

XI- 1476 - A INTERFERÊNCIA DO PORTE POPULACIONAL NOS INDICADORES DE PERDAS DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO COM MUNICÍPIOS ATENDIDOS PELO PRESTADOR ESTADUAL DE SANTA CATARINHA.

Fernanda Marcelino de Andrade ⁽¹⁾

Engenheira Civil pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Técnica em Saneamento na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Mariana Moller de Limas Fonseca ⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial pela UFSC. Professora Adjunta do Departamento Acadêmico de Construção Civil, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Beatriz Rohden Becker ⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestrado em Engenharia de Reservatório e Exploração pela Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Doutoranda em Engenharia Civil UFRJ.

Thamiris Rocha Guerra da Silva ⁽⁴⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Endereço ⁽¹⁾: Rua Domingos Caldas Barbosa - Areias – São José - SC - CEP: 88113-780 - Brasil - Tel: +55 (48) 988173257 - e-mail: fernandaandrade@gmx.fr.

RESUMO

Os indicadores e bancos de dados concernentes ao setor de saneamento devem auxiliar na conversão dos *déficits* deste tipo de serviço. Porém os benefícios dos indicadores somente são concebidos quando relacionados ao contexto organizacional dos municípios; assim como às características dos sistemas e da região, pois conduzem a uma interpretação de dados mais plausível ao panorama real. Em paralelo, o desequilíbrio entre a oferta e demanda de água ao longo dos anos, e a recente promulgação da Lei Federal nº 14.026/2020 e da Portaria MDR nº 490/2021, bem como a recente Lei Federal nº 14.546 de 4 de abril de 2023, destacam a importância do conhecimento sobre índices de perda de água na distribuição. É nesse contexto que se buscou estudar indicadores de desempenho de perdas de água e sua relação com variáveis que possam comprometer os seus resultados. Para isto, além das pesquisas teóricas foi realizado um estudo de caso com diferentes municípios do Estado de Santa Catarina, considerando o atendimento por uma única prestadora de serviços, e empregando-se informações vinculadas a um banco de dados de saneamento e ao banco de dados do próprio prestador. Para a compreensão da influência das variáveis nos indicadores escolhidos, aplicou-se uma análise descritiva dos dados através de gráficos *boxplot* e uma análise estatística das principais tendências verificadas. A pesquisa resultou na escolha dos indicadores IN049 – índice de perdas na distribuição e IN051 – índice de perdas por ligação correlacionados a fator institucional (divisão de gestão em superintendências regionais) e correlacionados a fator geográfico (AG001 – população total atendida por abastecimento de água) para a avaliação sobre o aumento de população. O estudo empregou as informações do SNIS com referência no ano de 2019 e considerou apenas os municípios com macromedição a partir de 90%, o que eliminou grande parte da amostra inicial de 194 municípios e revelou a necessidade de investimento de macromedição. Após as análises dos 77 municípios restantes, identificou-se como resultado principal que o grupo de municípios com população acima de 10 mil habitantes tende a apresentar aumento no índice de perdas conforme aumento da população total atendida por abastecimento de água, sobretudo para o índice de perdas por ligação (IN051). Os resultados ainda indicaram que os estudos do porte populacional do município e sua influência nos indicadores de perdas precisam ser aprofundados, bem como a análise de outras variáveis de influência – este tipo de pesquisa poderia trazer mais respaldo técnico às metas da Portaria MDR nº 490/2021.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Abastecimento de Água, Indicadores de desempenho, Perdas de Água.

INTRODUÇÃO

Os indicadores e suas variáveis, bem como os bancos de dados concernentes ao setor de saneamento devem auxiliar de forma efetiva na conversão de *deficits* dos serviços. Isto é proporcionado quando indicadores são relacionados ao contexto organizacional de municípios em que estão inseridos (condições institucionais, culturais, sociais); assim como às características dos sistemas (como interrupção do abastecimento, índices de perdas) e da região (como topografia, estiagem, densidade populacional), conduzindo a uma interpretação de dados mais plausível ao panorama real.

Com a aprovação da Lei Federal nº 14.026/2020, busca-se determinar ações adequadas às particularidades locais e regionais, impulsionar a regionalização da prestação dos serviços, estimular a livre concorrência, a competitividade e também a colaboração entre os entes federativos. Também ganha destaque, entre outros pontos, o controle e a redução de perdas de água. Essa nova lei é complementada pela Portaria nº 490/2021 do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que dispõe sobre destinação de recursos públicos estritamente ao cumprimento de metas sobre índice de perdas de água na distribuição. E além destas, a mais recente Lei Federal nº 14.546 de 4 de abril de 2023, que altera a Lei Federal nº 11.445/2007, dispõe em seu Art. 43-A a obrigação dos prestadores de serviço público de abastecimento de água na eficiência da manutenção, operação e fiscalização de irregularidades dos sistemas de distribuição.

Diante deste cenário, para o setor de abastecimento de água, em especial, a observância e o entendimento dos indicadores relacionados a perdas de água são ainda mais relevantes. Afinal, estes fatores podem causar intermitências no abastecimento de água à população e também podem se tornar o ponto de partida para a discussão sobre desempenho dos prestadores de serviços contratados pelo poder municipal.

OBJETIVO

Este trabalho visa discutir a possível interferência do porte populacional em indicadores de desempenho de perdas de água nos sistemas de distribuição de diferentes municípios do Estado de Santa Catarina, considerando o atendimento por uma única prestadora de serviços: a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN). Para isso, fez-se necessário correlacionar de forma descritiva os resultados dos indicadores de desempenho à variável, buscando compreender esta vinculação; confrontar estatisticamente a análise descritiva realizada pela correlação dos resultados dos indicadores de desempenho analisados à variável selecionada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha do eixo de abastecimento de água com foco nas perdas de água para o estudo dos fatores que influenciam os indicadores de desempenho é fundamentada pelo desequilíbrio entre a oferta e demanda de água ao longo dos anos, por conta do crescimento populacional (principalmente em áreas urbanas) e pelo aumento da industrialização; e também pelo elevado nível de perdas de água em sistemas de abastecimento, consequência da falta de manutenção e fiscalização das redes, além do baixo investimento na área (HELLER, 2009). Deve-se considerar também, a meta da Lei Federal 14.026/2020 de atendimento a 99% da população com água potável até dezembro de 2033, além da preocupação focada na questão das perdas de água, destacada na Portaria MDR 490/2021.

Neste sentido, limitar a análise a uma única prestadora (por conter a cultura organizacional) permite a avaliação da eficiência dos serviços de água considerando aspectos operacionais e as particularidades de cada Sistema de Abastecimento de Água (SAA) atendido. Desta maneira, o foco passa a ser as características do sistema, e não a natureza do prestador de serviços (público ou privado, por exemplo).

Com base nestas premissas, objetivou-se analisar as perdas de água dos SAA de municípios do Estado de Santa Catarina administrados e operados pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN. Esta empresa pública de economia mista presta serviços de gestão, operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água, e de coleta e de tratamento de esgoto. Segundo a própria CASAN (2019), são atendidos diretamente mais de 2,7 milhões de pessoas (39% da população de Santa Catarina), em 195 municípios catarinenses (66% dos municípios catarinenses) e 1 paranaense. Além disso, a empresa também fornece água a municípios clientes, que juntos beneficiam mais de 200 mil pessoas (CASAN, 2019).



O estudo dos fatores de interferência nos indicadores de perdas de água no sistema de distribuição foi desenvolvido com informações disponíveis no banco de dados principal SNIS e banco de dados complementar BADOP. A busca dos dados iniciais junto à série histórica Água e Esgotos do website do SNIS (base de informações e indicadores desagregados divulgados no ano de 2020 e de referência de 2019). Selecionaram-se no filtro do SNIS os dados de abrangência regional, o tipo de serviço de água e ainda água e esgoto, natureza jurídica sob sociedade de economia mista com administração pública, na região sul e estado de Santa Catarina. Para a coleta dos dados complementares foi acessado o website do Banco de Dados Operacionais da CASAN (BADOP). Essas informações são de domínio público, mas foram obtidas com maior facilidade pela autora no ambiente virtual interno da CASAN. Assim, para a compatibilidade da referência do SNIS, foi selecionada a data de referência 2019 e baixados os dados em planilha Excel.

Após a elaboração de planilha em Excel com todas as informações coletadas, a obtenção do índice de macromedição (IN011) junto ao SNIS assegurou a aplicação de filtro dos registros de IN011 acima de 90%. Assim, foram mantidos na análise descritiva apenas os municípios com índice de macromedição considerado satisfatório pela Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS). Desta forma, pode-se suprimir dados estimados em favor de dados mais consistentes para a etapa da análise descritiva.

Com esses dados foram feitas análises descritivas por meio de gráficos que traduziram e oportunizaram a interpretação dos resultados e a compreensão sobre a intervenção de uma variável externa no desempenho dos sistemas de abastecimento de água com relação aos seus índices de perdas de água, bem como análises estatísticas por meio de regressão linear.

O estudo constituído por três etapas conforme descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Em função do parâmetro de avaliação de desempenho dos prestadores de serviços de abastecimento de água estabelecido na Lei Federal 14.026/2020 e Portaria MDR 490/2021, determinou-se como índices de perdas para este estudo os IN049 – índice de perdas na distribuição e IN051 – índice de perdas por ligação. Ainda conforme a Lei Federal 14.026/2020 que também trata sobre regionalização dos serviços de saneamento e considerando o Decreto do Governo do Estado de SC nº 1.372/2021 que manteve a estruturação da Lei Complementar 495/2010, definiu-se pela escolha do fator institucional e sua influência nos índices de perdas através da análise das superintendências regionais da CASAN (apesar de que todas elas seguem a mesma organização geral institucional podem haver diferenças nas ações operacionais).

A CASAN opera seus sistemas de saneamento através de agências municipais que são coordenadas e recebem apoio da Matriz da Companhia (sede em Florianópolis) e por quatro Superintendências Regionais de Negócios: Norte/Vale do Itajaí (sede em Rio do Sul), Oeste (sede em Chapecó), Sul/Serra (sede em Criciúma) e Metropolitana da Grande Florianópolis (sede em Florianópolis) - a Figura 1 mostra o mapa da CASAN dividido por suas superintendências. Esta abrangência no atendimento aos municípios por todo o território de SC permite o acesso a um banco de dados bem heterogêneo, pelas diferentes características (relevo, temperatura, densidade demográfica, sociocultural, etc.) e ainda por diferentes equipes atuantes em cada SR. Essa diversidade permite avaliar os efeitos no desempenho dos indicadores de perdas.

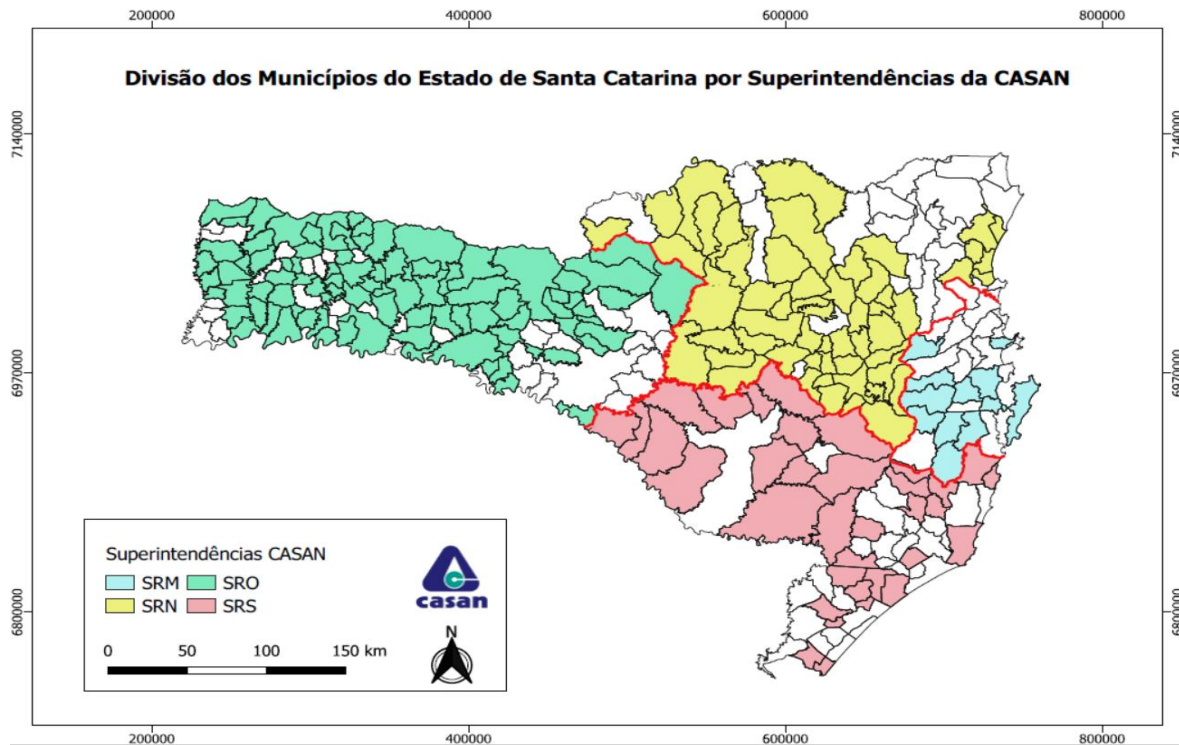


Figura 1 – Municípios atendidos pela CASAN divididos por superintendência. Fonte: CASAN, 2019.

A coleta inicial de dados divulgados em 2020 pelo SNIS de referência 2019 (a mais recente no começo do estudo) resultou em informações relacionadas a 194 municípios catarinenses atendidos pela CASAN.

A primeira etapa de tratamento de dados foi a aplicação do filtro de macromedição (IN011) para que fossem considerados apenas os municípios com IN011 a partir de 90% – satisfatório pela ARIS. A partir deste resultado, investigou-se as superintendências pertencentes aos municípios mantidos no estudo, por meio das informações obtidas no Banco de Dados Operacionais (BADOP) da CASAN.

Para a correlação de variáveis de naturezas distintas, o fator regional população através do AG001 – população total atendida com abastecimento de água do SNIS foi escolhido. Essa escolha buscou compreender a relação da variação populacional com o aumento ou diminuição de perdas de água.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Para atendimento ao estabelecido pela ARIS para macromedição (IN011), os municípios com IN011 a partir de 90% foram mantidos, e definiu-se exceção ao município de Treze de Maio com 89,97%.

Assim, dos 194 municípios catarinenses atendidos pela CASAN, restaram para análise das etapas posteriores deste estudo 77 municípios, os quais correspondem a 40% do total da amostra inicial. O Gráfico 1 apresenta o diagnóstico de macromedição para os municípios atendidos pela CASAN.

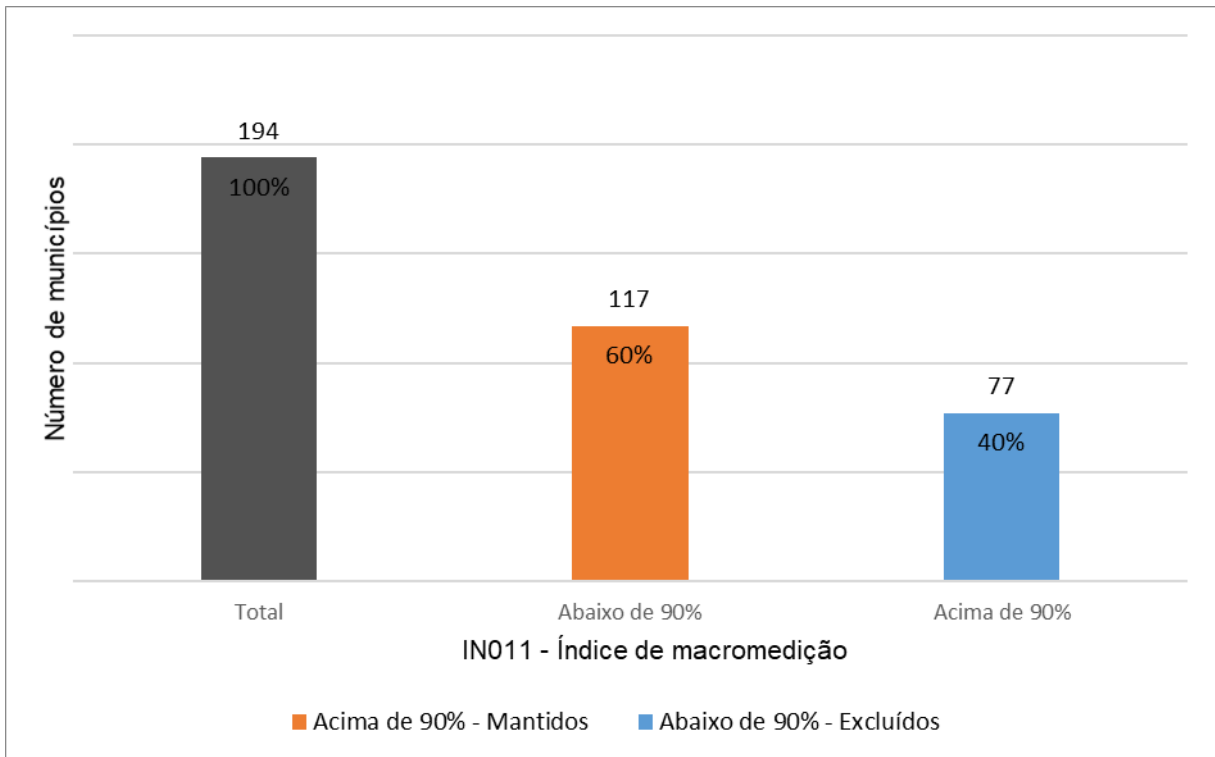


Gráfico 1 – Diagnóstico de macromedição dos municípios atendimentos pela CASAN.

Com as informações obtidas no Banco de Dados Operacionais (BADOP) da CASAN, classificou-se os municípios do estudo de acordo com as superintendências regionais, conforme Gráfico 2 a seguir.

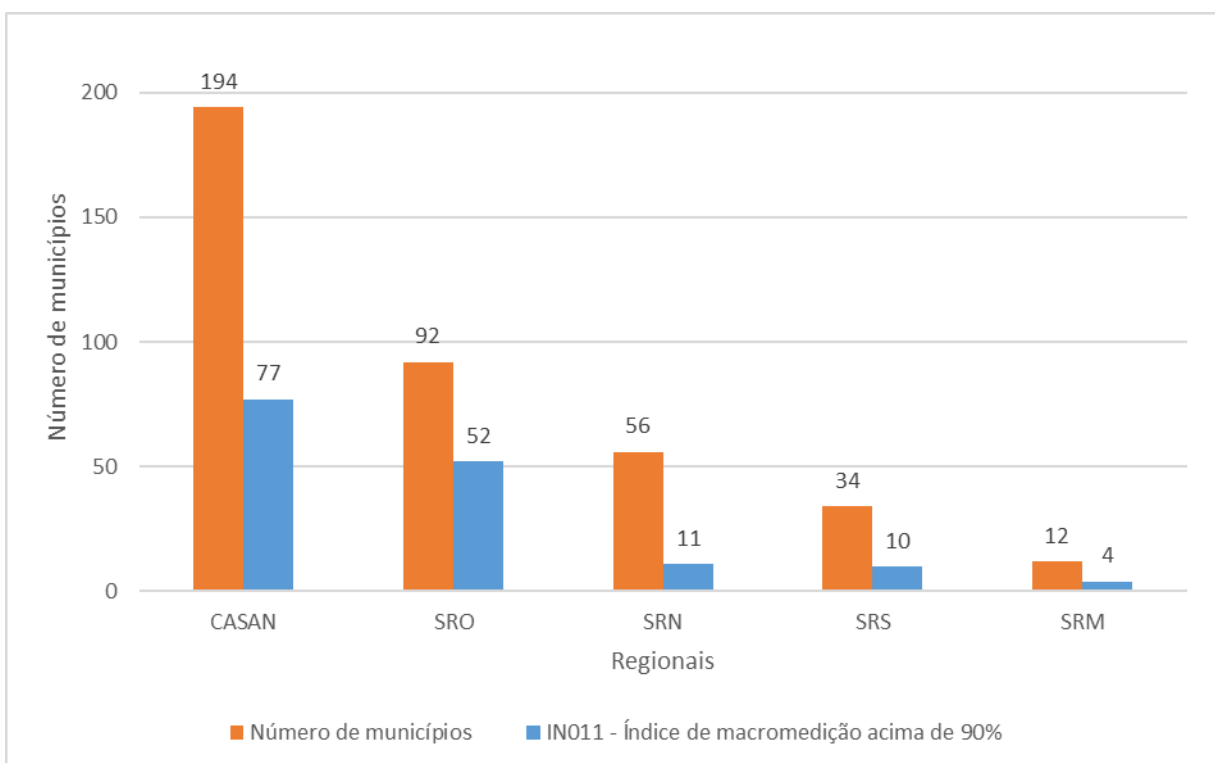


Gráfico 2 – Municípios com índice de macromedição satisfatório por superintendências regionais.

O Gráfico 2 identifica as superintendências regionais às quais esses municípios são pertencentes. A SRO é a regional com maior representatividade no estudo, totalizando 52 municípios com macromedição igual ou maior a 90%, seguida da SRN com 11 municípios, da SRS com 10 municípios e da SRM com 4 municípios. Em termos percentuais, a amostra geral dos 77 municípios do estudo é representada: 68% pelos municípios da SRO, 14% pelos municípios da SRN, 13% pelos municípios da SRS e 5% pelos municípios da SRM.

A Tabela 1 apresenta o diagnóstico de macromedição de cada superintendência. Verifica-se que a SRM tem 33% dos seus municípios com macromedição igual ou maior a 90%, a SRN tem 20%, a SRO tem 57% e a SRS tem 29% dos seus municípios com macromedição a partir de 90%.

Tabela 1 – Municípios por superintendências regionais com macromedição a partir de 90%.

Regionais	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	194	12	56	92	34
Nº municípios com índice de macromedição (IN011) acima de 90%	77	4	11	52	10
% de municípios com índice de macromedição (IN0011) a partir de 90%	40%	33%	20%	57%	29%

Identifica-se que a SRO além de ser a superintendência composta pelo maior número de municípios em termos absolutos, também contém entre as demais a maior proporção de municípios com macromedição satisfatória, apresentando 57% dos seus 92 municípios com macromedição acima de 90%. Além disso, também é a superintendência que mais contribui em termos de número de municípios para o estudo em questão (56 municípios do total de 77 municípios a serem analisados).

Quanto a população total atendida com abastecimento de água (AG001) da amostra de 77 municípios, verificou-se junto ao SNIS um intervalo de 420 habitantes (em Barra Bonita) até 69.425 habitantes (em Indaial), com exceção de Chapecó com 203.270 habitantes. Diante destes dados, foram realizadas análises com intervalos populacionais diferentes em busca de proporcionar melhor possibilidade de caracterização e correlação da população com os índices de perdas. Para isso, foram definidos os seguintes intervalos populacionais: municípios com até 2.500 habitantes, de 2.500 até 5.000 habitantes, de 5.000 até 10.000 habitantes, 10.000 a 30.000 habitantes e acima de 30.000 habitantes. A Tabela 2 mostra a quantidade de municípios da amostra geral (77 municípios) encontrada em cada um destes intervalos.

Tabela 2 – Número de municípios atendidos pela CASAN com macromedição a partir de 90% por intervalo populacional

Intervalo AG001 - População	Até 2.500	2.500 - 5 mil	5 - 10 mil	10 - 30 mil	Acima de 30 mil
Nº de municípios	31	18	15	9	4

Identificou-se que a representatividade mais significativa da informação de população (AG001) se dá pelos municípios menos populosos – 31 municípios com menos de 2.500 habitantes. Já a categoria de população total atendida com abastecimento de água (AG001) por municípios com mais de 30 mil habitantes é composta por apenas 4 amostras, sendo elas bem diversificadas: Xanxerê com 33.309 habitantes, Concórdia com 68.807 habitantes, Indaial 69.425 habitantes e Chapecó 203.270 habitantes.

SEGUNDA ETAPA: ANÁLISE DESCRITIVA

Após a definição dos indicadores de desempenho, das variáveis e dos bancos de dados, da coleta e tratamento das informações no Excel, viabilizou-se as etapas descritas abaixo:

- Foi realizada a tabulação dos dados em programa Excel para os municípios com macromedição satisfatória conforme categorização das variáveis e dos indicadores de perdas de água;
- Foram elaborados gráficos em Excel relacionando os indicadores de perdas com intervalos específicos para as variáveis selecionadas, de forma a permitir a interpretação dos dados trabalhados.

A análise descritiva foi realizada separadamente para o índice de perdas na distribuição (IN049) e índice de perdas por ligação (IN051). Esta análise consistiu em comparar a CASAN com suas superintendências quando correlacionadas ao mesmo intervalo populacional, permitindo desta forma estudar um fator que possa ter

interferência nos indicadores de perdas. Logo, serão apresentados os diagnósticos da CASAN junto às SR considerando somente os municípios com até 2.500 habitantes, seguido dos municípios com 2.500 a 5 mil habitantes, 5 mil a 10 mil habitantes, 10 mil a 30 mil habitantes, e por fim, acima de 30 mil habitantes.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) com até 2.500 habitantes

O Gráfico 3 a seguir mostra os valores do índice de perdas na distribuição (IN049) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) de até 2.500 habitantes.

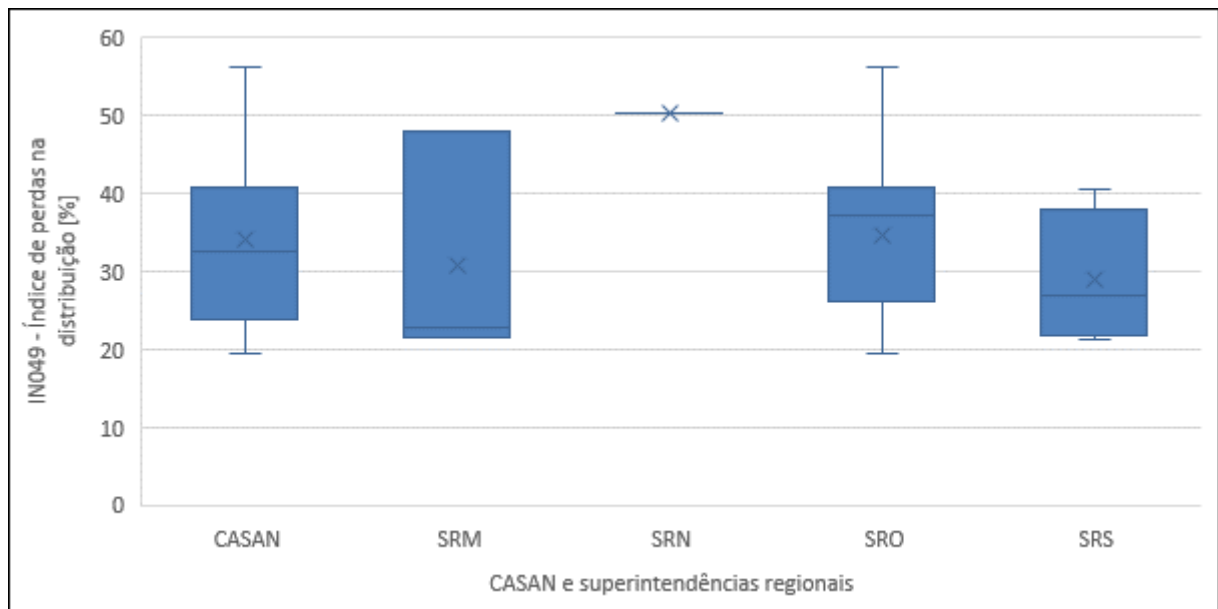


Gráfico 3 – IN049 correlacionado à AG001 até 2.500 habitantes por SR.

Observa-se que é grande a discrepância entre os valores do índice de perdas na distribuição (IN049) dos municípios com população até 2.500 habitantes quando analisados por superintendência. E que metade dos resultados está entre 23% e 41% (informação esta verificada no *boxplot* da CASAN).

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas na distribuição (IN049) da CASAN e das superintendências para os municípios com população até 2.500 habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – IN049 das regionais com população total atendida com abastecimento de água até 2.500 habitantes.

AG001 – População até 2.500 habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	31	3	1	23	4
Média (%)	34,08	30,75	50,38	34,70	28,94
Mediana (%)	32,55	22,86	50,38	37,20	26,98

Conforme Gráfico 3 e confirmado pela Tabela 3, constata-se que a SRO é a superintendência com maior representatividade nos resultados entre os municípios com até 2.500 habitantes abastecidos com água pela CASAN, representando 74% destes municípios. Assim, faz-se perceptível a influência da SRO nos dados gerais da CASAN, através da semelhança entre suas variações no Gráfico 3. Entretanto, a CASAN apresenta mediana menor que a SRO, o que pode ser justificado pela contribuição dos IN049 da SRM e da SRS.

Nota-se que para os municípios dessa categoria não há semelhança entre as superintendências para os valores de medianas. Já as médias se encontram mais próximas, entre 28,94% e 34,70%. A exceção se dá pela SRN

que tem 50,38% de perdas na distribuição (IN049), valor este absoluto pelo grupo ser representado apenas pelo município de Porto União.

Observa-se que a superintendência com a maior amplitude entre 100% dos seus resultados é a SRM - e tem a maior discrepância entre média e mediana, mesmo contendo número pequeno de municípios nesta análise (três). A média do IN049 da SRM é alavancada por Major Gercino, cujo índice de perdas é igual a 47,95%.

As médias e medianas da SRO e da SRS (SR que possuem pelo menos 04 municípios nesta análise) não atendem, assim como a CASAN em geral, ao valor máximo de 25% da referência final da Portaria 490/2021 para o IN049 – o que pode ser um alerta. Afinal, significa que nem metade dos menores municípios atendidos pela CASAN estão em acordo com a meta legal.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) entre 2.500 e 5 mil habitantes

O Gráfico 4 a seguir mostra os valores do índice de perdas na distribuição (IN049) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) entre 2.500 e 5 mil habitantes.

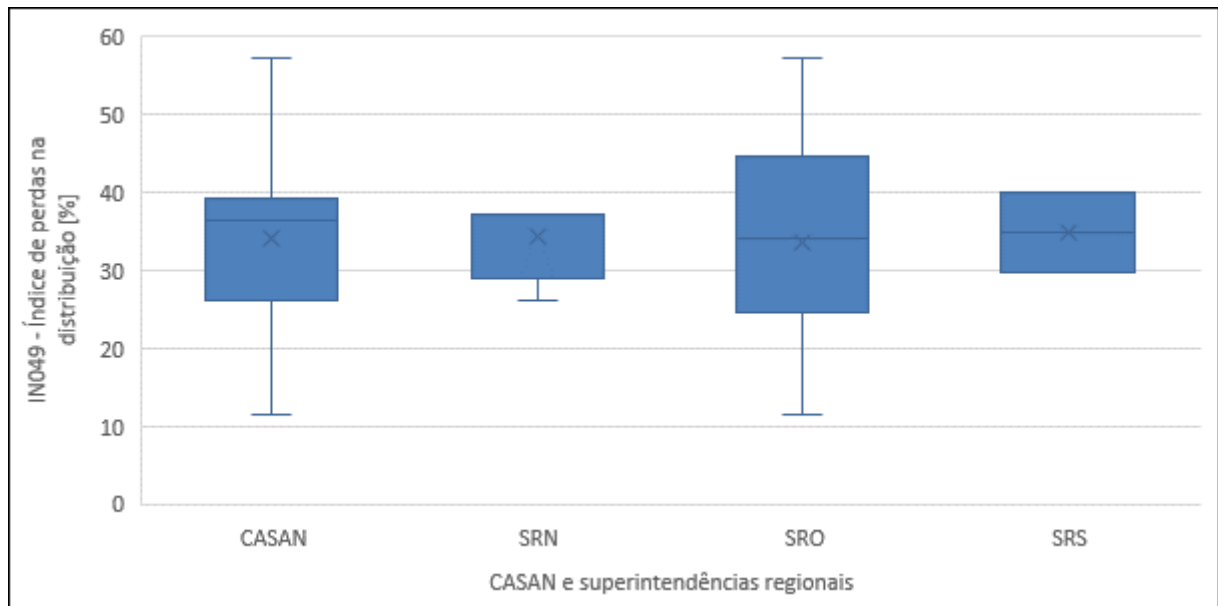


Gráfico 4 – IN049 correlacionado à AG001 entre 2.500 e 5 mil habitantes por SR.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas na distribuição (IN049) da CASAN e das superintendências para os municípios com população entre 2.500 e 5 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – IN049 das regionais com população entre total atendida com abastecimento de água 2.500 e 5 mil habitantes.

AG001 – População entre 2.500 e 5 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	18	0	4	12	2
Média (%)	33,97	-	34,40	33,67	34,87
Mediana (%)	36,53	-	37,06	34,06	34,87

Os municípios com população total abastecida de água (AG001) entre 2.500 e 5.000 habitantes também são representados na sua maioria pela SRO - dois terços dos municípios da CASAN (são 12 municípios dos 18 considerados). O restante dos municípios (um terço) é representado pela SRN (4) e pela SRS (2). Já a SRM não contribui para a análise.

No gráfico cujos dados são evidenciados pela tabela, identifica-se a linearidade entre os grupos para os valores de médias e medianas do índice de perdas na distribuição (IN049), com exceção da SRN que apresenta valor maior para a mediana (37,06%). No entanto, nenhum destes valores de IN049 satisfaz à meta final de 25% do IN049 da Portaria nº 490/2021.

A única exceção do atendimento à meta se dá pelos municípios da SRO que compõe o grupo entre o mínimo de 11,6% (em Ipira) até o seu primeiro quartil (Q1) de 24,53%, ou seja, apenas 25% dos municípios da SRO. Embora sofra grande influência da SRO, nem mesmo o primeiro quartil da CASAN respeita a referência da portaria. Logo, mais de 75% dos municípios da CASAN com população entre 2.500 e 5 mil habitantes tem índice de perdas na distribuição acima de 25%.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) entre 5 mil e 10 mil habitantes

O Gráfico 5 a seguir mostra os valores do índice de perdas na distribuição (IN049) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) entre 5 mil e 10 mil habitantes.

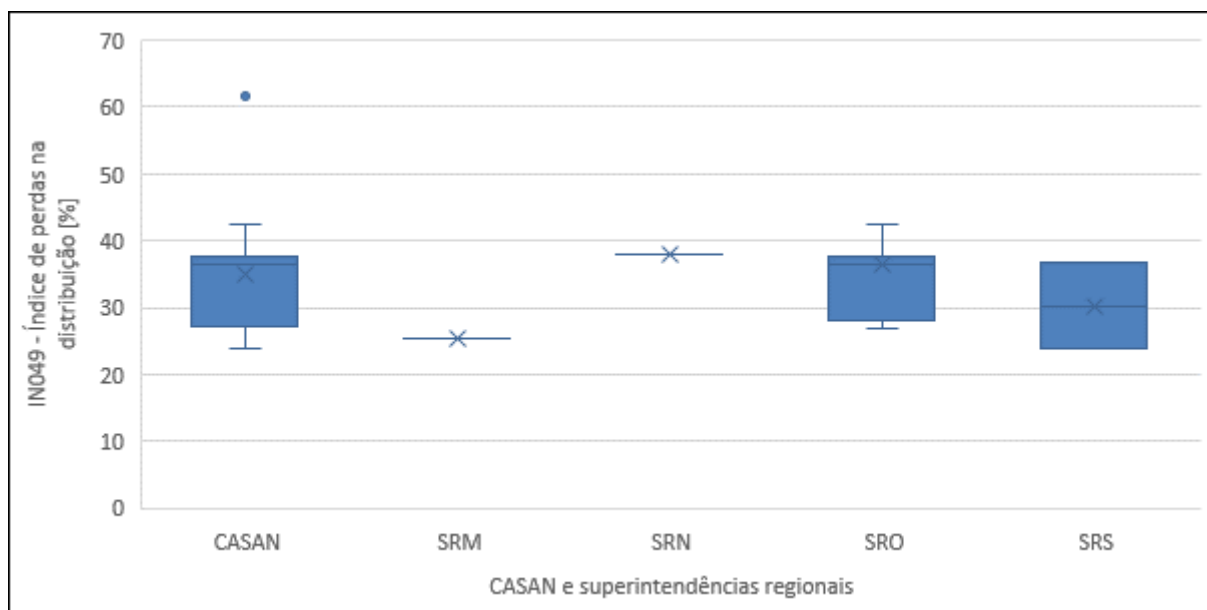


Gráfico 5 – IN049 correlacionado à AG001 entre 5 mil e 10 mil habitantes por SR.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas na distribuição (IN049) da CASAN e das superintendências para os municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – IN049 das regionais com população total atendida com abastecimento de água entre 5 mil e 10 mil habitantes.

AG001 – População entre 5 e 10 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	15	1	1	11	2
Média (%)	35,10	25,41	37,88	36,60	30,30
Mediana (%)	37,63	25,41	37,88	37,63	30,30

A SRO mantém o maior número de amostras da análise dos municípios com população abastecida de água (AG001) entre 5 mil e 10 mil habitantes, com a representação de 11 dos 15 municípios totais. Isto parece refletir diretamente na média e mediana geral da CASAN. As demais superintendências possuem apenas 1 ou

2 municípios nesta categoria - logo, a investigação do comportamento do IN049 e comparação entre as superintendências nesse intervalo populacional é prejudicada.

Ainda assim, constata-se pela Tabela 5 que nenhuma das médias e medianas atendem à meta final da Portaria 490/2021 de 25% de perdas na distribuição (IN049). O valor mais próximo ao satisfatório é referente à amostra única da SRM (município de Antônio Carlos – 25,41%). O contrário acontece com a SRN cujo seu único município (Salette) atinge 37,88% para o IN049. Na SRS as duas amostras apresentam discrepância e apenas o município de Urubici atende à portaria com 23,86% de IN049 (município este que influencia diretamente o valor mínimo geral da CASAN, pois além de ser o único da SRS é também o único de toda a CASAN que está em conformidade com a meta legal).

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) entre 10 mil e 30 mil habitantes

O Gráfico 6 a seguir mostra os valores do índice de perdas na distribuição (IN049) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) entre 10 mil e 30 mil habitantes.

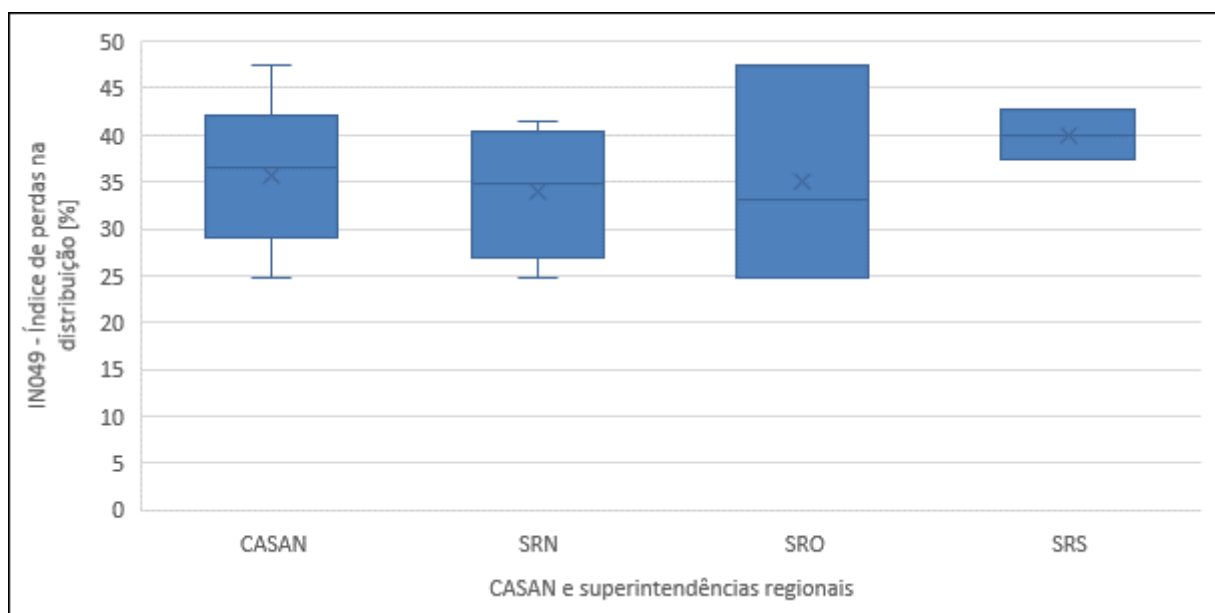


Gráfico 6 – IN049 correlacionado à AG001 até 10 mil e 30 mil habitantes por SR.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas na distribuição (IN049) da CASAN e das superintendências para os municípios com população entre 10 mil e 30 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – IN049 das regionais com população total atendida com abastecimento de água entre 10 mil e 30 mil habitantes.

AG001 – População entre 10 e 30 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	9	0	4	3	2
Média (%)	35,72	-	34,06	35,09	40,04
Mediana (%)	36,53	-	34,90	33,07	40,04

Para a análise de perdas de água na distribuição (IN049) correlacionada à população entre 10 mil e 30 mil habitantes, tem-se apenas 9 (nove) municípios no total (bem distribuídos entre as SR, diferentemente das análises anteriores onde a SRO prevalecia), - exceto pela SRM que não contribui com a análise. E devido ao pequeno número de municípios por categoria, a análise pode ser inconsistente.

Ainda assim, percebe-se a proximidade entre as médias e medianas da CASAN, SRN e SRO, que são próximas de 35%. A SRS possui apenas dois municípios nesta categoria, com média e mediana de 40,04% (São Joaquim 37,34% e Braço do Norte 42,73%) para o IN049 – estes valores podem ser os responsáveis pelo ligeiro aumento do índice na análise da CASAN.

Apenas 02 municípios do total desta análise – um da SRN (Balneário Barra Sul) e outro da SRO (Dionísio Cerqueira) – atendem à meta final da Portaria nº 490/2021 de 25% de perdas na distribuição. Logo, os demais 7 municípios (78%) desta categoria populacional não atendem ao estabelecido.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) acima de 30 mil habitantes

O Gráfico 7 a seguir mostra os valores do índice de perdas na distribuição (IN049) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) acima de 30 mil habitantes.

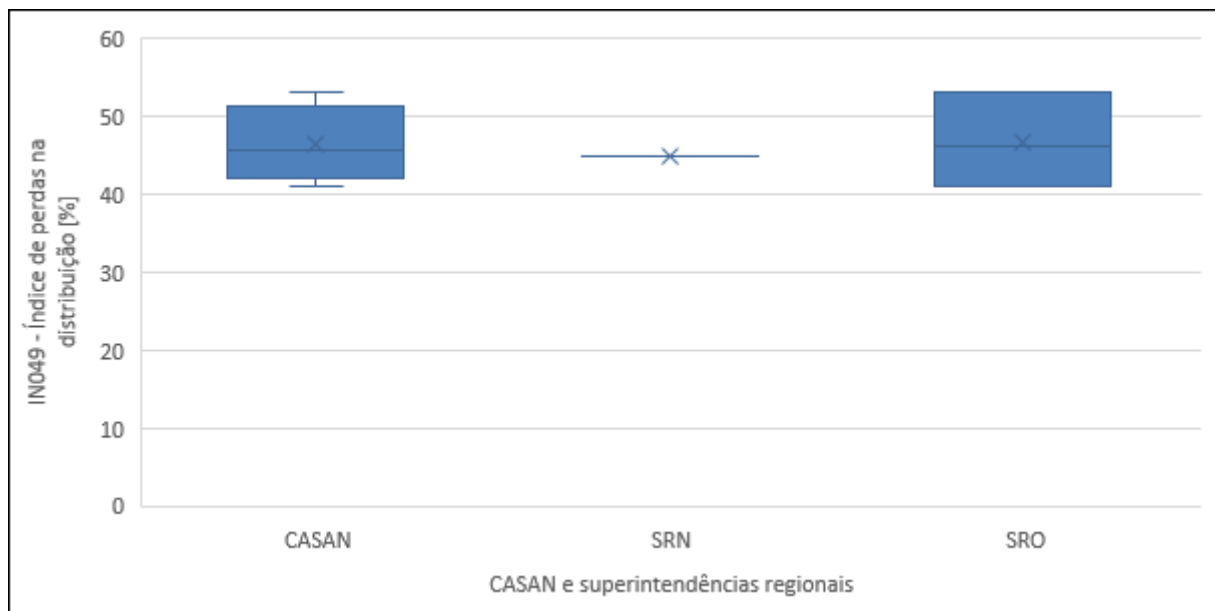


Gráfico 7 – IN049 correlacionado à AG001 acima de 30 mil habitantes por SR.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas na distribuição (IN049) da CASAN e das superintendências para os municípios com população acima de 30 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 7 a seguir:

Tabela 7 – IN049 das regionais com população total atendida com abastecimento de água acima de 30 mil habitantes

AG001 – População acima de 30 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	4	0	1	3	0
Média (%)	46,30	-	44,98	46,73	-
Mediana (%)	45,53	-	44,98	46,09	-

A análise do índice de perdas na distribuição (IN049) para os municípios com população atendida por abastecimento de água (AG001) acima de 30 mil habitantes é a que contempla o menor número de municípios (4), composta por 3 da SRO e 1 da SRM. As demais SR não contribuem com a análise.

Constata-se que não há registros de IN049 que atendam ao estabelecido na Portaria nº 490/2021 nesta categoria populacional. Porém, embora seja um número pequeno de municípios, ressalta-se que são estes os mais populosos. Evidencia-se então neste grupo uma defasagem nos resultados tanto de macromedição (número pequeno de amostras – apenas 4 dos 16 municípios da CASAN com população acima de 30 mil

habitantes) quanto no índice de perdas na distribuição (números elevados para o IN049 em todos os municípios com macromedição considerada satisfatória).

Análise do Índice de Perdas por Ligação (IN051) pelo ao Mesmo Intervalo de População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001)

Assim como no IN049, esta nova análise consistiu em comparar a CASAN com suas superintendências quando correlacionadas ao mesmo intervalo populacional, permitindo desta forma estudar mais um fator que possa ter interferência nos indicadores de perdas. Logo, serão apresentados os diagnósticos da CASAN junto às SR considerando somente os municípios com até 2.500 habitantes, seguido dos municípios com 2.500 a 5 mil habitantes, 5 mil a 10 mil habitantes, 10 mil a 30 mil habitantes, e por fim, acima de 30 mil habitantes.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) com até 2.500 habitantes

O Gráfico 8 a seguir mostra os valores do índice de por ligação (IN051) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) de até 2.500 habitantes.

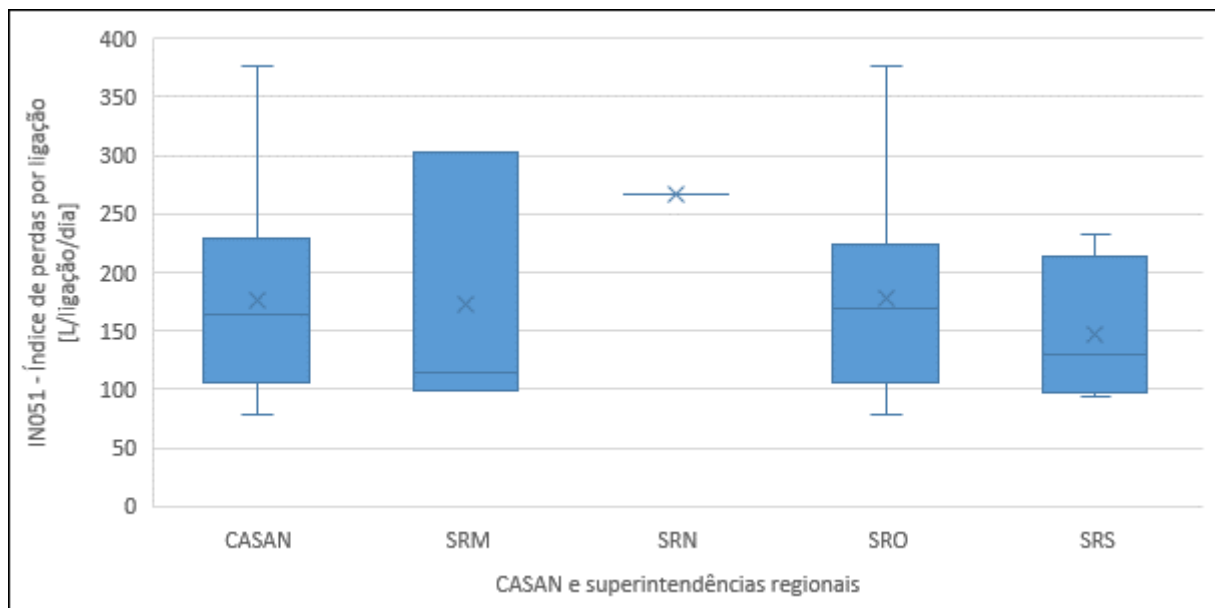


Gráfico 8 – IN051 correlacionado à AG001 até 2.500 habitantes por SR.

Inicialmente, percebe-se um comportamento semelhante do índice de perdas por ligação (IN051) para os municípios com população até 2.500 habitantes da CASAN, SRO e SRS. É identificado pelos valores próximos do IN051 dos primeiros quartis (Q1) e os terceiros quartis (Q3) e seus intervalos da CASAN, SRO e SRS.

Nota-se por este gráfico que o comportamento do índice de perdas por ligação é análogo ao índice de perdas na distribuição. Inclusive, que a CASAN aqui também tem os índices máximos e mínimos do IN051 bastante influenciados pela SRO.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas por ligação (IN051) da CASAN e das superintendências para os municípios com população até 2.500 habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – IN051 das regionais com população total atendida com abastecimento de água até 2.500 habitantes

AG001 – População até 2.500 habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	31	3	1	23	4
Média (L/lig./dia)	176,17	172,39	266,51	177,89	146,54

Mediana (L/lig./dia)	164,57	114,89	266,51	169,88	130,14
----------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Como mostra a Tabela 8 – IN051 das regionais com população total atendida com abastecimento de água até 2.500 habitantes, a análise é dificultada pela discrepância no número de municípios de cada SR. Logo, assim como ocorre no IN049, a CASAN e a SRO apresentam valores próximos para a média e mediana, mas a CASAN tem melhores valores, o que pode ser resultado da contribuição da SRM e SRS.

A SRN tem somente o município de Porto União com até 2.500 habitantes e macromedição acima de 90% – seu índice de perdas por ligação é de 266,51 L/lig./dia.

Dentre as SR que possuem mais municípios, pode-se destacar que SRS é a superintendência com menor amplitude geral do índice de perdas por ligação – IN051 entre 93,31 L/lig./dia e 232,6 L/lig./dia. Além disso, apresenta a média mais baixa (146,54L/lig./dia) do IN051 para os municípios com população até 2.500 habitantes.

Todas as médias e medianas atendem ao IN051 (até 216 L/lig./dia) estabelecido como meta final da Portaria 490/2021, com exceção da SRN representada por Porto União. O mesmo não acontece com o IN049 – nenhuma média deste índice tem resultado satisfatório.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) entre 2.500 e 5 mil habitantes

O Gráfico 9 a seguir mostra os valores do índice de perdas por ligação (IN051) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) entre 2.500 e 5 mil habitantes.

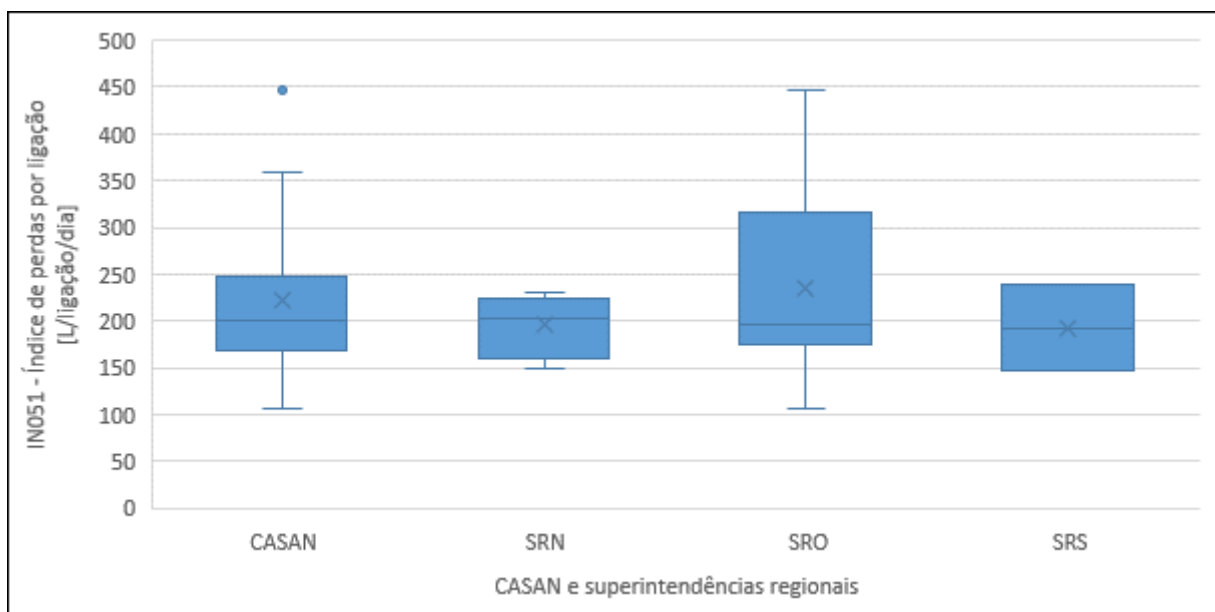


Gráfico 9 – IN051 correlacionado à AG001 entre 2.500 e 5 mil habitantes por SR.

Observa-se um comportamento semelhante entre o IN049 e IN051. Porém, nesta análise do índice de perdas por ligação, identifica-se que o valor máximo da SRO contribui como outlier na análise geral da CASAN – com o mesmo município de Ponte Alta do Norte e IN051 de 447,21 L/lig./dia. Isso revela que o intervalo geral da CASAN para o índice de perdas por ligação é menor comparado à SRO, logo o desempenho pode ser mais eficiente para o IN051 comparado ao IN049.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas por ligação (IN051) da CASAN e das superintendências para os municípios com população entre 2.500 e 5 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 9 a seguir:

Tabela 9 – IN051 das regionais com população total atendida com abastecimento de água entre 2.500 e 5 mil habitantes

AG001 – População entre 2.500 e 5 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	18	0	4	12	2
Média (L/lig./dia)	221,28	-	195,79	234,55	192,68
Mediana (L/lig./dia)	200,08	-	202,25	197,07	192,68

A SRO é a regional com maior contribuição para análise deste intervalo populacional, já a SRM não contém município com população entre 2.500 e 5 mil habitantes com macromedição acima de 90%. A SRN é representada por 4 municípios e a SRS por 2 municípios.

Verificam-se nesta tabela valores em desconformidade aos 216L/lig./dia estabelecidos como meta final da Portaria 490/2021: as médias da SRO e da CASAN. Ressalta-se que a CASAN tem IN051 médio mais próximo ao satisfatório, o que pode ser resultado da influência positiva das SRN e SRS – mesmo tendo juntas um número de municípios menor que a SRO.

Logo, percebe-se que para o intervalo populacional entre 2.500 e 5 mil habitantes a SRO é a superintendência mais preocupante.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) entre 5 mil e 10 mil habitantes

O Gráfico 10 a seguir mostra os valores do índice de perdas por ligação (IN051) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) entre 5 mil e 10 mil habitantes.

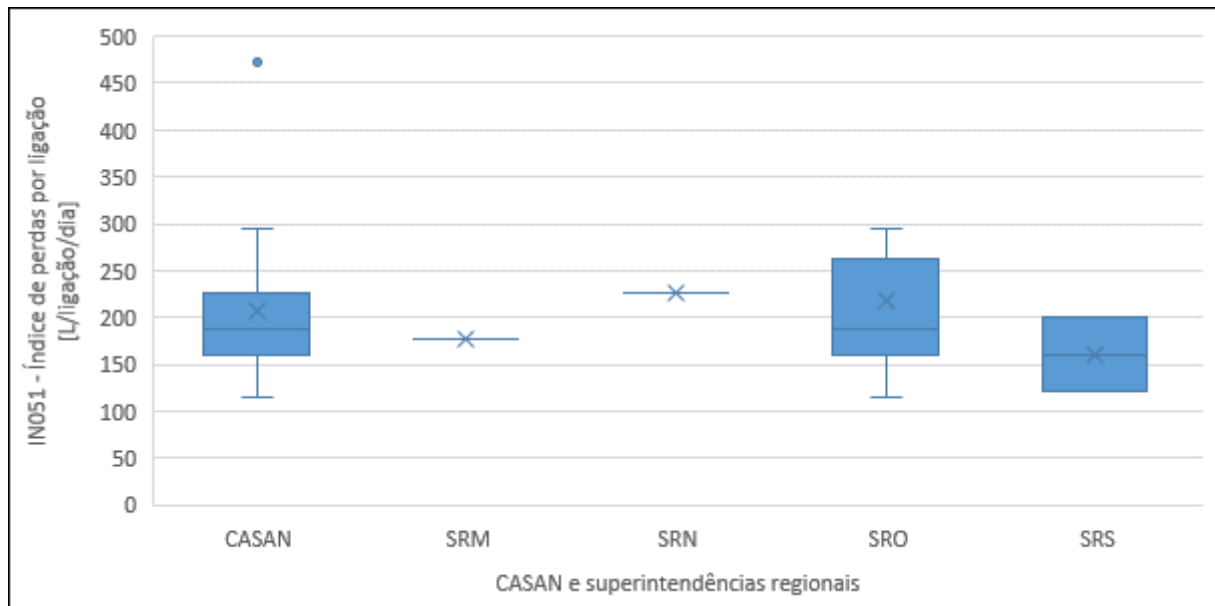


Gráfico 10 – IN051 correlacionado à AG001 entre 5 mil e 10 mil habitantes por SR.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas por ligação (IN051) da CASAN e das superintendências para os municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 10 a seguir:

Tabela 10 – IN051 das regionais com população total atendida com abastecimento de água entre 5 mil e 10 mil habitantes

AG001 – População entre 5 mil e 10 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
---	-------	-----	-----	-----	-----

Nº de municípios	15	1	1	11	2
Média (L/lig./dia)	207,73	177,52	225,62	217,45	160,47
Mediana (L/lig./dia)	187,15	177,52	255,62	187,15	160,47

Para este intervalo populacional também é a SRO a maior representante da amostra geral - são 11 dos 15 municípios totais. Isto reflete na igualdade da mediana entre SRO e CASAN.

A SRM e a SRN têm apenas 1 município cada nesta categoria. Porém, destaca-se que a SRN tem IN051 elevado e que não atende a meta final da Portaria 490/2021 de 216 L/lig/dia, ao contrário da SRM que apresenta IN051 bem abaixo da meta.

O comportamento da SRO é mais disperso para o IN051 do que no IN049: há relevante diferença entre média e mediana do índice de perdas por ligação, enquanto que no índice de perdas na distribuição os valores de média e mediana eram mais próximos.

A SRS é representada por somente 2 municípios que, por sua vez, atendem ao estabelecido em Portaria para o IN051 - o que não ocorre para o IN049.

O valor de 216L/lig/dia estabelecido como meta final da Portaria 490/2021 não é respeitado pela média da SRN e pela média da SRO. No entanto, todas as demais médias e medianas estão de acordo com a referência. O mesmo não acontece no IN049 em que todas as médias e medianas são insatisfatórias.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) entre 10 mil e 30 mil habitantes

O Gráfico 11 a seguir mostra os valores do índice de perdas por ligação (IN051) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) entre 10 mil e 30 mil habitantes.

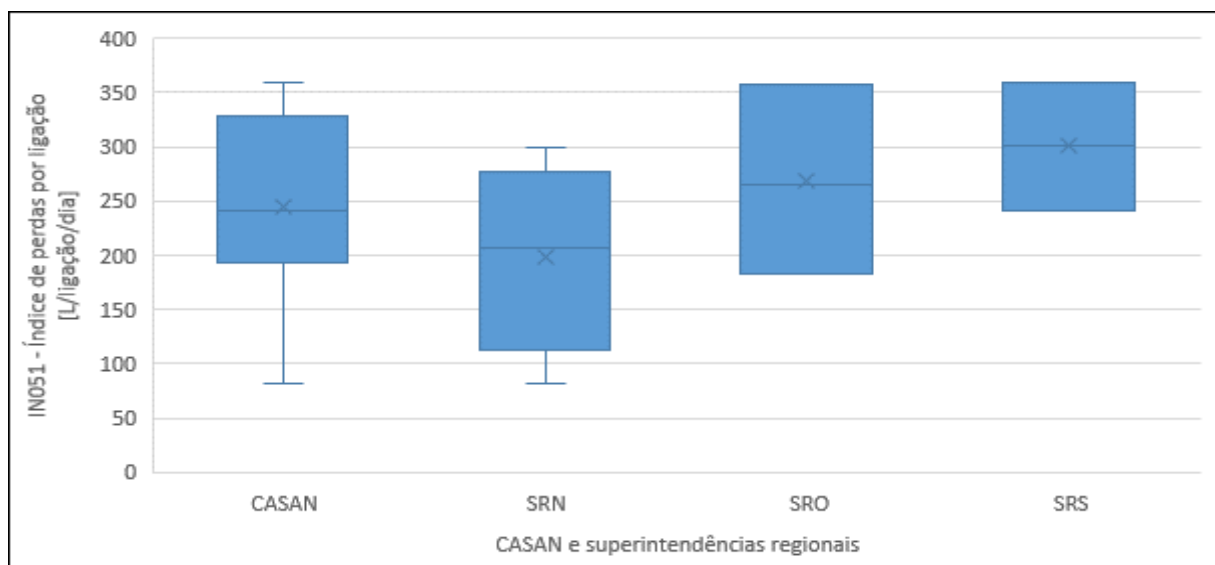


Gráfico 11 – IN051 correlacionado à AG001 até entre 10 mil e 30 mil habitantes por SR.

Para essa categoria populacional não há semelhança perceptível no comportamento do IN051 entre as diferentes SR.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas por ligação (IN051) da CASAN e das superintendências para os municípios com população entre 10 mil e 30 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11 – IN051 das regionais com população total atendida com abastecimento de água entre 10 mil e 30 mil habitantes

AG001 – População entre 10 mil e 30 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	9	0	4	3	2
Média (L/lig./dia)	244,49	-	198,67	268,52	300,07
Mediana (L/lig./dia)	240,90	-	206,69	265,54	300,07

A SRN é a única superintendência que tem média e mediana que atendem aos 216 L/lig/dia da meta final da Portaria 490/2021. E diferentemente das demais análises, é a SRN que contém o maior número de municípios nesta análise (4), seguida da SRO (3 municípios) e da SRS (2 municípios), já a SRM não tem amostra nesta. Porém, apesar da maior representatividade e melhor desempenho da SRN, as médias e medianas mais altas da SRO e da SRS parecem afetar o IN051 da CASAN - que por sua vez também não cumpre com a meta final da portaria.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) acima de 30 mil habitantes

O Gráfico 12 a seguir mostra os valores do índice de perdas por ligação (IN051) dos municípios da CASAN e de cada superintendência com população atendida com abastecimento de água (AG001) acima de 30 mil habitantes.

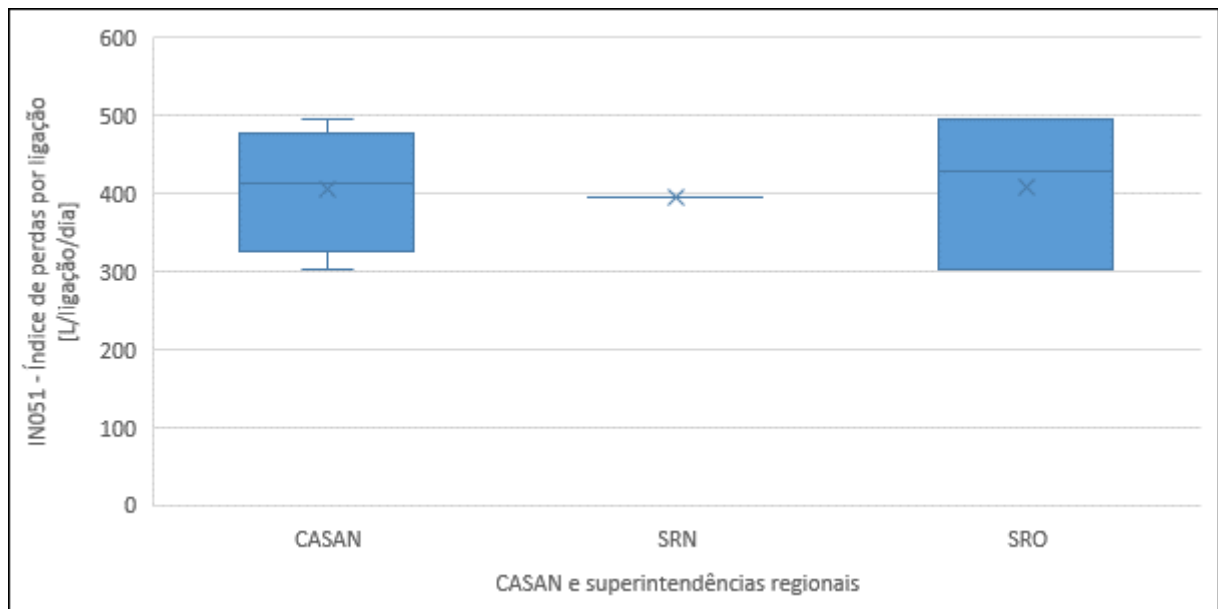


Gráfico 12 – IN051 correlacionado à AG001 acima de 30 mil habitantes por SR.

Apesar da análise prejudicada pela falta de representatividade das superintendências, nota-se que a CASAN e a SRO têm comportamentos semelhantes para o índice de perdas por ligação.

A partir do gráfico, foram encontradas as médias e medianas do índice de perdas por ligação (IN051) da CASAN e das superintendências para os municípios com população acima de 30 mil habitantes. Estes resultados são apresentados na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 – IN051 das regionais com população total atendida com abastecimento de água acima de 30 mil habitantes

AG001 – População acima de 30 mil habitantes	CASAN	SRM	SRN	SRO	SRS
Nº de municípios	4	0	1	3	0
Média (L/lig./dia)	404,99	-	394,78	408,39	-
Mediana (L/lig./dia)	411,66	-	394,78	428,55	-

Essa análise é a que tem o menor número de amostras geral, totalizada por 4 municípios, sendo 3 deles da SRO e apenas 1 da SRN. A SRM e SRS não possuem municípios com população acima de 30 mil habitantes com macromedição acima de 90%.

Assim, faz-se possível verificar apenas o comportamento da SRO e, por conseguinte, da CASAN. Percebe-se que o índice de perdas por distribuição para a SRO e CASAN tem valores próximos entre médias e medianas, o que já era esperado devido à baixa influência das demais superintendências. E como anteriormente verificado para o IN049, as médias e medianas dos municípios com população acima de 30 mil habitantes não respeitam à meta final da Portaria 490/2021 de 216 L/lig./dia para o IN051. Assim como nenhum município da análise, visto que o menor índice de perdas é 301,78 L/lig./dia (representado por Xanxerê).

Resultado Geral

Após o cumprimento de todas as etapas das análises descritivas, realizadas igualmente para o índice de perdas na distribuição (IN049) e ao índice de perdas por ligação (IN051), observou-se melhor eficiência do IN051 perante às metas da Portaria 490/2021 e maior clareza na tendência de aumento do índice de perdas concomitante ao aumento populacional. Quanto a esta tendência, revelou-se uma quebra deste crescimento no intervalo de 2.500 e 5 mil habitantes e o aumento linear nas categorias populacionais seguintes (a partir do intervalo entre 5 mil e 10 mil habitantes).

TERCEIRA ETAPA: ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após análise descritiva dos dados por meio de gráficos *boxplot*, determinou-se a relação entre a população abastecida (AG001) e o índice de perdas na distribuição (IN049), assim como no índice de perdas por ligação (IN051), através do método estatístico de regressão linear. Além disso, em função de alguns resultados encontrados especificamente na análise descritiva do fator população e sua influência nos IN049 e IN051, aplicou-se a regressão linear para cada índice de perdas, dividindo-se os grupos entre municípios de até 10 mil habitantes e acima de 10 mil habitantes.

Esta análise foi aplicada apenas para as principais tendências verificadas na etapa anterior. O objetivo principal foi refinar e confirmar estatisticamente os principais resultados obtidos na análise descritiva.

O município de Chapecó foi excluído dos dados por conta da discrepância da população abastecida – são 203.270 habitantes, sendo que o município imediatamente menor é Indaial com 69.425 habitantes (que passa a ser, desta forma, o município mais populoso da análise).

RESULTADOS TERCEIRA ETAPA

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001)

Para análise geral deste indicador, considerou-se todos os municípios com índice de macromedição considerado satisfatório na estatística de regressão linear entre a variável independente AG001 – população total atendida com abastecimento de água e a variável dependente IN049 – índice de perdas na distribuição.

Por estes dados não foi verificada uma tendência muito forte de aumento das perdas de água na distribuição conforme o aumento populacional, como identificado nas Tabela 13 e Tabela 14 de dados estatísticos da regressão, dados da análise e dados da saída da regressão, respectivamente.

Tabela 13 – Estatística de regressão entre AG001 total e IN049

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,2709
R-Quadrado	0,0734
R-quadrado ajustado	0,0609
Erro padrão	9,8863
Observações	76,0000

Tabela 14 – Análise de coeficientes entre AG001 total e IN049

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	33,3230	1,3148	25,3451	0,0000	30,7033	35,9428	30,7033	35,9428
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	0,0002	0,0001	2,4209	0,0179	0,0000	0,0004	0,0000	0,0004

Fonte: Elaboração própria (2022).

Nota-se pelo R múltiplo que a relação linear entre o IN049 e AG001 é de 27,09%. E que através do R-Quadrado, sabe-se que 7,34% do modelo se ajusta aos dados, ou seja, 7,34% dos dados são representados pelo modelo.

Constata-se por meio dos dados de saída que o índice de perdas na distribuição varia entre 30,7% e 35,94%. E com o valor-P menor que 0,05 (com 95% de significância), comprova-se que o valor do coeficiente ou interseção não pode ser reduzido a zero, o que permite a consideração da variável no estudo.

Através desta validação do valor-P, mesmo tendo R múltiplo apresentado uma correlação pouco satisfatória, juntamente ao evidenciado nos gráficos com as análises descritivas que deduzem a tendência de aumento do índice de perdas com o aumento da população, aprofundou-se o estudo com a análise de dois grupos: população total atendida com abastecimento de água com até 10 mil habitantes e o outro com população acima de 10 mil habitantes.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) com até 10 mil Habitantes

A estatística de regressão linear entre a variável independente AG001 – população total atendida com abastecimento de água considerando somente os municípios com até 10 mil habitantes e a variável dependente IN049 – índice de perdas na distribuição permitiu constatar a deficiência da tendência de aumento das perdas conforme o aumento populacional neste grupo, como identificado nas Tabelas Tabela 15 e Tabela 16 de dados estatísticos da regressão e dados da saída da regressão, respectivamente.

Tabela 15 – Estatística de regressão entre AG001 até 10 mil e IN049

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,0321
R-Quadrado	0,0010
R-quadrado ajustado	-0,0151
Erro padrão	10,4886
Observações	64,0000

Tabela 16 – Análise de coeficientes entre AG001 até 10 mil e IN049

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	33,7955	2,3395	14,4458	0,0000	29,1190	38,4720	29,1190	38,4720
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	0,0002	0,0006	0,2532	0,8010	-0,0011	0,0014	-0,0011	0,0014

Nota-se pelo R múltiplo que a relação linear entre o IN049 e AG001 é de 3,21%. E que através do R-Quadrado, sabe-se que 0,1% do modelo se ajusta aos dados, ou seja, nenhum município é representado pelo modelo.

Constata-se por meio dos dados de saída que o índice de perdas na distribuição varia entre 29,12% e 38,47%. E com o valor-P maior que 0,05 (com 95% de significância), comprova-se que o valor do coeficiente ou

interseção pode ser reduzido à zero, o que confirma desconsiderar a correlação entre o IN049 e o AG001 para municípios com população até 10 mil habitantes.

Índice de Perdas na Distribuição (IN049) e População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) acima de 10 mil Habitantes

Realizou-se a estatística de regressão linear entre a variável independente AG001 – população total atendida com abastecimento de água acima de 10 mil habitantes e a variável dependente IN049 – índice de perdas na distribuição. E comprovou-se uma tendência de aumento das perdas conforme o aumento populacional neste grupo, como identificado nas Tabela 17 e Tabela 18 de dados estatísticos da regressão e dados da saída da regressão, respectivamente.

Tabela 17 – Estatística de regressão entre AG001 acima de 10 mil e IN049

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,7512
R-Quadrado	0,5644
R-quadrado ajustado	0,5208
Erro padrão	5,9327
Observações	12,0000

Tabela 18 – Análise de coeficientes entre AG001 acima de 10 mil e IN049

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	29,6031	2,9814	9,9294	0,0000	22,9602	36,2459	22,9602	36,2459
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	0,0003	0,0001	3,5993	0,0049	0,0001	0,0005	0,0001	0,0005

Nota-se pelo R múltiplo que a relação linear entre o IN049 e AG001 acima de 10 mil habitantes é de 75,12%. E que através do R-Quadrado, sabe-se que 56,44% do modelo se ajusta aos dados, ou seja, 56,44% dos municípios são representados pelo modelo.

O erro padrão dispõe da informação de que 5,21 é a variação da média obtida pelo modelo correlacionado à média da população. Esse valor pode ser utilizado para calcular o intervalo de confiança do modelo. Ou seja, é esperado que o modelo erre em até 5,21 o valor do IN049 para mais ou para menos, com 95% de confiança – o menor encontrado nas análises realizadas até o momento.

Constata-se por meio dos dados de saída que o índice de perdas na distribuição varia entre 22,96% e 36,25%. E com o valor-P menor que 0,05 (com 95% de significância), comprova-se que o valor do coeficiente ou interseção não pode ser reduzido à zero, o que confirma a aplicabilidade da correlação entre o IN049 e o AG001 para municípios com população acima de 10 mil habitantes.

Regressão Linear do Índice de Perdas por Ligação (IN051)

Nesta etapa, consideraram-se todos os municípios da CASAN com nível de macromedicação acima de 90% na estatística de regressão linear entre a variável independente AG001 – população total atendida com abastecimento de água e a variável dependente IN51 – índice de perdas por ligação. Além disso, tendo em vista algumas tendências verificadas na análise descritiva do fator população e sua influência no IN051, aplicou-se a regressão linear dividindo-se os grupos entre municípios de até 10 mil habitantes e acima de 10 mil habitantes.

Constatou-se que é admissível a tendência de aumento das perdas conforme o aumento populacional, revelando resultados mais promissores do que os encontrados no IN049, como identificado nas Tabela 19 e Tabela 20 de dados estatísticos da regressão e dados da saída da regressão, respectivamente.

Tabela 19 – Estatística de regressão entre AG001 total e IN051

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,5146
R-Quadrado	0,2648
R-quadrado ajustado	0,2549
Erro padrão	79,6528
Observações	76,0000

Tabela 20 – Análise de coeficientes entre AG001 total e IN051

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	182,2282	10,5929	17,2028	0,0000	161,1214	203,3351	161,1214	203,3351
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	0,0039	0,0008	5,1631	0,0000	0,0024	0,0054	0,0024	0,0054

Nota-se pelo R múltiplo que a relação linear entre o IN051 e AG001 é de 51,46%. E que através do R-Quadrado, sabe-se que 26,48% do modelo se ajusta aos dados, ou seja, 26,48% dos dados são representados pelo modelo.

Constata-se por meio dos dados de saída que o índice de perdas na distribuição varia entre 161,12% e 203,33%. E com o valor-P menor que 0,05 (com 95% de significância), comprova-se que o valor do coeficiente ou interseção não pode ser reduzido a zero, o que permite a consideração da variável no estudo. Na discussão dos próximos resultados aprofundou-se o estudo com a análise de dois grupos: população total atendida com abastecimento de água com até 10 mil habitantes e o outro com população acima de 10 mil habitantes.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) até 10 mil Habitantes

Afim de tentar comprovar uma possível tendência observada nos gráficos *boxplot* e na análise descritiva geral, realizou-se a estatística de regressão linear entre a variável independente AG001 – população total atendida com abastecimento de água considerando somente os municípios com até 10 mil habitantes e a variável dependente IN051 – índice de perdas por ligação.

Essa análise entre as variáveis não permitiu constatar uma forte tendência de aumento das perdas conforme o aumento populacional, como identificado nas Tabela 21 e Tabela 22 de dados estatísticos da regressão e dados da saída da regressão, respectivamente.

Tabela 21 – Estatística de regressão – Estatística de regressão entre AG001 até 10 mil e IN051

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,1866
R-Quadrado	0,0348
R-quadrado ajustado	0,0193
Erro padrão	81,8199
Observações	64,0000

Tabela 22 – Análise de coeficientes entre AG001 até 10 mil e IN051

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	173,6502	18,2499	9,5151	0,0000	137,1692	210,1312	137,1692	210,1312
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	0,0071	0,0047	1,4959	0,1397	-0,0024	0,0165	-0,0024	0,0165

Nota-se pelo R múltiplo que a relação linear entre o IN051 e AG001 é de 18,66%. E através do R-Quadrado, sabe-se que 3,48% do modelo se ajusta aos dados, ou seja, nenhum município é representado pelo modelo. Constata-se por meio dos dados de saída que o índice de perdas na distribuição varia entre 137,17 L/lig./dia e 210,13 L/lig./dia. Porém, apesar dos resultados da regressão linear, o valor-P menor que 0,05 (com 95% de significância) comprova que o valor do coeficiente ou interseção não pode ser reduzido à zero, o que permite a correlação entre o IN051 e o AG001 para municípios com população até 10 mil habitantes.

População Total Atendida com Abastecimento de Água (AG001) acima de 10 mil Habitantes

Realizou-se a estatística de regressão linear entre a variável independente AG001 – população total atendida com abastecimento de água acima de 10 mil habitantes e a variável dependente IN051 – índice de perdas por ligação que comprovou a tendência de aumento das perdas conforme o aumento populacional, como identificado nas Tabela 23 e Tabela 24 de dados estatísticos da regressão e dados da saída da regressão, respectivamente.

Tabela 23 – Estatística de regressão entre AG001 acima de 10 mil e IN051

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,7913
R-Quadrado	0,6262
R-quadrado ajustado	0,5888
Erro padrão	70,5520
Observações	12,0000

Tabela 24 – Análise de coeficientes entre AG001 acima de 10 mil e IN051

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	163,8693	35,4544	4,6220	0,0009	84,8720	242,8665	84,8720	242,8665
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	0,0042	0,0010	4,0931	0,0022	0,0019	0,0065	0,0019	0,0065

Nota-se pelo R múltiplo que a relação linear entre o IN051 e AG001 acima de 10 mil habitantes é de 79,13%. E que através do R-Quadrado, sabe-se que 62,62% do modelo se ajusta aos dados, ou seja, 62,62% dos municípios são representados pelo modelo.

Constata-se por meio dos dados de saída que o índice de perdas na distribuição varia entre 84,87L/lig./dia e 242,87L/lig./dia. E com o valor-P menor que 0,05 (com 95% de significância), comprova-se que o valor do coeficiente ou interseção não pode ser reduzido à zero, o que confirma a aplicabilidade da correlação entre o IN051 e o AG001 para municípios com população acima de 10 mil habitantes.

Destaca-se que a correlação mais efetiva se dá entre o IN051 e AG001 com população acima de 10 mil habitantes. Isso revela o aumento do índice de perdas por ligação de municípios com população acima de 10 mil habitantes conforme o aumento populacional. Podendo este modelo servir como premissa para diretrizes de gestão e combate às perdas de água.

CONCLUSÕES

Para a garantia da confiabilidade dos dados e para a limitação da amostra de municípios adotou-se como premissa a Metodologia para Avaliação dos Indicadores de Desempenho definida pela Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS) para filtrar neste estudo apenas os municípios com índice de macromedição (IN011) a partir de 90%. Isto permitiu identificar uma deficiência na macromedição dos sistemas de abastecimento de água da CASAN – apenas 40% dos municípios têm macromedição satisfatória de acordo com o critério acima elencado. Em termos de superintendência, ressalta-se inicialmente que a SRO e a SRN são as regionais com maior número de municípios atendidos pela CASAN. A primeira apresenta macromedição satisfatória em mais da metade dos seus municípios, convertendo em um diagnóstico um pouco

melhor do que o quadro geral da CASAN. Já a SRN, apesar do alto número de municípios, possui número de municípios com índice de macromedição acima de 90% muito próximo (apenas 1 a mais) ao da SRS – que possui uma amostra de municípios consideravelmente menor. A SRM por sua vez, tem poucos municípios em sua estruturação e também em conformidade ao índice de macromedição. No entanto, apesar da baixa contribuição na amostra total da análise, na SRM há municípios de relevante proeminência econômica e grande notoriedade, como Florianópolis e Santo Amaro da Imperatriz que foram excluídos do estudo justamente por não atingirem os 90% de macromedição.

A tabulação dos dados em programa Excel, conforme categorização das variáveis de população total atendida com abastecimento de água (AG001) exigiu que fossem testados diversos intervalos populacionais. Esse agrupamento dos municípios de acordo com a população e as superintendências mostrou inicialmente que quanto mais populoso é o município, menor é a amostra. Isso pode revelar para a CASAN a importância do estudo dos indicadores operacionais dos municípios de menor porte de SC, por ser a categoria mais numerosa, abrange-se maior número de municípios.

Para cumprimento do objetivo, foram feitos gráficos *boxplot* para verificar possíveis semelhanças no índice de perdas na distribuição (IN049) entre as regionais quando submetidos ao mesmo intervalo estabelecido para população total atendida com abastecimento de água (AG001). Expôs-se por essa análise uma semelhança do IN049 entre os municípios com população entre 2.500 e 5 mil habitantes de diferentes superintendências, o que não ocorreu nos demais intervalos.

As etapas das análises descritivas realizadas para o IN049 foram desenvolvidas também para o índice de perdas por ligação (IN051). No entanto, observou-se melhor eficiência no desempenho deste indicador perante às metas da Portaria 490/2021 e maior clareza na tendência de aumento do índice de perdas concomitante ao aumento populacional. Quanto a esta tendência, revelou-se uma quebra deste crescimento no intervalo de 2.500 e 5 mil habitantes e o aumento linear nas categorias populacionais seguintes (a partir do intervalo entre 5 mil e 10 mil habitantes).

Simultaneamente, investigou-se o desempenho dos índices de perdas de água quanto ao máximo de 25% de perdas na distribuição (IN049) e 216L/lig./dia de perdas por ligação (IN051) exigidos como final da meta estabelecida na Portaria nº 490/2021 (BRASIL, 2021). Constatou-se que a CASAN pouco atendeu ao estabelecido para o IN049, e apresentou perspectivas mais favoráveis para o IN051.

Para complementar a análise sobre os índices de perdas quanto à população total atendida com abastecimento de água através das análises descritivas, bem como à suspeita de uma mudança de comportamento dos municípios com população acima de 10 mil habitantes, determinou-se a correlação dos indicadores IN049 e IN051 ao fator de influência através do método estatístico de regressão linear. O município de Chapecó foi excluído dos dados por conta da discrepância do seu porte populacional.

A regressão linear proporcionou a confirmação de que é possível a correlação entre a população total atendida com abastecimento de água (AG001) aos índices de perdas na distribuição (IN049) e índice de perdas por ligação (IN051). No entanto, evidenciou-se a eficiência do modelo apenas à população acima de 10 mil habitantes, e principalmente quando analisado o IN051. Por estes resultados, legitima-se aprofundar os estudos sobre categorização dos municípios por população total abastecida de água (AG001) na análise de eficiência dos indicadores de perdas de água. Divergente, assim, da proposta da Portaria MDR 490/2021 que estabelece metas únicas para os índices de perdas, logo desconsiderando o fator de influência populacional dos municípios.

Embora os indicadores IN049 e IN051 assegurem a avaliação de perdas de água em sistemas de distribuição, o índice de perdas por ligação – IN051 (L/lig./dia) é mais associado ao desempenho do prestador de serviço (SNIS, 2019). Isso porque o IN051 admite o número de ligações ativas de água, o que proporciona melhores condições de medir a eficiência operacional, considerando as perdas de longa duração (reais ou aparentes) que ocorrem sobretudo nos ramais de distribuição (SNIS, 2019). E são estas razões que tornam o indicador mais semelhante aos indicadores sugeridos pela *International Water Association* (IWA) e, portanto, está mais próximo de retratar o regime de eficiência dos sistemas de abastecimento de água (SNIS, 2019).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H. et al. *Performance indicators for water supply services*. Londres: IWA Publishing, 2000.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO (ABAR); BRASIL. Orientações gerais sobre a Execução do Guia de Certificação do Projeto Acertar por parte das Agências Reguladoras de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário. Brasília-DF: ABAR, Ministério das Cidades, 2018. Cartilha.
3. AZEVEDO NETTO, J.M., PARLATORE, A.C. et al. Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. CETESB/ASCETESB, São Paulo, p. 15-27, 1987.
4. BRASIL. Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 08 jan. 2007.
5. BRASIL. Lei 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984. Diário Oficial da União, Brasília, 15 jul. 2020.
6. BRASIL. Lei 14.546, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, 4 abr. 2023.
7. BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Assuntos Econômicos. Guia metodológico para indicadores PPA 2016 – 2019. Coordenação de documentação e Informação – Brasília: MP, 2018.
8. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria Nº 490, de 22 de março de 2021. Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020. Diário Oficial da União. Brasília, 2021.
9. CARVALHO, P.; MARQUES, R. C.. *The influence of the operational environment on the efficiency of water utilities*. *Journal of Environmental Management*. v. 92, p. 2698-2707, 2011.
10. HELLER, P. G. B.; SPERLING, M. V.; HELLER, LEO. Desempenho Tecnológico dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário em Quatro Municípios de Minas Gerais: Uma Análise Comparativa. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 14, 1, p. 109- 118. 2009.
11. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO 24512:2007 - *Service Activities Relating To Drinking Water And Wastewater: Guidelines For The Management Of Drinking Water Utilities And For The Assessment Of Drinking Water Services*.