios de estratos populacionais de 25 a 50, 100 a 200, 200 a 500 e acima de 500 mil habitantes.

Tabela 1 – Correlação cruzada entre os casos relativos de síndrome respiratória aguda grave (CR) e as variáveis do saneamento.

Região	IUA	ICE	ITE	TCRS
N	0,127	-0,010	0,296	0,106
NE	0,061	0,129*	0,006	0,093
CO	0,045	-0,069	0,040	-0,006
SE	0,057	0,102*	0,068	0,043
S	0,015	0,092	0,120	-0,069
Estrato	IUA	ICE	ITE	TCRS
0 - 25	0,041	0,002	0,057	-0,006
25 + 50	0,112*	0,188*	0,043	0,057
50 + 100	0,156*	0,117	0,067	-0,020
100 + 200	0,123	0,192*	0,106	0,100
200 + 500	0,073	0,222*	0,094	0,046
>500	0,304*	0,433*	0,214	0,039

\*Significativo a 5% pelo teste de correlação de Pearson.

As correlações foram significativas ( $p<0,05$ ) e positivas para IUA e ICE, indicando uma tendência de que onde o saneamento é melhor há maiores casos relativos de SRAG. Estes resultados, embora pareçam contraditórios, podem ser explicados pela relação entre qualidade do saneamento e a densidade populacional. Como já evidenciado, de uma forma geral, quanto menor o município maior são dificuldades no saneamento (Penteado; Branchi, 2021, p. 14; Oliveira; Medeiros, 2019, p. 753). E o inverso também tende a ocorrer, em que municípios de maior porte (maior estrato e densidade demográfica) possuem índices de saneamento mais elevados.

Dentro de cidades com altas densidades populacionais, os maiores níveis de acesso ao saneamento básico apresentaram menores taxas de incidência e mortalidade pela COVID-19 (Ferreira; Silva; Figueiredo Filho, 2021, p. 1083), ou seja, o saneamento de qualidade está associado a menores níveis de casos e óbitos.

Portanto, como a amostragem neste trabalho compreendeu municípios de diferentes estratos populacionais, as suas diferentes densidades demográficas podem ter sobreposto a

influência da qualidade do saneamento básico, devido ao meio principal de transmissão estar relacionado com a densidade demográfica (Goulart et al., 2023).

Dessa forma entende-se que é necessário melhorar os índices de qualidade em saneamento na busca pela universalização, evitando disseminações de patógenos via água ou esgoto. Porém, essa ação isolada não garante um efetivo controle da transmissão de SRAG, se as medidas que impeçam a transmissão facilitada pela alta densidade demográfica não forem implementadas.

## 5 CONCLUSÃO

O atendimento de água potável está mais próximo da universalização nas regiões Centro-Oeste e Sul, independentemente do tamanho populacional. Os municípios da região Norte, especialmente os de mais de 500 mil habitantes, são os mais críticos em relação ao atendimento de água potável.

A coleta de esgotos está mais avançada nos municípios da região Sudeste, independentemente do tamanho populacional, quando comparado com as demais regiões brasileiras, sendo a região Norte a mais crítica.

O tratamento dos esgotos coletados está melhor nas regiões Centro-Oeste, Sul e Nordeste. Todavia, sabendo-se que a região Sudeste é a que mais coleta e trata esgotos em valores absolutos. Este é o quesito que mais precisa ser melhorado do saneamento dos municípios brasileiros para atingir a universalização.

A cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares é o índice de saneamento de melhor desempenho dos municípios brasileiros, independentemente do tamanho populacional. Entretanto, a destinação ambientalmente adequada ainda continua crítica, necessitando de atenção especial pelo poder público.

A ocorrência relativa de síndrome respiratória aguda grave foi maior nos municípios das regiões Norte, Sul, Sudeste e Centro-Oeste e aumenta com o tamanho populacional dos municípios, especialmente nos de mais de 500 mil habitantes. Sua incidência teve mais relação com o tamanho populacional do que com a qualidade do saneamento básico, o que não exime sua disseminação e contaminação por deficiência no saneamento básico. Portanto, os resultados demonstram que em municípios de alta densidade populacional, além do saneamento de qualidade, é necessário a implementação de outras medidas preventivas.

Finalmente destaca-se a importância e necessidade de implementação de medidas emergenciais de gestão, gerenciamento e investimentos no saneamento em municípios da região Norte do Brasil, independentemente do tamanho populacional.

## 6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDRADE, R. M.; FERREIRA, J. A. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA*, v. 6, n. 1, p. 7-22, 2011.

AQUINO, C. V. M. G.; SILVA, C. R. M.; VASCONCELOS, L. R. S.; CASTELO, J. L. Governança Pública dos Municípios Brasileiros. *Gestão & Regionalidade*, v. 37, n. 110, p. 203-220, 2021.

ARAUJO, L. F.; CAMARGO, F. P.; TORRES NETTO, A. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 27, n. 7, p. 2935- 2947, 2022.

BOGLER, A.; PACKMAN, A.; FURMAN, A.; GROSS, A.; KUSHMARO, A.; RONEN, A.; DAGOT, C.; HILL, C.; VAIZEL-OHAYON, D.; MORGENROTH, E.; BERTUZZO, E.; WELLS, G.; KIPERWAS, H. R.; HORN, H.; NEGEV, I.; ZUCKER, I.; BAR-OR, I.; MORAN-GILAD, J.; BALCAZAR, J. L.; BIBBY, K.; ELIMELECH, M.; WEISBROD, N.; NIR, O.; SUED, O.; GILLOR, O.; ALVAREZ, P. J.; CRAMERI, S.; ARNON, S.; WALKER, S.; YARON, S.; NGUYEN, T. H.; BERCHENKO, Y.; HU, Y.; RONEN, Z.; BAR-ZEEV, E. Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 981–990, 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm). Acesso em 01 nov. 2023.

CAMPOS, V.C.; ZUKOWSKI JUNIOR, J.C. Avaliação do índice de cobertura de esgoto no Mundo no Período de 2000 a 2020: Situação do Indicador nos países e importância do monitoramento desta informação. **International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science (IJLRHSS)**, v. 5, n. 5, p. 135-143, 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fundamentos do controle de poluição das águas**. São Paulo: CETESB, 2018. 218p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D.; SILVA, L.; FIGUEIREDO FILHO, D. B. Saneamento importa? Uma análise da relação entre condições sanitárias e COVID-19 nas capitais brasileiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 1079–1084, 2021.

FIGUEREDO, F. F; FERREIRA, J. G. O saneamento básico no Nordeste e no Rio Grande do Norte: avanços e constrangimentos. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 17, 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/23431>. Acesso em 14 out. 2023.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Monitoramento de casos de síndrome respiratória aguda grave (SRAG) notificados no SIVEP-Gripe**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2023. Disponível em: <http://info.gripe.fiocruz.br/>. Acesso em: 1 nov. 2023.

GOULART, L. F. M.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, L. D. S. C.; SIMONATO, L. E.; FRIAS, D. F. R. Perfil epidemiológico dos casos de síndrome respiratória aguda grave no estado de Minas Gerais, Brasil, 2020 a 2021. **Vigilância Sanitária em Debate**, v.11, p. e02062, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama dos estados da região norte do Brasil**. IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/panorama>. Acesso em: 27 set. 23.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabelas – 2020. Estimativa da População enviadas ao TCU**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=resultados>. Acesso em: 25 out. 2022.

KPMG. **Quanto custa universalizar o saneamento no Brasil?** São Paulo: KPMG, 2020. 21p. Disponível em: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/br/pdf/2020/07/kpmg-quanto-custa-universalizar-o-saneamento-no-brasil.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Brasília: Ministério das Cidades, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/snis>. Acesso em 01 nov. 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diagnósticos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2023b. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snisi-diagnosticos\\_snis](https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snisi-diagnosticos_snis). Acesso em 30 nov. 2023.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Glossário de Indicadores - Água e Esgotos: Indicadores econômico-financeiros e administrativos 2020**. Brasília: SNIS, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snisi/glossario\\_Indicadores\\_AE2020.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snisi/glossario_Indicadores_AE2020.pdf). Acesso em: 04 jul. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos/Infraestrutura - ano de referência: 2020**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022, 50p.

Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snus/diagnosticos-anteriores-do-snus/residuos-solidos-1/2020>. Acesso em: 1 nov. 2023.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE. SRAG 2020 – Banco de dados de síndrome respiratória aguda grave.** Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/srag-2020>. Acesso em: 08 out. 2022.

NEPOMUCENO, A. P. D. C.; VANZELA, L. S.; SILVA, J. R. Dificuldades no saneamento básico em cidades desenvolvidas sobre áreas de várzeas: estudo de caso no município de Afuá – PA. In: **Análise Crítica da Ciências da Saúde 2.** SILVA NETO, R.B. (Org.). v.2, p. 159-175. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

OLIVEIRA, B. O. S.; MEDEIROS, G. A. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos estados da região norte, Brasil. **Revista Valore**, v. 4, n. 1, p. 749-761, 2019.

PENTEADO, T. B.; BRANCHI, B. A. O acesso à água e saneamento na promoção do desenvolvimento humano. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 14, n. 35, p. 1-15, 2021.

QUEIROZ, J. H. M.; PINTO FILHO, J. L. O. Desafios dos municípios brasileiros de pequeno porte para atendimento à lei N° 12.305/2010. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 19, n. 41, p. 46-63, 2022.

REINHARDT, É. L. Transmissão da COVID-19: um breve reexame das vias de transmissão por gotículas e aerossóis. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 47, p. ecov3, 2022.

SANTOS, F. F. S.; DALTRÔ FILHO, J.; MACHADO, C. T.; VASCONCELOS, J. F.; FEITOSA, F. R. S. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1, p. 241-251, 2018.

SANTOS, J. C. N.; ESPERIDIÃO, F.; MOURA, F.R. Saneamento básico e os custos na saúde pública: uma análise para a região Nordeste do Brasil. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 18, n. 31, p. 249-264, 2021.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, v.18, n. 6, p. 1713-1724, 2002.

SOUZA, C. M. N. Participação dos cidadãos e saneamento básico: panorama da legislação nacional. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 63, p. 141–158, 2016.

TRATA BRASIL (org). **Esgoto.** São Paulo: Trata Brasil, 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/esgoto/>. Acesso em 01 nov. 2023.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2023: Special edition.** New York: United Nations, 2023. 80 p. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210024914>. Acesso em: 05 jan. 2024.

SZIGETHY, L; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos.** São Paulo: IPEA, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/en/topics/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 01 nov. 2023.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. de V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n.2, p. 219-228, 2019.