

## I-282 - ANÁLISE DOS DADOS E IMPACTOS CAUSADOS PELAS PERDAS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO NO BRASIL COM OS DADOS DO SNIS ATRAVÉS DO SOFTWARE R

### **Naevio Mendonça Rezende Neto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Eletricista pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco (DEE/UFPE). Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PPGRH/UFPE- Prof.Água). Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

### **Anderson Luiz de Almeida Pereira<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PPGRH/UFPE- Prof.Água). Técnico em Geociências no Serviço Geológico do Brasil (SGB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Cruz Cabugá, 1387 - Santo Amaro, Recife - PE - CEP: 50040-000- Brasil - Tel: +55 (81) 3412-9405 - e-mail: naevioneto@compesa.com.br

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. Sul, 2291, Afogados, Recife/PE - CEP 50770-011 - Brasil - Tel: +55 (81) 3316-1474

### **RESUMO**

Esse texto inspirado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (principalmente a ODS 6), busca apresentar em forma de síntese os impactos causados pelas perdas de água nos sistemas de abastecimento utilizando os indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS como parâmetros dos impactos. Os dados compilados são os disponíveis no SNIS para o período que se estende de 2000 até 2021. O software R utilizado para a realização da análise dos dados e avaliando-se os diferentes perfis, por suas diferentes naturezas de prestação de serviço, regionalização, impactos, cenários além de se avaliar subjetivamente as tendências propondo novos indicadores de performance.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perdas, Software R, SNIS, ODS 6, Novo Marco Regulatório.

### **INTRODUÇÃO**

As mudanças comportamentais da sociedade em torno de um desenvolvimento econômico centrado em sustentabilidade passaram de uma mera tendência local para unanimidade mundial. Essa preocupação foi introduzida com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ONU, 2000) e aprofundada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas - ONU (ONU, 2015). Baseando-se nisso, associa-se ao aumento eficiência das concessionárias do serviço de tratamento e distribuição de água, cuja regulação e mudanças organizacionais para o setor passaram a ter protagonismo com o Novo Marco do Saneamento (BRASIL, 2020), na busca para elevar as parcelas totais da população com atendimento por água encanada e coleta e tratamento de esgoto dos atuais 84,1% e 55,0% (SNIS, 2021), respectivamente, para atender 99% para água e 90% com esgotamento a população do Brasil até 2033 (ou 2040). A lei atualiza o marco de 2000, buscando acelerar a universalização, provavelmente motivada pelos tímidos avanços que o país deu em relação ao esgotamento (o Plano Nacional do Saneamento - PLANASA já estabelecia a meta de 50% da população com esgotamento em 1980). Pode-se considerar que além da baixa eficiência e as elevadas perdas possam ser os principais motivos pela busca de uma nova regulação para o setor.

Os elevados índices de perdas (atualmente nacionalmente em torno de 40,14%), pode ser relacionada com os resultados da política de expansão do setor sem se preocupar com a sua plena operação, que teve o seu “boom” com a instauração do PLANASA (TUROLLA, 2002).

No início do século XX a *International Water Association* IWA, constituiu um grupo-tarefa para estudar e propor uma padronização mundial de terminologia e indicadores de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água (*Water Loss Specialist Group* – WLSG) avaliando suas consequências, que são



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



multilaterais, podendo causar danos políticos, econômicos (para as entidades e sociedade), sociais, de saúde pública, legais e ambientais (ABES, 2015).

A GO ASSOCIADOS, uma entidade que avalia anualmente informações de perdas no Brasil, em um relatório publicado em 2023, avaliou conjuntamente com dados da *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* - IBNET e classificou os índices de perdas comparando com outros países, onde o Brasil obteve indicadores de perdas piores que do Quênia, Camarões, Peru e Nepal (GO ASSOCIADOS, 2022).

## OBJETIVOS DO TRABALHO

O SNIS é uma plataforma brasileira implantada em 1995 que visa coletar, compilar e disponibilizar dados relacionados ao setor de saneamento básico no país. Gerenciado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o Sistema atua como um instrumento central para o monitoramento e a avaliação da prestação de serviços de água e esgoto. Ele reúne informações detalhadas sobre a infraestrutura, operação, qualidade e eficiência dos serviços de saneamento, permitindo a análise de indicadores cruciais. Esses dados são fundamentais para embasar políticas públicas, orientar investimentos, promover transparência e possibilitar a tomada de decisões para a melhoria do saneamento básico em todo o território nacional.

O SNIS é preenchido anualmente pelos prestadores locais, regionais ou microrregionais com informações do ano anterior. Os relatórios publicados anualmente se referem aos dados de dois ciclos (anos) anteriores. Ressalta-se que os dados informados ao SNIS não são auditados, porém funcionam como uma ótima base para realização de diagnósticos do setor. O preenchimento do SNIS passou a ser requisito de repasse de recursos por parte do governo federal, conforme estabelecido pelo Decreto nº 10.588, de 24 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020), revogado pelo Decreto Nº 11.599, de 12 de julho de 2023 (BRASIL, 2023) porém com a exigência mantida.

O trabalho proposto buscou obter correlações entre os indicadores técnicos da IWA com os dados disponibilizados pelo SNIS, além de contabilizar quais os efetivos custos financeiros causados pelas perdas aos prestadores serviço pelos encargos e custos adicionais devidas as perdas reais.

O IWA apresenta as perdas em dois gêneros conforme efeitos e causas compiladas na tabela abaixo por Tardelli (TARDELLI, 2006).

**Tabela 1. Causas e efeitos das perdas. Fonte: adaptado de TARDELLI FILHO, 2006.**

Causas e efeitos	Tipo de perdas	
	Reais	Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição Consumo não medido Furtos da rede de distribuição
Custos associados ao volume de água perdido	Custos de produção da água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	Desperdício de recursos naturais; Maiores impactos ambientais devido à necessidade de exploração dos mananciais	Não é relevante
Efeito na saúde pública	Riscos de contaminação	Não é relevante
Ponto de vista empresarial	Perda de produto “industrializado	Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	Imagem negativa da empresa, associada ao desperdício e ineficiência	Não é uma preocupação imediata
Efeitos finais no consumidor	Repasse de custos à tarifa; Desincentivo ao uso racional da água	Repasse de custos à tarifa; Incitamento ao roubo e fraudes

Onde a obtenção das perdas reais e aparentes podem ser realizadas utilizando-se os conceitos apresentados pela IWA, através da realização do balanço hídrico (ALEGRE, 2006), conforme esquematizado no quadro abaixo:

**Tabela 2. Balanço Hídrico. Fonte: IWA.**

VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (inclui água exportada)	ÁGUAS FATURADAS	
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos não medidos faturados (estimados)		Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)
	CONSUMOS NÃO AUTORIZADOS	Perdas Aparentes (Comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes)		ÁGUAS NÃO FATURADAS
			Falhas do sistema comercial		
Submedição dos hidrômetros					
Perdas Reais (Físicas)	Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição				
	Vazamentos nos ramais prediais				
	Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos				

Os indicadores do SNIS que possuem correlação direta ou indireta ao volume disponibilizado (e consequente ao volume perdido) são:

**Tabela 3. Indicadores correlacionados direta e indiretamente as perdas.**

Código	Descrição
IN005	Tarifa média de água
IN026	Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado
IN009	Índice de hidromedtação
IN010	Índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado
IN011	Índice de macromedicação
IN013	Índice de perdas faturamento
IN023	Índice de atendimento urbano de água
IN025	Volume de água disponibilizado por economia
IN049	Índice de perdas na distribuição
IN050	Índice bruto de perdas lineares
IN051	Índice de perdas por ligação
IN053	Consumo médio de água por economia
IN055	Índice de atendimento total de água
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água
IN059	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário

## METODOLOGIA UTILIZADA

Através do site do SNIS é possível obter a série histórica de informações (a partir de 1995) em dois diferentes formatos: agregados e desagregados, e diferentes filtros podem ser aplicados, como exemplo a escolha do prestador, se regional ou local. Porém, independente do formato, os dados são discretos.

Os dados, exportados no formato “Comma-separated values” (csv), foram então carregados no software R (R, 2023) onde as informações foram filtradas e os índices e dados necessários para as análises foram escolhidos. O SNIS disponibiliza um glossário que explica cada indicador, e a fórmula utilizada para sua obtenção, como por exemplo:



“Índice de Perdas na Distribuição (IN049), este indicador informa o percentual do volume de água distribuído que é perdido até a apuração do volume consumido pelos usuários, seja por questões técnicas (vazamentos) ou comerciais (fraudes, hidrometração deficiente etc.).”

A equação utilizada para cálculo dos valores do Índice de Perdas na Distribuição é:

**Tabela 4. Indicadores correlacionados as perdas.**

IN049	Índice de Perdas na Distribuição	%
	$\frac{AG006 + AG018 - AG024 - AG010A}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$ <p>AG006: Volume de água produzido                  AG010: Volume de água consumido                  AG018: Volume de água tratada importado                  AG024: Volume de serviço</p>	

Com base nessas fórmulas podemos manipular os dados do SNIS para obter as informações procuradas e obter novos indicadores de performance.

**RESULTADOS OBTIDOS**

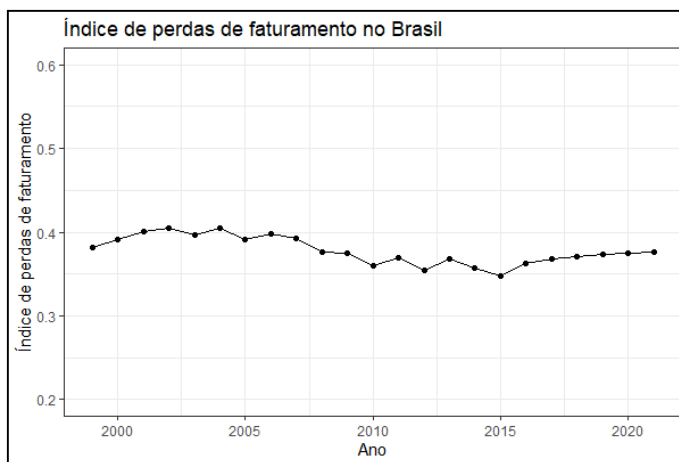


Figura 1. Índice de perdas de faturamento (IN013) no Brasil (2000-2021). Fonte: Autores (2023).

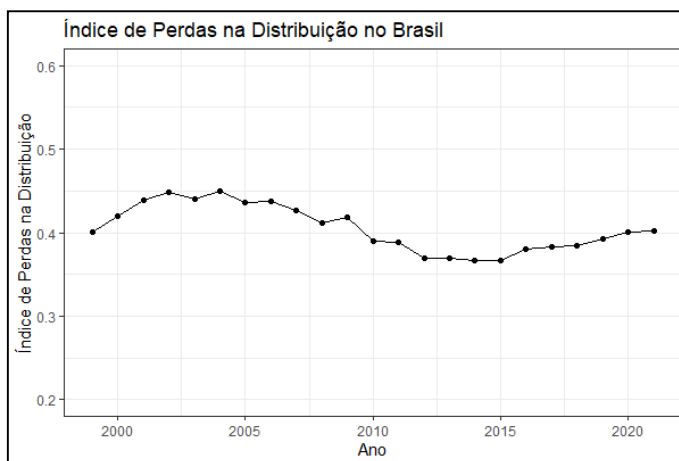


Figura 2. Índice de perdas na distribuição (IN049) no Brasil (2000-2021). Fonte: Autores (2023).

Os gráficos residuais a seguir apresentam a evolução ano-a-ano das perdas.

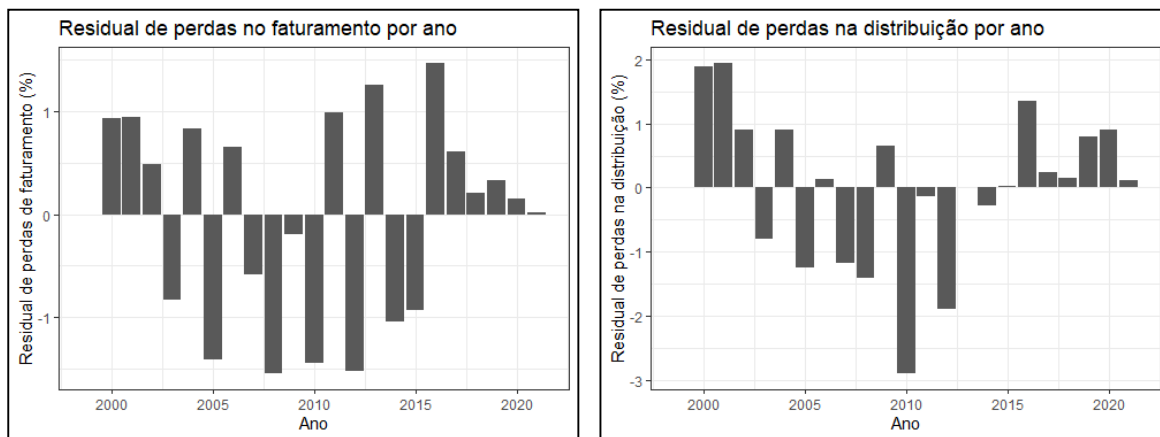


Figura 3. Avanço residual nos índices de perdas no Brasil (2000-2021). Fonte: Autores (2023).

O índice de perdas na distribuição e no faturamento em 2021 confirmam os piores índices nos estados do Norte seguida pelos estados do Nordeste, característica mantida desde o início da base de dados do SNIS.

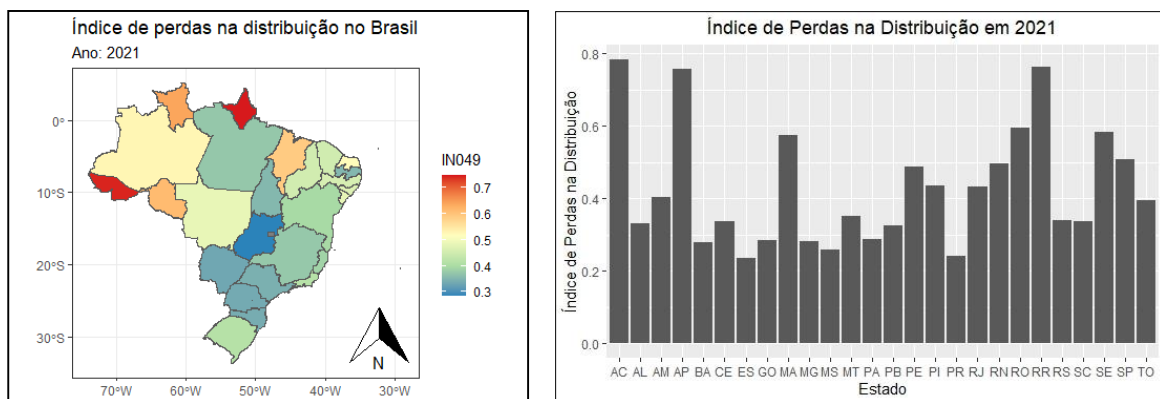


Figura 4. Índice de perdas na distribuição, por estado. Fonte: Autores (2023).

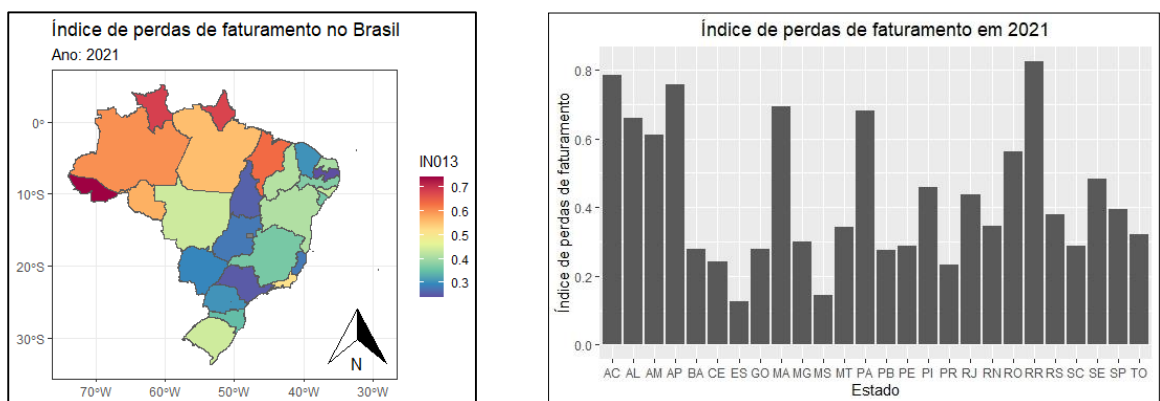


Figura 5. Índice de perdas de faturamento no Brasil em 2021, por estado. Fonte: Autores (2023).

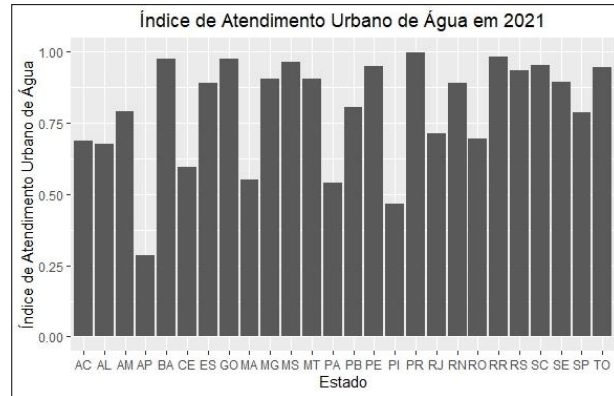
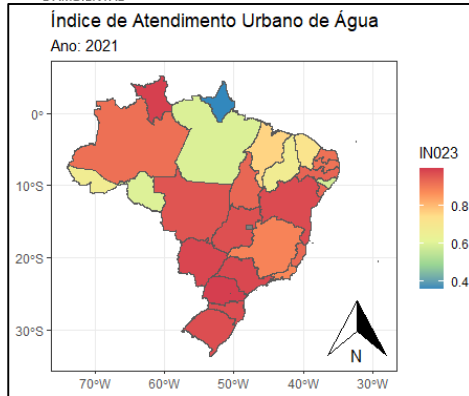


Figura 6. Índice de atendimento urbano- por estado. Fonte: Autores (2023).

Comparação dos índices de hidrometação (e macromedicação) e as perdas de faturamento e de distribuição.

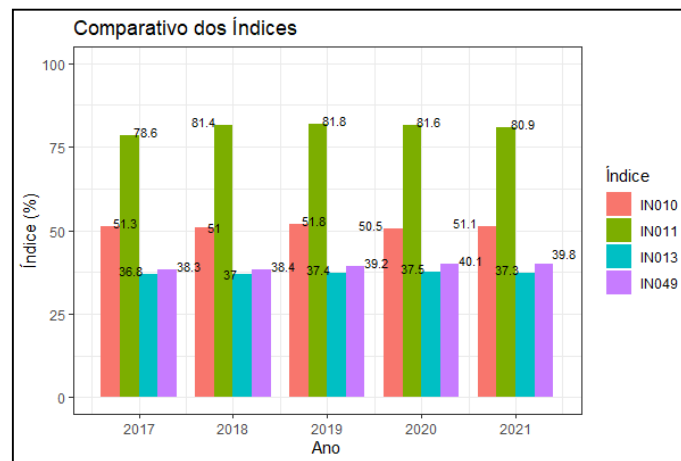


Figura 7. Índices de hidrometação x perdas. Fonte: Autores (2023).

Comparação dos índices de perdas por diferentes modelos de natureza jurídica.

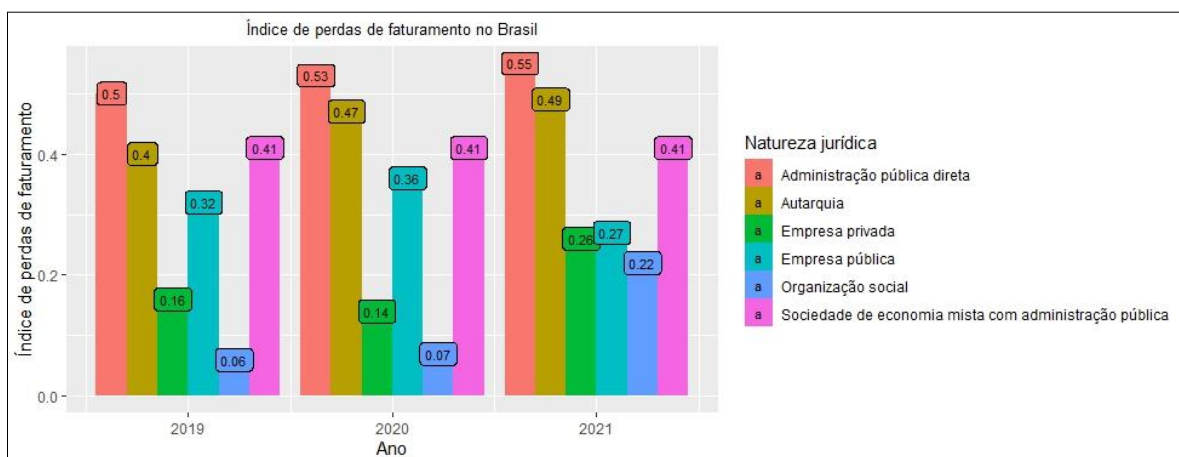


Figura 8. Índice de perdas de faturamento no Brasil por natureza jurídica (2019-2021). Fonte: Autores (2023).

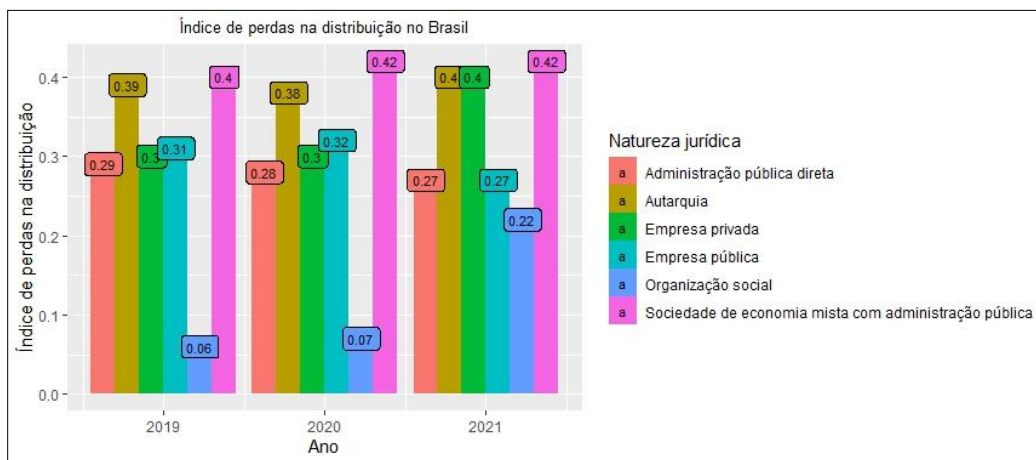


Figura 9. Índice de perdas na distribuição por natureza jurídica do prestador (2019-2021). Fonte: Autores (2023).

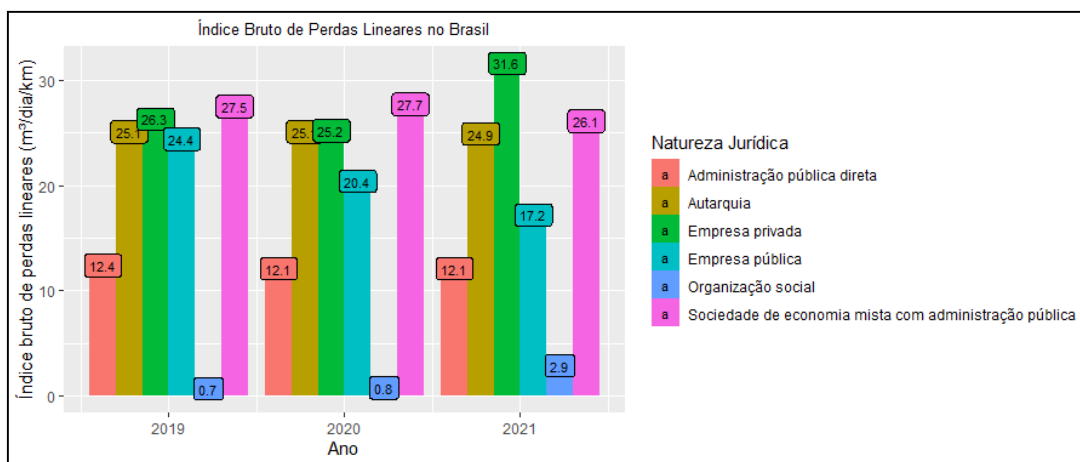


Figura 10. Índice de perdas lineares por natureza jurídica do prestador (2019-2021). Fonte: Autores (2023).

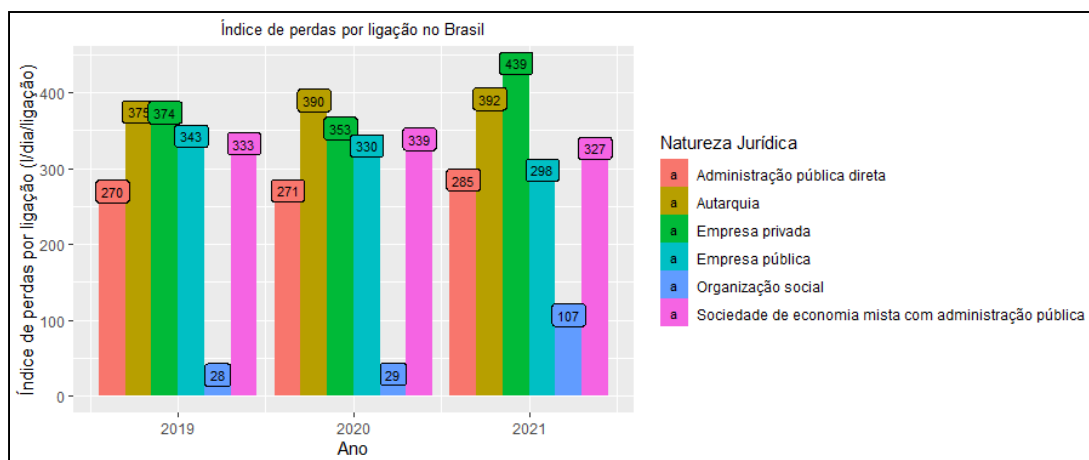


Figura 11. Índice de perdas por ligação por natureza jurídica do prestador (2019-2021). Fonte: Autores (2023).



O balanço hídrico, com base na vazão produzida, também é facilmente obtido com uso do R, porém é necessário conhecimento dos padrões de consumo locais para uma melhor estimativa, a obtenção do balanço será melhor discutida nas análises dos resultados.

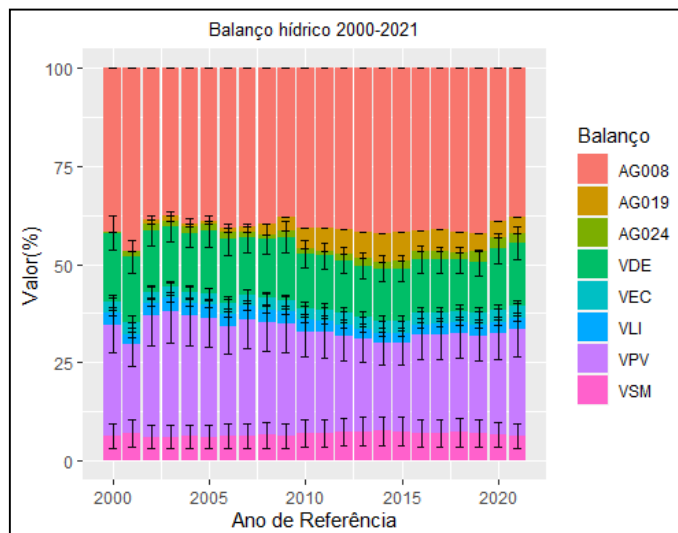


Figura 12. Balanço hídrico do volume produzido (2000-2021). Fonte: Autores (2023).

Os impactos econômico-financeiros, de despesas e de performance da prestação de serviço causados pelas perdas também podem ser estimados com base nos dados do SNIS, utilizando o glossário de cálculos para os indicadores em conjunto com a ferramenta R. Algumas análises são apresentadas a seguir, considerando a perda hipotética de 0%.

O incremento da população atendida caso toda água perdida fosse efetivamente disponibilizada para consumo:

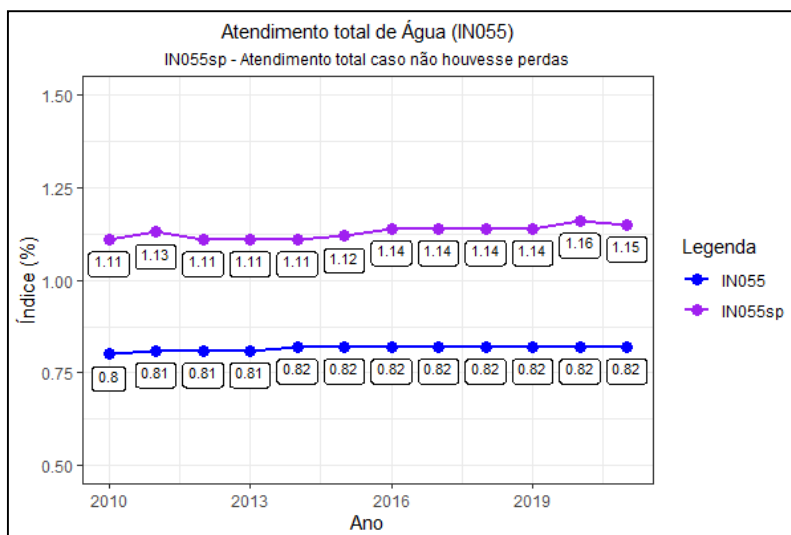


Figura 13. Atendimento total de água na hipótese de perdas zero (2010-2021). Fonte: Autores (2023).



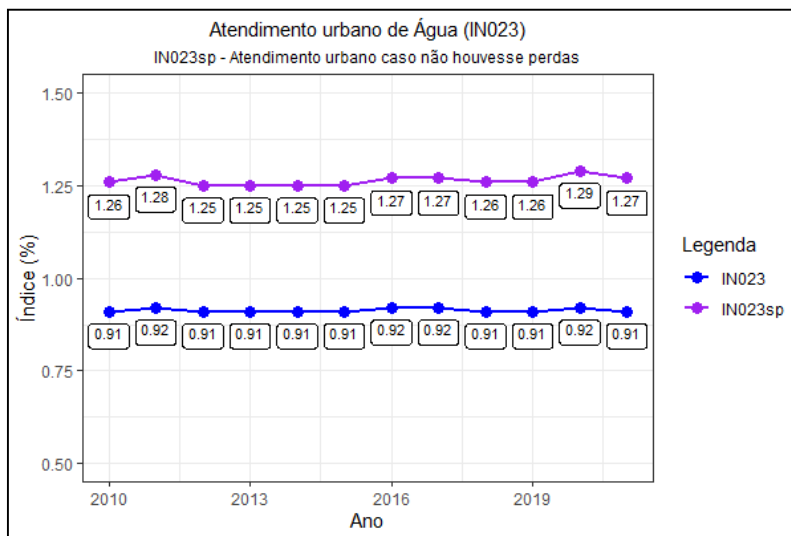


Figura 14. Atendimento urbano de água na hipótese de perdas zero (2010-2021). Fonte: Autores (2023).

Os custos de produção estão totalmente ligados aos índices de perdas para as empresas e prestadoras de serviço de abastecimento e tratamento de água e esgoto na hipótese da água não consumida também não fosse produzida.

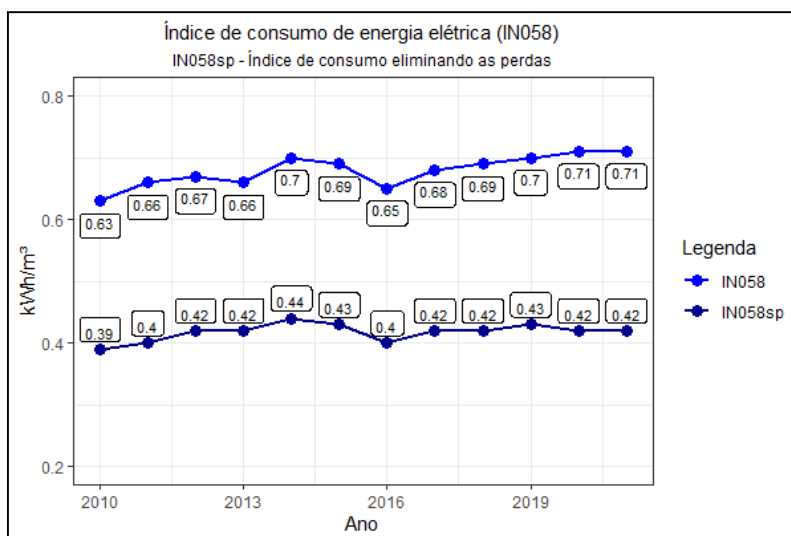


Figura 15. Consumo de energia para produção de água na hipótese de perda zero (2010-2021). Fonte: Autores (2023).

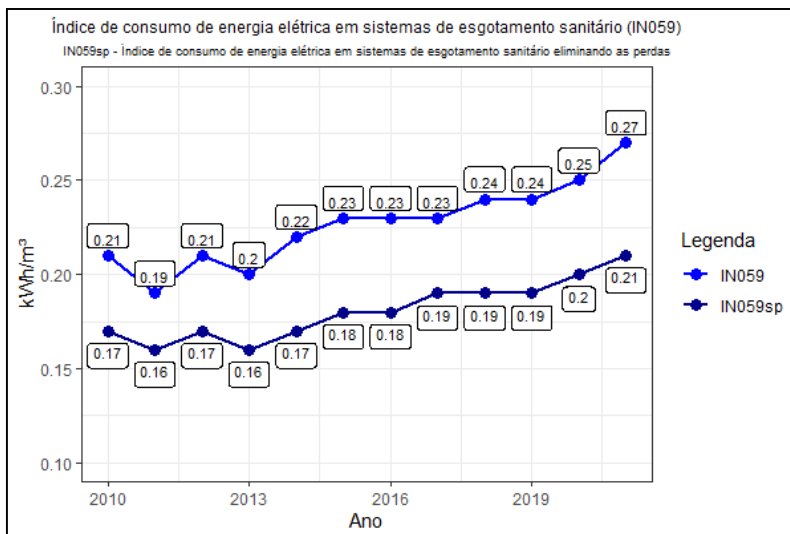


Figura 16. Consumo de energia no tratamento do esgotamento sanitário considerando uma taxa de retorno da água perdida. (2010-2021). Fonte: Autores (2023).

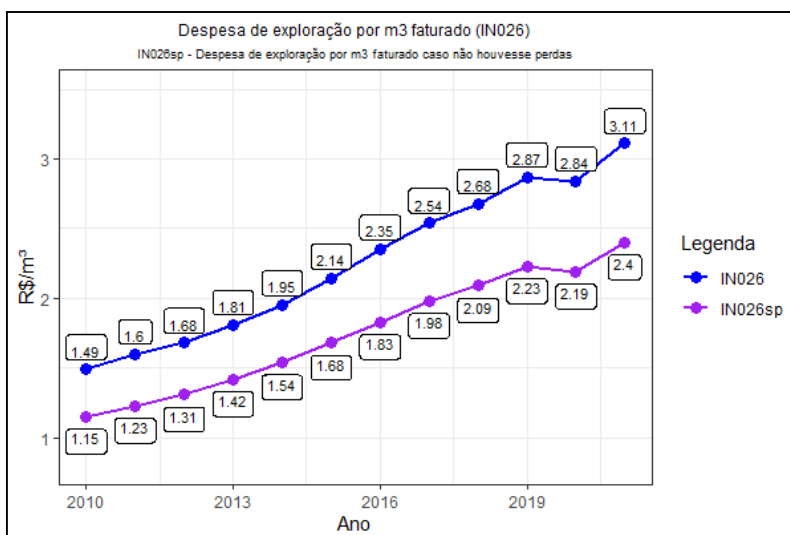


Figura 17. Despesas de exploração do serviço na hipótese de perda zero. (2010-2021). Fonte: Autores (2023).

Do ponto de vista do consumidor, a redução de perdas também é benéfica, na hipótese de perda zero, tanto a redução de tarifa por m³, quanto a maior disponibilidade de água seriam melhorias sentidas.

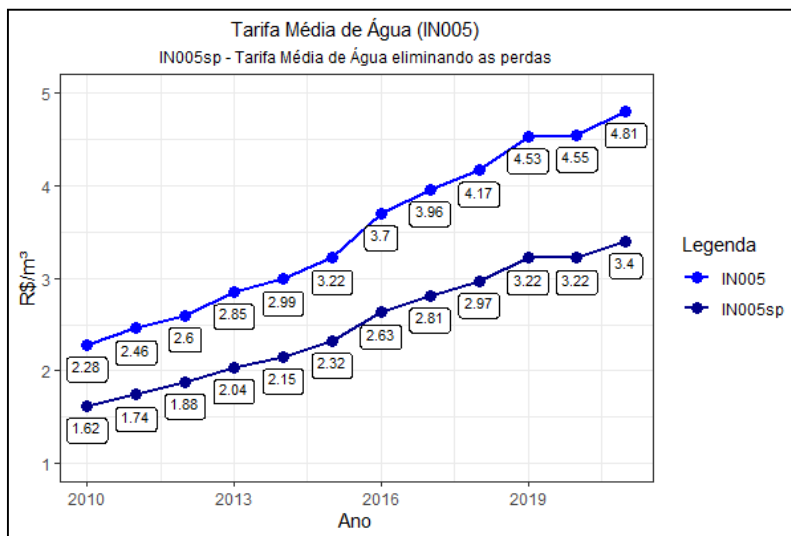


Figura 18. Tarifa média da água na hipótese de perda zero (2010-2021). Fonte: Autores (2023).

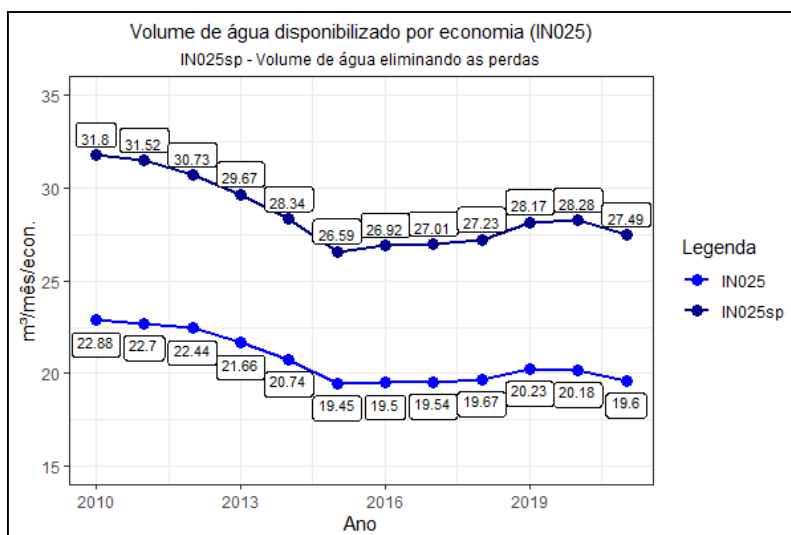


Figura 19. Volume disponibilizado na hipótese de perda zero (2010-2021). Fonte: Autores (2023).

### RESULTADOS OBTIDOS

As figuras 1 e 2 apresentam nos índices de perdas praticamente imóveis em seus 40% em 20 anos de levantamentos do SNIS, são importantes medidas mais enérgicas para redução desses índices, principalmente se prevendo cenários de escassez hídrica nos próximos anos.

A figura 3, que apresenta o crescimento residual é de importância para o combate de crescimento das perdas vegetativas pelo envelhecimento do parque de hidrômetros, ano-a-ano a precisão dos hidrômetros mecânicos caiu em média 1%, e o seu uso em série com caixas d'água piora ainda mais o índice. O acompanhamento anual dos resíduos de perdas pode ser um bom aliado na hora de realizar substituição de lotes de hidrômetros.

Nas figuras 4, 5 e 6, especificamente para o ano de 2021, confirmamos o fato de quem mais perde também é quem mais tem déficit de abastecimento, medidas centralizadas nessas regiões poderiam trazer um resultado de equalização dos índices com o resto do país.



A figura 7 relaciona os índices de hidrometação e os índices de perdas. No gráfico do balanço hídrico é possível notar que grande parte do volume consumido também não é micromedido, o que pode mascarar ainda mais as perdas, além de dificultar a obtenção de um balanço que reflita a realidade.

As figuras 8, 9, 10 e 11 comparam especificamente as naturezas dos operadores, os autores acreditam que seja ainda muito cedo para se comparar o comportamento dos setores públicos e privados no que se trata de operação de sistemas de abastecimento e saneamento, porém vale ressaltar que as informações atuais mostram que o setor privado se mostra melhor apenas em recuperar o faturamento estando as perdas, dependendo da análise, em situação pior do que nos setores públicos.

Na figura 12 do balanço hídrico foi obtido baseado no quadro 2 do balanço da IWA onde:

O volume de entrada (VE) no balanço é usado para normalizar os resultados, utilizando-se os dados do SNIS onde AG006 é o “Volume de água produzido” e AG018 é o “Volume de água importado”:

$$VE = AG006 + AG018, \quad \text{equação (1)}$$

O volume perdido (VP) é calculado com base em VE e com AG010 (Volume de água consumido) e AG024 (Volume de serviço):

$$VP = (VE) - (AG010 + AG024), \quad \text{equação (2)}$$

O volume distribuído estimado (VDE) é calculado com base de AG008 (Volume de água micromedido) e AG019 (Volume de água tratada exportado):

$$VDE = AG010 - (AG008 + AG019), \quad \text{equação (3)}$$

Volume submedido (VSM) por queda de precisão dos hidrômetros (considerou-se 15% de erro):

$$VSM = (AG008 + AG019) * 0.15, \quad \text{equação (4)}$$

O Volume de erro comercial (VEC) (considerou-se 5%):

$$VEC = AG010 * 0.05, \quad \text{equação (5)}$$

O volume de perdas aparentes (VPA), considera-se que 20% do volume estimado também é perdas:

$$VPA = VSM + VDE * (0, 2) + VEC, \quad \text{equação (6)}$$

$$VPR = VP + VDE * (0, 2) - VPA, \quad \text{equação (7)}$$

O volume de perdas por vazamento (VPV), onde se considera que 90% das perdas reais são vazamentos:

$$VPV = VPR * 0.9, \quad \text{equação (8)}$$

O volume ligações irregulares (furtos) (VLI), foi considerado como 10% das perdas reais:

$$VLI = VPR * 0.1, \quad \text{equação (9)}$$

Estabelece-se aos valores estimados uma taxa de confiança de 25%.

As figuras 13 a 19 correlacionam os índices de despesa e performance com as perdas, se analisa-se dois cenários para se obter os resultados. O primeiro, a água perdida passa a ser efetivamente entregue e contabilizada; no segundo cenário, a água perdida não seria produzida.

Caso não houvesse perdas, seria possível obter a universalização do acesso a água encanada em todo o país, além de uma maior disponibilidade de volume e redução no custo do abastecimento per capita.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Este Trabalho apresenta algumas análises que podem ser realizadas com os dados do SNIS e o R. Uma infinidade de outras estimativas podem ser realizadas usando as perdas ou qualquer outro indicador como balizador.

A opção de se usar perda zero seja talvez tecnicamente impossível, porém bastante impactante do ponto de vista visual. As análises poderiam ser realizadas localmente, com índices de perda que reflitam uma possibilidade localizada, avaliando-se os ganhos financeiros, custos e melhorias na performance por cada prestador de serviço.



O SNIS ou no futuro Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA, tem se mostrado uma ferramenta, que fornece dados de análises e diagnósticos intensas, subsidiando inclusive tomadas de decisão locais.

Os prestadores, como fornecedores dos dados, precisam internalizar a importância do preenchimento fidedigno das informações no SNIS, visto não haver auditoria dos dados.

É importante, além de tudo que as prestadoras utilizem e realizem análises dos dados no dia-a-dia da empresa. O programa R, em especial, por ser gratuito, é uma ótima ferramenta para obtenção de resultados robustos para além do meio acadêmico.

A hidrometração e medidas como setorização, seriam de extremo suporte na confiança e combate as perdas, o registro das idades médias do parque de hidrômetro também seriam de bastante interesse para monitorar o avanço residual das perdas por micromedição.

Em 2024, o SNIS passará por uma substituição por um novo sistema, o SINISA. Espera-se que o novo sistema seja uma evolução do SNIS, agregando também dados de evolução técnica, provavelmente com informações mais alinhadas aos indicadores técnicos da IWA e os dados de *benchmark* do IBNET. Além de já estar passando por atualizações para receber o novo ciclo de dados, onde o acompanhamento contínuo dos índices pode trazer resultados comparativos sobre os avanços que realmente estão sendo alcançados.



Figura 20. Arquitetura de módulos do SINISA. Fonte: Ministério das Cidades. 2024.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água: Posicionamento e Contribuições Técnicas da ABES, 2015. Disponível em: [http://www.abessp.org.br/arquivos/perdas\\_abes\\_versao-2.pdf](http://www.abessp.org.br/arquivos/perdas_abes_versao-2.pdf). Acesso em: 11 jan. 2024.
2. BRASIL. DECRETO Nº 10.588, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10588.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10588.htm). Acesso em: 11 de janeiro de 2024.
3. BRASIL. DECRETO Nº 11.599, DE 12 DE JULHO DE 2023. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2023/decreto/D11599.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11599.htm). Acesso em: 11 de janeiro de 2024.
4. BRASIL. LEI Nº 14.026, 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 Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm#](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm#). Acesso em: 23 de janeiro de 2024.
5. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: Visão Geral / Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS / Ministério do Desenvolvimento Regional - Secretaria Nacional de Saneamento - Brasília: SNS, 2022.
6. GO ASSOCIADOS. Estudo De Perdas De Água Do Instituto Trata Brasil De 2022 (Snis 2020): Desafios Para Disponibilidade Hídrica E Avanço Da Eficiência Do Saneamento Básico No Brasil Instituto Trata Brasil. São Paulo. 2022.
7. R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
8. TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Cap. 10, p. 457-525.
9. TUROLLA, F. Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas publicas. Textos para discussão nº922. IPEA. Brasília, 2002.
10. UN GENERAL ASSEMBLY. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015, 42809, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
11. UN GENERAL ASSEMBLY, United Nations Millennium Declaration, Resolution Adopted by the General Assembly, 18 September 2000, A/RES/55/2. Disponível em: <https://www.refworld.org/docid/3b00f4ea3.html>. Acesso em: 11 de janeiro de 2024.