

FISCALIZAÇÃO DIRETA

NOTA TÉCNICA 20201230.03

ESTABELECE ORIENTAÇÕES SOBRE A COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS MÉDIAS DE PRESSÃO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PROBABILÍSTICAS E NÃO-PROBABILÍSTICAS: ESTUDO DE CASO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE SAPUCAIA DO SUL DURANTE A FISCALIZAÇÃO DIRETA DA AGESAN-RS.

1 INTRODUÇÃO

A Agesan-RS com o propósito de acompanhar e avaliar a qualidade dos serviços prestados, proporcionou um estudo através das técnicas estatísticas de amostragem, com o objetivo de obter a diferença dos resultados da média das pressões na rede de distribuição de água, entre as técnicas de amostragem probabilísticas e não-probabilísticas (AGESAN-RS, 2020b). Com isso, verificará se existem diferenças significativas entre as duas metodologias e também, verificará qual delas apresenta melhor resultado para o planejamento e execução da fiscalização, considerando as variáveis tempo e recursos. O estudo de caso foi realizado com a fiscalização direta da Agesan-RS no município de Sapucaia do Sul (AGESAN-RS, 2020c), sendo a Corsan a prestadora do serviço de água e esgoto.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 TÉCNICA ESTATÍSTICA DE AMOSTRAGEM

A população na estatística é considerada como os eventos ou características que compõem um sistema ou grupo analisado, entretanto, a população pode ter um tamanho muito grande, tornando difícil obter o censo. Portanto, o praticado, são as amostragens estatísticas que extraem uma parte da população, sendo capaz de proporcionar as características representativas (SPIEGEL, 2009).

Estudos apresentados nas obras de Malhotra (2006), Hair et al. (2005), Cooper & Schindler (2016), Downing & Clark (2010) e Neto (2002), afirmam que a amostragem está dividida em 5 etapas sendo elas: definição da população alvo, determinação da composição da amostra, escolha da técnica de amostragem, determinação do tamanho da amostra e execução do processo de amostragem. As técnicas de amostragem podem ser classificadas como não-probabilísticas e probabilísticas. Na amostragem não-probabilística, as técnicas utilizadas para esse método são: amostragem por conveniência, por julgamento, por quotas e bola-de-neve. Na amostragem probabilística, as principais técnicas utilizadas para esses métodos são: amostragem aleatória simples, sistemática, estratificada e conglomerado. A amostragem aleatória simples (AAS) e a amostragem por julgamento são mais adequadas para utilização de fiscalização direta da Agesan-RS (AGESAN-RS, 2020b).

2.2 INFERÊNCIA ESTATÍSTICA PARA DUAS AMOSTRAS COM VARIÂNCIAS CONHECIDAS

Consideramos as inferências estatísticas para diferentes médias $\mu_1 - \mu_2$ das populações com as variâncias σ_1^2 e σ_2^2 conhecidas. As suposições necessárias para o teste são: $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}$ é uma amostra aleatória proveniente da população 1, $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}$ é uma amostra aleatória proveniente da população 2, as duas populações representadas por X_1 e X_2 são independentes e ambas as populações são normais ou se elas não forem normais, as condições do teorema central do limite se aplicam. Um estimar lógico $\mu_1 - \mu_2$ é a diferença nas médias amostrais $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$. Baseado nas propriedades de valores esperados, temos $E(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = E(\bar{x}_1) - E(\bar{x}_2) = \mu_1 - \mu_2$ e a variância de $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ é $V(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = V(\bar{X}_1) + V(\bar{X}_2) = \left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)$. Baseado nas suposições e resultados e nos resultados precedentes, estabelecemos que a grandeza $Z = ((\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)) / \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$, este resultado é usado para formar o teste de hipóteses (MONTGOMERY & RUNGER, 2008).

Montgomery & Runger (2008) consideram que os testes de hipóteses para diferença nas médias $\mu_1 - \mu_2$ de duas populações. Supuseram testar a diferença na média $\mu_1 - \mu_2$ como sendo igual a um valor especificado Δ_0 . Assim, a hipótese nula será estabelecida como $H_0: \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$. Normalmente será especificado $\Delta_0=0$, testando a igualdade de duas médias. Assim, o teste de hipótese para $\mu_1 - \mu_2$ com variâncias conhecidas possui hipótese nula ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$), sendo a estatística de teste $Z = ((\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)) / \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$, com a hipótese alternativa ($H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq \Delta_0$, $H_1: \mu_1 - \mu_2 > \Delta_0$ e $H_1: \mu_1 - \mu_2 < \Delta_0$), para os critérios de rejeição, respectivamente as hipóteses alternativas, $Z_0 > Z_{\alpha/2}$ ou $Z_0 < Z_{\alpha/2}$, $Z_0 > Z_\alpha$ e $Z_0 < Z_\alpha$. O embasamento pode ser representado por um procedimento de 8 etapas, que são:

1º Definir a grandeza de interesse, $\mu_1 - \mu_2$ e $\Delta_0 = 0$;

2º $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ ou $H_0: \mu_1 = \mu_2$;

3º $H_1: \mu_1 > \mu_2$. Se quer rejeitar H_0 ;

4º Definir o nível de significância α ;

5º A estatística de teste é $z_0 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \Delta_0) / \left(\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}\right)$;

6º Rejeitar $H_0: \mu_1 = \mu_2$, se $z_0 > Z_\alpha$;

7º Realização de cálculos para z_0 ;

8º Conclusão do teste.

2.3 FISCALIZAÇÃO DIRETA DA AGESAN-RS

A ação de fiscalização se configura como principal instrumento das agências reguladoras como avaliação da qualidade e desempenho dos serviços prestados nos Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), e têm como principal objetivo: zelar pela adequada prestação dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, verificar a adequação dos serviços, a operação e as condições de manutenção dos sistemas e a qualidade, bem como, a

eficiência no atendimento aos usuários dos serviços. Todo processo de fiscalização está exposto em Agesan-RS (2020a).

2.4 REDES DE DISTRIBUIÇÃO

As redes de distribuição são responsáveis pelo transporte de água até os ramais prediais e na sequência para a população, os entendimentos sobre as características das redes foram verificados na obra Tsutiya (2006). A rede de distribuição de água é a unidade do sistema de abastecimento constituída de tubulações, componentes e equipamentos acessórios, destinada a disponibilizar água potável aos consumidores. Conforme norma específica, da prestação da pressão do serviço de fornecimento de água, deve estar de 10 mca a 50 mca (ABNT NBR 12.218, 2017).

2.5 ESTUDO DE CASO

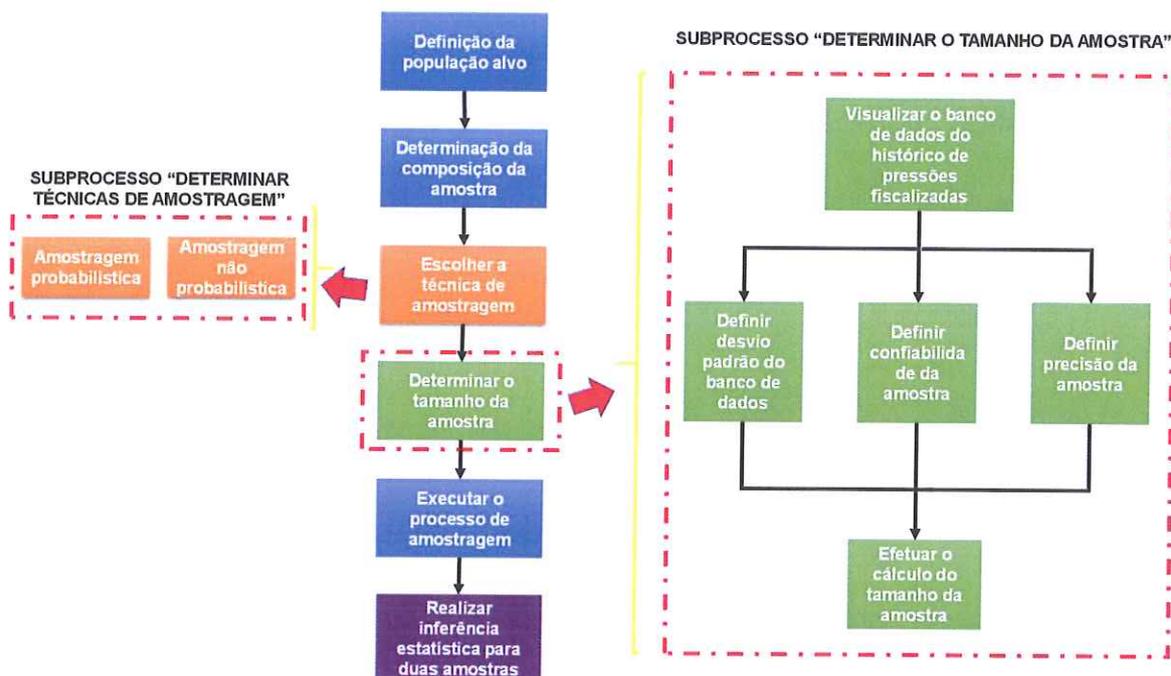
A pesquisa com base em estudo de caso seria o método preferencial em comparação a outros em situações na quais as principais questões da pesquisa são “como?” ou “por quê?”, o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre eventos comportamentais e o foco de estudo é um fenômeno contemporâneo. O estudo de caso investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”), principalmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto puderem não estar evidentes, sendo composta pelo projeto e coleta de dados. Dentre as variações de estudo de caso, pode-se incluir casos únicos ou múltiplos, pode ser limitado a evidências quantitativas e ainda, ser um método útil para fazer uma avaliação. Fazer um estudo de caso de forma apropriada significa ter em vista 5 preocupações tradicionais, que são: conduzir a pesquisa de forma rigorosa, compreender a teoria existente para o estudo de caso realizado, saber como chegar a conclusões generalizadas quando desejado, gerir cuidadosamente o nível de esforço e compreender a vantagem comparativa da pesquisa de estudo de caso (YIN, 2015).

3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de caso (YIN, 2015), na rede de distribuição de água do município de Sapucaia do Sul, para avaliar a existência de diferenças dos resultados das médias de pressões do serviço de fornecimento de água (ABNT NBR 12.218, 2017), utilizando inferência estatística (MONTGOMERY & RUNGER, 2008), para diferentes técnicas estatísticas de uma amostragem populacional (MALHOTRA, 2006; HAIR ET AL, 2005; COOPER & SCHINDLER, 2016; DOWNING & CLARK, 2010; NETO, 2002). Desta forma, verificar-se-á qual técnica de amostragem proporciona melhor resultado para a fiscalização direta (AGESAN-RS, 2020b).

Diante do exposto, demonstrou-se na figura 1, o fluxograma representativo da metodologia proposta para o estudo. Nos próximos capítulos será apresentada uma discussão detalhada sobre os processos apresentados nesta figura.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia de análise das médias amostradas



3.1 DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO-ALVO

A população-alvo da pesquisa é a pressão do serviço de fornecimento de água, prestado pela Corsan no município de Sapucaia do Sul.

3.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA

A população-alvo da pesquisa está definida, assim percebemos, que os elementos da população-alvo são os usuários do fornecimento de água, sendo as residências ou pontos comerciais a representação física destes. Os hidrômetros instalados pela prestadora do serviço representam a vinculação do usuário com a Corsan. Desta forma, o elemento que melhor representaria a população seria o número da ligação do usuário com a prestadora do serviço. Contudo, o município de Sapucaia do Sul possui 39.383 ligações de usuários e não existe (neste momento na Agesan-RS), um procedimento eficiente para organização dos dados das ligações para realização de um sorteio aleatório.

Dentro do exposto, analisando as redes de distribuição, percebeu-se que as vias públicas podem ser os elementos da população, pois as pressões em uma área específica da cidade tendem a ser a mesma (SOARES, 2003). Com isso, utilizamos as vias públicas como elemento principal da população.

3.3 ESCOLHA DA TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

Este trabalho tem o propósito de comparar médias alcançadas com as técnicas de amostragem estatística probabilísticas e não-probabilísticas. Assim, definiu-se uma técnica probabilística e outra não-probabilística (AGESAN-RS, 2020b). A técnica probabilística escolhida foi a amostragem aleatória simples, por ser um método capaz de proporcionar uma distribuição uniforme da amostragem. A técnica não-probabilística escolhida foi por julgamento, devido as redes de distribuição apresentarem características (extensão de rede e posicionamento geográficos) que prejudicam a pressão, impedindo estarem dentro do especificado.

3.4 DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

O estudo realizado pela Agesan-RS, apresentado na (AGESAN-RS, 2020d), define os procedimentos necessários para a definição do tamanho da amostra, na qual utilizou-se a equação 1.

$$n = \frac{\sigma^2 z^2}{D^2} \quad \text{equação (1)}$$

3.5 EXECUÇÃO DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM

A execução do processo de amostragem seguirá o Manual de Fiscalização dos Prestadores de Serviços de Água e Esgoto da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (AGESAN-RS, 2020a).

3.6 INFERÊNCIA ESTATÍSTICA PARA DUAS AMOSTRAS

A inferência estatística para verificar se as médias alcançadas com as duas técnicas estatísticas, probabilística e não-probabilística, podem ser consideradas iguais, quando executada para fiscalização direta da Agesan-RS. Seguindo os 8 passos do procedimento do teste de hipótese (MONTGOMERY & RUNGER, 2008), chegou-se ao seguinte resultado:

1º μ_1 – média da AAS, μ_2 – média amostragem por julgamento e $\Delta_0 = 0$;

2º H_0 : $\mu_1 = \mu_2$, ou seja, supõe-se que a média das duas amostragens são iguais;

3º H_1 : $\mu_1 > \mu_2$, ou seja, supõe-se alternativamente que a hipótese H_0 é falsa;

4º Definiu-se um nível de significância (α);

5º A estatística de teste é $z_0 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \Delta_0) / \left(\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \right)$;

6º Rejeitar H_0 : $\mu_1 = \mu_2$, se $z_\alpha > z_0$;

7º $z_0 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \Delta_0) / \left(\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \right)$

8º Conclusão do teste.

4 RESULTADOS ALCANÇADOS

O estudo realizado pelo Agesan-RS (2020b) definiu as técnicas de amostragem probabilística AAS e não-probabilística por julgamento, que podem ser utilizadas para a fiscalização direta das

pressões de fornecimento de água. Com o escopo do cenário elaborado, executou-se os procedimentos necessários que estão apresentados nos próximos capítulos.

4.1 DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

Utilizando a equação 1, alcançou-se o número de amostras necessárias, conforme os passos descritos a seguir. O desvio-padrão (σ) alcançado no banco de dados de pressões fiscalizadas em 2020 foi de 17,2 mca. O nível de confiança (z) amplamente utilizado nas pesquisas é de 95% (HAIR ET AL., 2005), desta maneira, e também como já analisado na (AGESAN-RS, 2020d), será o nível de confiança adotado pela fiscalização da Agesan-RS. A precisão (D) do intervalo de confiança é $z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n}$ e o erro é $E = |\bar{X} - \mu|$, sendo este menor ou igual a $z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n}$, com $100(1 - \alpha)\%$ de confiança, desta forma podemos considerar a precisão é igual ao erro, como demonstrado matematicamente em Agesan-RS (2020d). Na qual, para o nível de confiança de 95%, o desvio-padrão de 17,2 mca e o tamanho da amostra de 104 medições (valores do banco de dados), a precisão seria de aproximadamente a 3,3 mca. Contudo, como afirmam Hair et. al. (2005) e Molhatra (2006), a precisão pode ser gerada através do julgamento, não sendo necessário cálculos específicos, dessa forma, avaliando juntamente com o cenário de fiscalização, com tempo e recursos limitados, percebeu-se que a precisão de 3,3 geraria um tamanho de amostra de aproximadamente 104, tornando a fiscalização inexequível para o cenário. Portanto, o julgamento do pesquisador torna-se necessário, sendo assim, verifica-se que a média do banco de dados é 28,9 mca e os limites de pressões de fornecimento são de 10 a 40 mca, permitido 50 mca para regiões com diferenças significativas de relevo, conforme especificado pela ABNT NBR 12.218 (2017), permitindo assim, a definição da precisão de 10 mca. Desta forma, alcançou-se o seguinte tamanho de amostra:

$$n = \frac{\sigma^2 z^2}{D^2} = \frac{17,2^2 \cdot 1,96^2}{10^2} = 11$$

4.2 EXECUÇÃO DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM

O município de Sapucaia do Sul foi escolhido para servir de modelo para o estudo. A fiscalização direta no município foi realizada nos dias 16 e 17 de setembro de 2020, com o objetivo de vistoriar o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) e área comercial, sendo a Corsan a empresa prestadora de serviços (AGESAN-RS, 2020c). O planejamento da amostragem foi dividido em duas partes: amostragem aleatória simples e amostragem por julgamento.

4.2.1 REALIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES (AAS)

A discussão do capítulo 3.2 foi utilizada para realização da AAS, na qual temos as vias públicas como os elementos da população para ser realizado o sorteio aleatório da amostragem. Com o propósito de oferecer a mesma probabilidade de escolha para as vias públicas, utilizou-se o site DEV4 - Ferramenta On Line < https://www.4devs.com.br/gerador_de_cep > para definir CEPs aleatórios (DEV4, 2020), na qual cada CEP possui via pública correspondente, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Endereços sorteados aleatoriamente pela Site DEV4

Item	Via Pública
1	Rua João Guedes Filho
2	Rua Marciano Machado
3	Rua Maria Ledi da Silva Ramos
4	Rua José Nunes
5	Rua Dois de Novembro
6	Rua Emílio Janga
7	Rua Santa Bárbara
8	Avenida João Pereira de Vargas, Centro
9	Rua Arlindo José Gross
10	Rua Doutor Otávio Azambuja
11	Rua Imperatriz Tereza Maria Cristina

FONTE: Agesan-RS (2020c).

Percebeu-se que a amostragem aleatória pode criar rotas distantes e imprevisíveis, dificultando o planejamento da rota de amostragem, já que existe tempo e recursos pré-definidos, também se verifica um prejuízo para o planejamento para municípios que possuem apenas um CEP, logo a utilização do site DEV4 seria impraticável, sendo necessário o desenvolvimento de uma nova técnica de sorteio aleatório para a população. Na figura 2, construída com auxílio do Google Earth PRO, verifica-se a distribuição das amostras e o ponto substituído (rua Marciano Machado pela Rua Valter Neves).

Figura 2 – Distribuição da AAS representada no mapa de Sapucaia do Sul



FONTE: Adaptação da imagem do Google Earth (2020). Acesso em 16 de novembro de 2020.

4.2.2 REALIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM POR JULGAMENTO

A amostragem por julgamento definiu pontos de amostragem (vias públicas), através da opinião técnica de um especialista, na qual apontou as áreas que possivelmente seriam pontos de pressões críticas. Para auxiliar no julgamento, foram utilizados os mapas das redes de distribuição de água de Sapucaia do Sul, fornecidos pela Corsan (figura 3).

Figura 3 – Mapa da rede de distribuição de água de Sapucaia do Sul, com as áreas marcadas para amostragem



O mapa, representado pela figura 3, foi montado pelo mapeamento da rede de distribuição de água, fornecido pela Corsan. Observa-se na mesma figura, uma área destacada em laranja que representa o município de Esteio, sendo a área em branco a cima, Sapucaia do Sul. As áreas destacadas em amarelo, foram selecionadas pelo especialista, utilizando o julgamento de distanciamento da rede ao reservatório, conduzindo a uma perda de carga máxima estimada, em função do centro de reservação e que fornece água ao setor e, conjuntamente, os critérios de diferença piezométrica entre os pontos mais altos e baixos do município, que estão presentes no mapa. A equipe de fiscalização, com o objetivo de atender suas demandas nos tempos pré-definidos, especificou os endereços antecipadamente que estão apresentados na tabela 2.

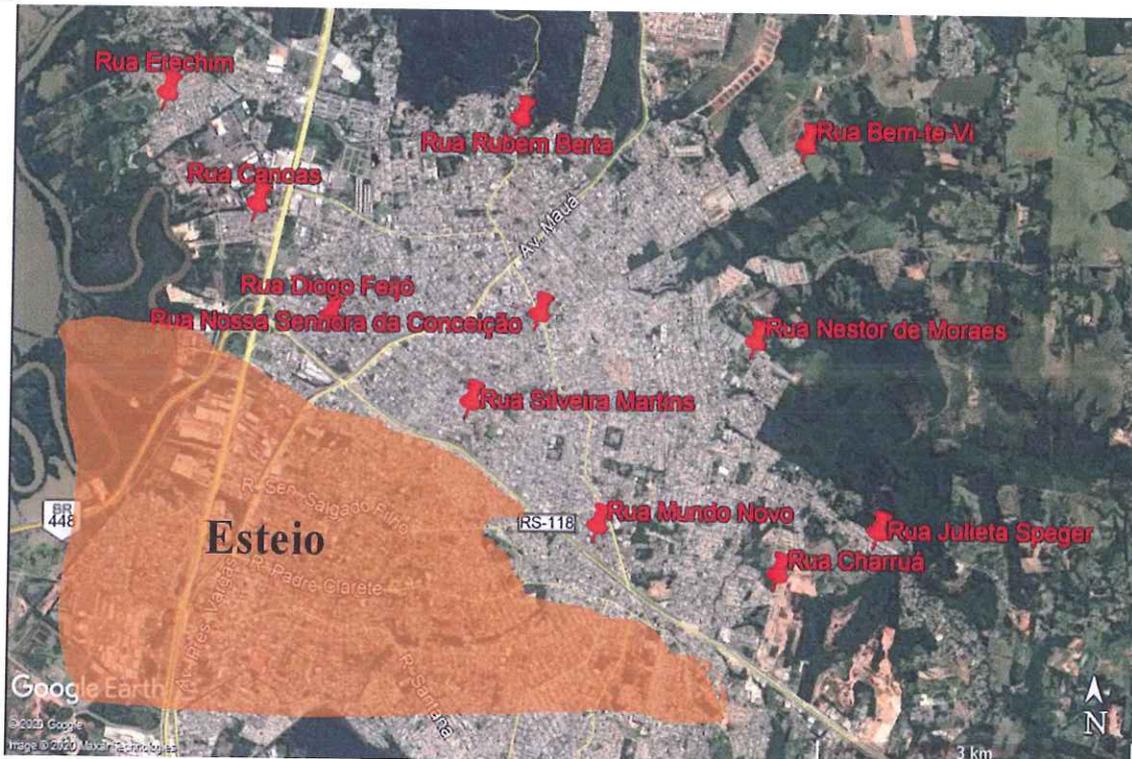
Tabela 2 – Endereços selecionados pelo julgamento

Item	Via Pública
1	Rua Bem-te-Vi
2	Rua Diogo Feijó
3	Rua Charrua
4	Rua Julieta Speger
5	Rua Silveira Martins
6	Rua Nestor de Moraes
7	Rua Canoas
8	Rua Erechim
9	Rua Rubem Berta
10	Rua Mundo Novo
11	Rua Nossa Senhora da Conceição

FONTE: Agesan-RS, 2020

O planejamento da fiscalização para amostragem por julgamento demonstrou-se mais complexo, devido a necessidade da obtenção dos desenhos técnicos da rede de distribuição, da necessidade de impressão dos mapas em folhas A3, a montagem do mapa em local apropriado (devido ao tamanho), avaliar as características do mapa conforme o julgamento proposto para definição das áreas a serem amostradas. A maior vantagem desta amostragem para a fiscalização é definir pontos críticos de pressão que são de grande interesse para a fiscalização direta. Na figura 4, construída com auxílio do Google Earth PRO, verifica-se a distribuição das amostras.

Figura 4 – Distribuição da amostragem por julgamento representada no mapa de Sapucaia do Sul



FONTE: Adaptação da imagem do Google Earth (2020). Acesso em 16 de novembro de 2020.

4.2.3 PROCESSO DE FISCALIZAÇÃO

A equipe de fiscalização, dentro do escopo de vistorias em todo setor de SAA e SES, organizou o fluxo de amostragem de forma a otimizar o tempo e recursos disponíveis para os dois dias de atividades. Os endereços de amostragem foram pré-definidos e apresentados a equipe técnica da Corsan, na qual efetuou todas as medições em campo com o acompanhamento da equipe de fiscalização. Para as medições utilizou-se um manômetro digital, tipo piezo resistivo, com unidade de engenharia em mca, fabricante Pressgage, classificação NBR 14105-1 "A3" e devidamente calibrado. Na figura 5 está apresentado o manômetro utilizado na fiscalização.

Figura 5 – Vista do manômetro utilizado pela fiscalização



A via pública Marciano Machado, pertencente à AAS, foi substituída pela via pública Valter Nuvés, devido a Marciano Machado não possuir rede de distribuição, assim foi adotado o critério de proximidade, pois a área tende a mesma pressão (SOARES, 2003). A tabela 3 apresenta todos os resultados obtidos durante a fiscalização.

Tabela 3 – Amostragem realizada na rede de distribuição de Sapucaia do Sul

Item	Via Pública	Temperatura °C	Data	Hora	Pressão (mca)
1	Rua Erechim, n. 174	17	16/set	11:37	29
2	Rua Canoas, n. 130	17	16/set	11:45	38
3	Rua Valter Neves, n. 35	18	16/set	15:30	42
4	Rua João Guedes Filho, n. 5	18	16/set	15:58	24
5	Rua Bem-te-Vi esquina com a Cardeal	18	16/set	16:11	30
6	Rua Nossa Senhora da Conceição, n. 701	17	16/set	16:27	31
7	Rua Emílio Janga, n. 25	18	16/set	16:32	24
8	Avenida João Pereira de Vargas, n. 2016	18	16/set	16:40	31
9	Rua Silveira Martins, n. 984	18	16/set	16:45	25
10	Rua Dois de Novembro, n. 101	18	16/set	16:52	37
11	Rua Rubem Berta, n. 1818	19	17/set	11:15	23
12	Rua Nestor de Moraes, n. 170	17	17/set	11:46	41
13	Rua Nestor de Moraes, n. 600	23	17/set	14:41	29
14	Rua José Nunes, n. 41	24	17/set	15:20	22
15	Rua Maria Ledi da Silva Ramos, n. 60	24	17/set	15:40	21
16	Rua Julieta Speger, n.50	23	17/set	15:50	17
17	Rua Arlindo José Gross, n. 221	24	17/set	16:10	28
18	Rua Charrua, n. 40	24	17/set	16:15	11
19	Rua Santa Bárbara, n. 228	24	17/set	16:45	28
20	Rua Mundo Novo, n. 85	24	17/set	17:00	45
21	Rua Diogo Feijó, n. 543	24	17/set	17:20	47
22	Rua Imperatriz Tereza Maria Cristina, n. 142	24	17/set	17:30	37

FONTE: Agesan-RS, 2020

4.2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS RESULTADOS

Utilizando uma planilha eletrônica, as amostragens realizadas foram organizadas por técnica estatística, e através das fórmulas $MEDIA(\text{intervalo})$ e $DESVPAD.D(\text{intervalo})$, calculou-se, respectivamente, a média e o desvio-padrão. A tabela 4 representa a organização, a média e o desvio-padrão calculados.

Tabela 4 – AAS e por julgamento com as médias e desvios-padrão calculados

AAS			Amostragem por Julgamento		
Item	Via Pública	Pressão (mca)	Item	Via Pública	Pressão (mca)
1	Rua João Guedes Filho	24	1	Rua Bem-te-Vi	30
2	Rua Valter Neves	42	2	Rua Diogo Feijó	47
3	Rua Maria Ledi da Silva Ramos	21	3	Rua Charruá	11
4	Rua José Nunes	22	4	Rua Julieta Speger	17
5	Rua Dois de Novembro	37	5	Rua Silveira Martins	25
6	Rua Emílio Janga	24	6	Rua Nestor de Moraes	29
7	Rua Santa Bárbara	28	7	Rua Canoas	38
8	Avenida João Pereira de Vargas, Centro	31	8	Rua Erechim	29
9	Rua Arlindo José Gross	28	9	Rua Rubem Berta	23
10	Rua Doutor Otávio Azambuja	38	10	Rua Mundo Novo	45
11	Rua Imperatriz Tereza Maria Cristina	37	11	Rua Nossa Senhora da Conceição	31
Média:		30,2	Média:		29,5
Desvio Padrão:		7,3	Desvio Padrão:		10,9

4.2.5 REALIZAÇÃO DA INFERÊNCIA ESTATÍSTICA

Seguindo os passos apresentados no capítulo 3.6, chegou-se ao seguinte resultado:

1º μ_1 – média da AAS, μ_2 – média amostragem por julgamento e $\Delta_0 = 0$;

2º $H_0: \mu_1 = \mu_2$, ou seja, supõe-se que a média das duas amostragens são iguais;

3º $H_1: \mu_1 > \mu_2$, ou seja, supõe-se alternativamente que a hipótese H_0 é falsa;

4º Definiu-se um nível de significância (α) de 0,05, com isso, na tabela do padrão da distribuição normal para os valores z_α (MONTGOMERY & RUNGER, 2008), verificou o valor de $z_{0,05}=1,645$;

5º A estatística de teste é $z_0 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \Delta_0) / \left(\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \right)$;

6º Rejeitar $H_0: \mu_1 = \mu_2$, se $z_{0,05} > 1,645$;

7º $z_0 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \Delta_0) / \left(\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \right) = (30,2 - 29,5) / \left(\sqrt{\frac{7,3^2}{11} + \frac{10,9^2}{11}} \right) = 0,161$

8º Já que $z_0 = 0,161 < z_{0,05} (1,645)$, aceitamos a hipótese nula $H_0: \mu_1 = \mu_2$, com um nível de significância de 0,05, e concluiu-se que as amostragens AAS e por julgamento não apresentaram diferenças significativas para justificar a aplicação de um dos métodos para o caso específico.

4.3 RESULTADOS PRÁTICOS

Os resultados alcançados trouxeram três perspectivas de análises, tendo em vista, todo o processo de planejamento e execução da fiscalização direta da Agesan-RS, sendo: o planejamento da fiscalização *versus* as técnicas de amostragem, a execução da fiscalização *versus* as técnicas de amostragem e os resultados das médias amostradas *versus* as técnicas de amostragem.

4.3.1 PLANEJAMENTO VERSUS TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

O planejamento da fiscalização para técnica AAS, demonstrou-se prático com a utilização do site DEV4. Alcançado o tamanho da amostra necessário, rapidamente obtém-se endereços aleatórios, sendo muito prático para o planejamento. Apesar de eficiente, esse método utilizado não seria possível

para municípios que possuem somente um CEP, abrindo a possibilidade de investigação de novos métodos de aleatoriedade.

O planejamento da fiscalização para técnica de julgamento, exige um entendimento maior da rede de distribuição de água e da característica geográfica do município. A aquisição de mapas que contemplam esses dois fatores seriam importantes para avaliação das regiões críticas, da mesma forma, que o auxílio ou intervenção de um especialista com conhecimento técnico dos fatores que diminuem e elevam as pressões nas redes.

Os recursos e tempo despendidos pela equipe de fiscalização para o planejamento da amostragem demonstrou-se mais eficaz para a técnica AAS. A aquisição de mapas, o entendimento geográfico, ter um especialista ou buscar treinamento para o entendimento são situações que agregam tempo e exigem recursos disponíveis e tornam mais complexo o planejamento pela técnica de julgamento.

4.3.2 EXECUÇÃO DA FISCALIZAÇÃO VERSUS TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

Quanto à execução da amostragem, para as duas técnicas, torna-se necessário definir de uma rota otimizada para atender os tempos e recursos previstos para fiscalização. A execução da medição por técnicos da Corsan, foi de grande valia, pois possuem todos os acessórios e aparatos (lacres, ferramentas, conhecimento prático, etc.) necessários para as medições, logo contribui para o aproveitamento do tempo de fiscalização estabelecido.

A pressão da rede em um mesmo setor de abastecimento tende ser a mesma em regiões próximas, desde que não haja desvios de altitude no terreno (SOARES, 2003), deste modo, de forma prática, quando um ponto de amostragem pré-definido ficar impossibilitado de vistoria, deve-se escolher um ponto mais próximo possível com as mesmas características demográficas.

4.3.3 RESULTADO DAS MÉDIAS AMOSTRADAS VERSUS TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

Quanto à análise das diferenças das médias populacionais, através da interferência estatística aplicada, verificou-se, com um nível de significância de 5%, que não existem diferença significadas para as duas médias. Com isso, percebe-se que uma amostragem do tipo probabilística (AAS) e um amostragem não-probabilística (por julgamento), alcançam o mesmo resultado prático, não sendo o principal ponto para a determinação para amostragem.

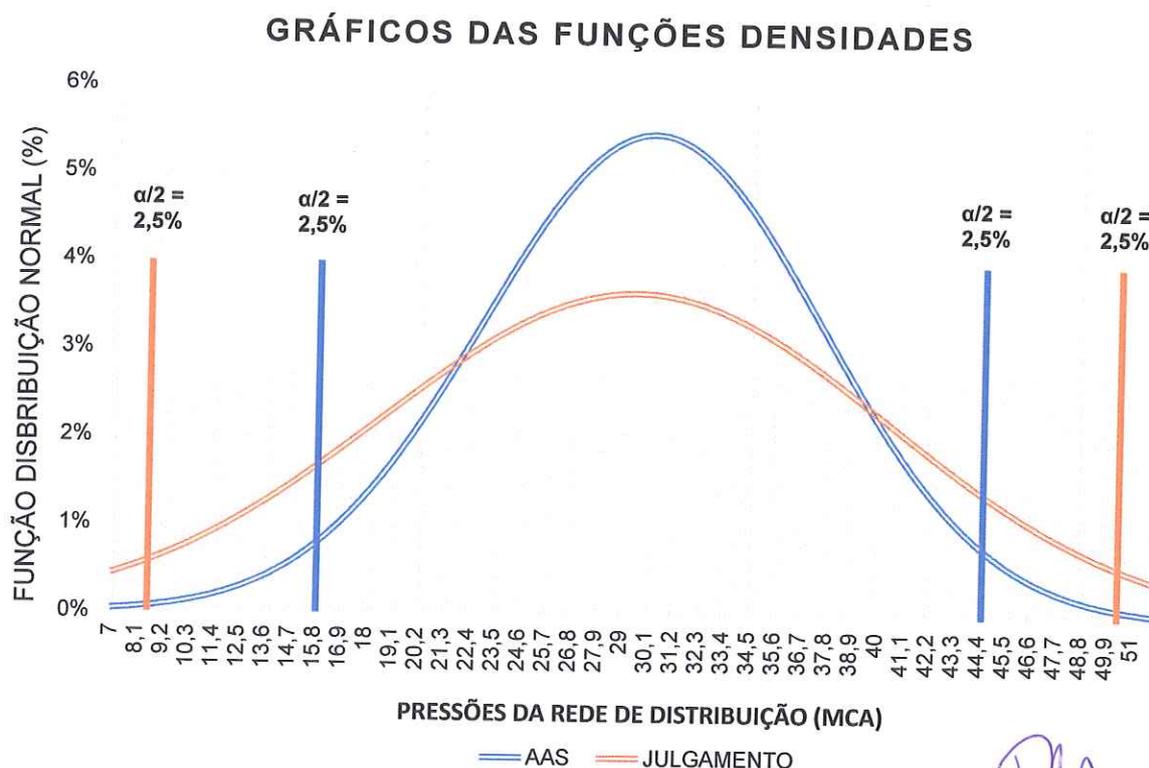
Dentro do exposto, conclui-se que a definição da técnica de amostragem para a fiscalização direta da Agesan-RS, torna-se indiferente para alcançar o resultado da média da população, sendo mais oportuno definir a técnica verificando os benefícios e os malefícios que causa ao planejamento da fiscalização direta. Dentro do estudo, percebeu-se algumas lacunas que podem ser exploradas em outras pesquisas, tais como a definição de uma técnica de sorteio aleatório do número da ligação, desenvolvimento de novos critérios para o julgamento da amostragem para alcançar pontos críticos e desenvolver estudo futuro para definir o intervalo de confiança para a população das pressões da rede de distribuição.

4.3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS

Os resultados alcançados com as amostragens (tabela 4), apresentam médias 30,2 mca e 29,5 mca, desvios-padrão de 7,3 mca e 10,9 mca, respectivamente para a AAS e amostragem por julgamento. Na figura 6 está demonstrado paralelamente o gráfico da função densidade e gráfico da função distribuição normal acumulada, na qual traz algumas análises, com um nível de significância (α) de 5%, sendo assim, analisou-se $\alpha/2$ (2,5%) para cada lado da distribuição.

Verifica-se na AAS que as amostras estão entre 15,9 mca e 44,5 mca com nível de confiança de 95%. Já na amostragem por julgamento, as amostras estão entre 8,1 mca e 50,9 mca, para o mesmo nível de confiança. Esse fato ocorre devido a amostragem por julgamento possuir o desvio padrão superior ao da AAS. Outros fatores observados na figura 6, que também reforçam a análise anterior, são que os limites centrais das funções densidades que são praticamente iguais, porém na AAS existe uma área maior em torno do limite central, ao contrário da amostragem por julgamento que possui um achatamento no seu gráfico, demonstrando maior variabilidade para os extremos. Confirma-se assim, um maior desvio-padrão para amostragem por julgamento. Outra forma de análise, demonstra que a aleatoriedade leva a média com resultados próxima ao limite central. A amostragem por julgamento leva a mesma média utilizando os valores extremos dos resultados. Na figura 7 está apresentado o gráfico de dispersão da distribuição acumulada *versus* as pressões amostradas, na qual se percebe no gráfico da função que para cada valor de pressão (eixo x) existe chance real de ocorrência em percentual (eixo y).

Figura 6 – Função Densidade das Amostragens



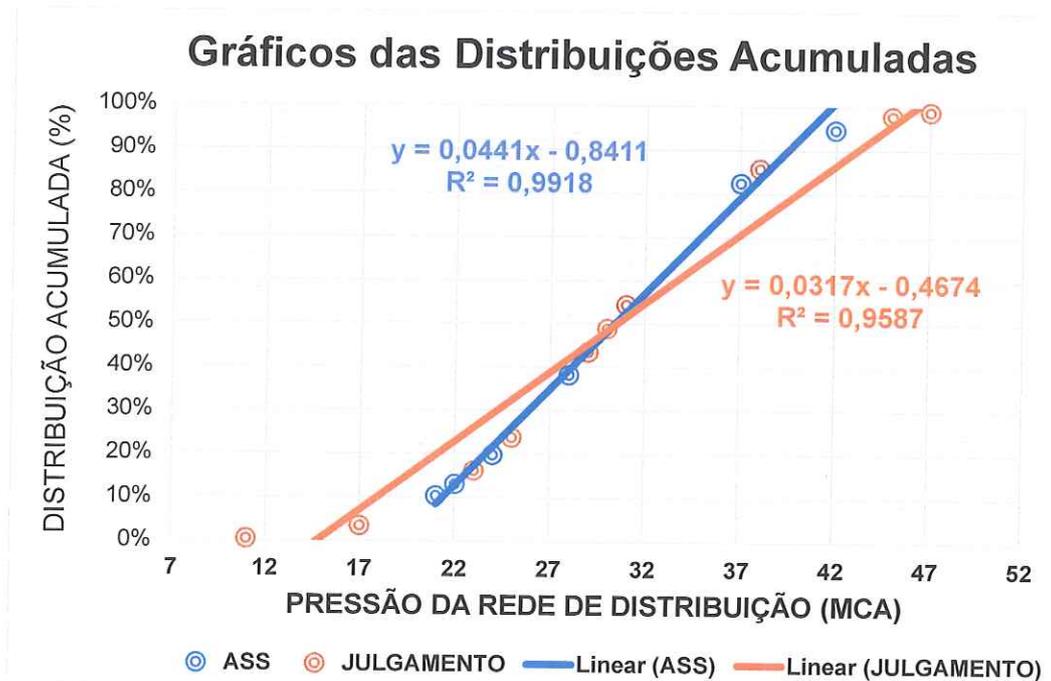
Observa-se na figura 7, a inclinação da linha de tendência da função distribuição normal acumulada da amostragem por julgamento é menor que a da linha de tendência da AAS. Reforçando-se o menor desvio-padrão para a amostragem por julgamento e revelando a intersecção entre as duas linhas próximo ao limite central das duas distribuições. Outra análise que se pode fazer é o intervalo de confiança para uma diferença nas médias, na qual, demonstra-se o equacionamento abaixo:

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \leq \mu_1 - \mu_2 \leq \bar{X}_1 - \bar{X}_2 + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

$$30,2 - 29,5 - 1,96 \sqrt{\frac{7,3^2}{11} + \frac{10,9^2}{11}} \leq 30,2 - 29,5 \leq 30,2 - 29,5 + 1,96 \sqrt{\frac{7,3^2}{11} + \frac{10,9^2}{11}}$$

$$-7,05 \leq 0,7 \leq 8,45$$

Figura 7 – Gráfico de dispersão da função distribuição normal acumulada versus a pressão



Nota-se, com uma confiabilidade de 95%, que o intervalo da diferença das médias vai de -7,05 a 8,45 mca (o valor negativo devido utilizar a fórmula $\mu_1 - \mu_2$). Note que o intervalo de confiança inclui o zero, implicando que existem alternância na superioridade da média entre as amostragens por julgamento e AAS.

A inferência estatística, realizada no capítulo 4.2.5, demonstra que as hipóteses nulas (médias iguais) é aceita, com um nível de significância 5%. O fato das médias realizadas com métodos de amostragens diferentes serem iguais, evidencia que a Corsan está objetivando as pressões de fornecimento de água para o centro da média do especificado pela ABNT NBR 12.218 (2017).

4.4. OPORTUNIDADES

O estudo de caso possibilitou a visualização de oportunidades que podem ser exploradas para a amostragem de pressões. Assim como na AAS que utilizou as vias públicas como elemento da sua população, na qual poderá ser adotada um novo método de aleatoriedade escolhendo os ramais como elemento da população, poderia melhorar a distribuição das chances de uma região a ser sorteada, melhorando o caráter aleatório. Já na amostragem por julgamento, estudos de modelagem hídrica do fornecimento de água da rede podem ser utilizados para definir pontos que possam exceder o especificado.

Neste estudo não foram avaliadas as pressões da rede de distribuição em função do horário, sabendo-se que pressões noturnas tendem ser mais elevadas devido haver menor consumo e os reservatórios estarem mais cheios. Tornando-se assim, uma lacuna para novos estudos da média durante o período de um dia (24 horas). Outra questão que não está sendo verificada, neste estudo de caso, é a variação de pressões com as alterações climáticas em função das estações do ano. Outra influência enorme sobre as pressões, porém não sendo realizado um aprofundamento nas análises, é as diferenças de altitude existentes na zona urbana do município. A questão das perdas de água na rede de distribuição, também, abre caminhos para novos estudos, como eficiência do fornecimento de água no saneamento e o balanço hídrico dos municípios. Para esses estudos, seriam adequadas a aplicações do Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água (ProEESA) e dos métodos da *International Water Association (IWA)* para o balanço hídrico.

Por fim, o estudo não realiza análises aprofundadas das pressões que excederam o especificado (ABNT NBR 12.218, 2017). Pressões abaixo de 10 mca poderiam ser indicativos de dificuldades de fornecimento ao usuário, por vazamentos ou perda de carga apresentados da rede de distribuição, ou equipamentos de pressurização. Pressões acima de 40 mca, podendo-se aceitar 50 mca para geografias com diferenças de altitudes, como assinalado na ABNT NBR 12.218 (2017), são regiões que indicam possibilidades de perdas de água em sua rede. Para as duas situações que extrapolam os limites da norma supracitada, o estudo investigativo das médias possibilitará visualizar setores prejudiciais, possibilitando novos entendimentos de amostragem, como por estratos ou amostragem por conglomerados, que permitiria maior precisão de um setor da rede distribuição, que não esteja adequado em pressões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso para determinação da média da pressão na rede de fornecimento de água do município de Sapucaia do Sul possibilitou definir que os métodos de amostragens probabilística e não-probabilística não apresentaram diferenças significativas entre suas médias (respectivamente 30,2 mca e 29,5 mca) para um nível de significância de 5%, apresentando diferenças no desvio padrão, respectivamente aos métodos de 7,3 mca e 10,9 mca. Desta forma, as diferenças neste último influenciaram na precisão de cada método e no intervalo de confiança da média, apresentando para o método probabilístico uma precisão de 4,3 mca e um intervalo de confiança de 25,9 a 34,5 mca para

nível de confiança de 95%, já para o método não-probabilístico, a precisão foi de 6,4 mca e o intervalo de confiança foi de 23,1 a 35,9 mca para um nível de confiança de 95%.

A utilização da Nota Técnica da Agesan-RS para definição da amostragem de tamanho 11 (AGESAN-RS, 2020d) foi adequada para definição das médias de pressão no sistema de abastecimento de água para um nível de confiança de 95% e uma precisão de 5 mca, possibilitando utilizar esta informação, levando em consideração seus intervalos de confiança, para muitas questões que envolvem o sistema de fornecimento de água, tais como qualidade do serviço, estimativa de perdas, avaliação das redes, etc. As novas possibilidades de estudos identificados poderão agregar no trabalho até então realizado, tornando a Agesan-RS especialista e referência nas questões de pressões em rede de distribuição de água.

6 REFERÊNCIAS

4DEV.S. **Ferramentas On-line**: geradores aleatórios. Página inicial. Disponível em: <https://www.4devs.com.br/gerador_de_cep/>. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL (Agesan-RS). **Aprova o Manual de Fiscalização dos Prestadores de Serviços de Água e Esgoto da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento**. [2020a]. Resolução n. 3, de 29 de setembro de 2020.

AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL (Agesan-RS). **Nota Técnica n. 20201221.01 de 21 dezembro de 2020**. Estabelece orientações sobre a definição da técnica estatística de amostragem mais adequadas para as fiscalizações diretas de medições de pressão da Agesan-RS. [2020b]. Disponível em: <<https://www.agensan-rs.com.br/copia-relatorios-de-fiscalizacao>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2020.

AGESAN-RS (AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL). **Fiscalização direta no Sistema de Abastecimento de Água e Sistema de Esgotamento Sanitário de Sapucaia do Sul**: Relatório Técnico de Fiscalização – 47_2020. [2020c]. Disponível em: <<https://www.Agesan-RS.com.br/relatorios-de-fiscalizacao>>. Acesso em: 29 out. 2020;

AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL (Agesan-RS). **Nota Técnica n. 20201222.02 de 22 dezembro de 2020**. Estabelece orientações sobre a definição da técnica estatística de amostragem mais adequadas para as fiscalizações diretas de medições de pressão da Agesan-RS. [2020d]. Disponível em: <<https://www.agensan-rs.com.br/copia-relatorios-de-fiscalizacao>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, p. 36. 2017.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 12ª Edição. Nova York: LLC, 2016;

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística Aplicada**. 3ª Edição. São Paulo, Saraiva, 2010;

Google Earth Pro. Versão 7.3.3.7786 (64-bit). Google LLC, 2020.

HAIR JR., J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMUEL, F. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Reimpressão 2007. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada**. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

NETO, P. L. O. C. **Estatística**. 2ª Edição. São Paulo: Blucher, 2002.

RUMSEY, D. J. **Estatística para leigos**. Tradução da 2ª Edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2020;

SOARES, A. K. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água para abastecimento considerando vazamentos e demandas dirigidas pela pressão**. São Carlos, 2003. 153 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;

SPIEGEL, Murray R. **Estatística**. 4.ed. Porto Alegre : Bookman 2009 E-BOOK

TUSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3ª Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de Universidade de São Paulo, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2015;

7 ENCERRAMENTO

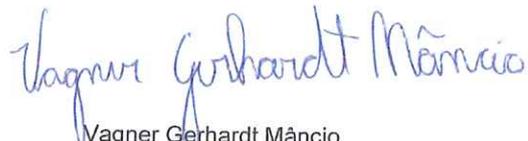
Estes signatários apresentam o presente trabalho concluído, constando de 18 (dezoito) folhas digitadas apenas de um lado, rubricadas, exceto esta última que segue devidamente datada e assinada.

À disposição para esclarecimentos.

Canoas, 21 de Janeiro de 2021.



Daniel Luz dos Santos
Assessor de Fiscalização



Wagner Gerhardt Mâncio
Agente Fiscal



Demétrius Jung Gonzalez
Diretor Geral



Juliana Pelisoli Holz
Coordenadora de
Normatização de Fiscalização

De acordo,



Prof. Dr. Eng. Civil Tiago Luis Gomes
CREA-RS 112109
Diretor de Regulação