

AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO¹

Vagner Gerhardt Mâncio²
Demétrius Jung Gonzalez³

1 INTRODUÇÃO

O Programa de Redução de Perdas (PRP) nos sistemas de abastecimento de água foi instituído pela Agesan-RS com o objetivo de auxiliar os prestadores de serviços na melhoria das suas eficiências, referentes às perdas existentes e, com isso, trazer aos usuários tarifas mais justas e garantir ao detentor do serviço a qualidade exigida. Além disso, o programa contribui para atender às novas definições da Lei Federal nº 14.026/2020,⁴ que alterou o texto da Lei Federal nº 11.445/2007,⁵ ao definir o atendimento ao Decreto Federal nº 10.588/2020,⁶ que estabelece a alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União, com o alcance de metas estabelecidas na Portaria nº 490 do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) (Agesan-RS, 2021).

Portanto, a agência reguladora estabelece as diretrizes e verifica os resultados alcançados pelo prestador de serviço, por meio do monitoramento mensal de informações e da exigência dos planos de atuação e combate às perdas de água (Agesan-RS, 2021). Todas estas definições são realizadas por meio da Resolução CSR nº 005/2021, que instituiu o PRP pela Agesan-RS (2021). Este trabalho irá apresentar uma avaliação do desempenho das perdas de água na rede de distribuição, por meio do controle estatístico de processo (CEP), sendo sinalizadas técnicas de avaliação e propondo alternativas de resolução dos problemas identificados.

2 PANORAMA DA REGULAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

O Brasil atualmente possui agências reguladoras organizadas por setores, tais como: transporte, energia elétrica, saneamento básico etc. O setor de saneamento básico, foco do estudo deste artigo, é regulado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/brua29art10>

2. Coordenador de normatização e fiscalização da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento do Rio Grande do Sul (Agesan-RS); e mestre em engenharia de produção e sistemas.

3. Diretor-geral da Agesan-RS; e mestre em arquitetura e urbanismo.

4. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>.

5. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>.

6. Disponível em: <<https://bit.ly/3Mew4NJ>>.

tem a atribuição de instituir normas de referência para a regulação da prestação dos serviços públicos de saneamento básico por seus titulares e suas entidades reguladoras e fiscalizadoras, conforme estabelecido pela Lei Federal nº 11.445/2007.

A ANA possui uma agenda regulatória para as questões de saneamento básico e, em meio às futuras normas de referência a serem estabelecidas pela agência federal, destacam-se vários elementos relacionados aos contratos a serem firmados entre os titulares do serviço e os prestadores de serviço (Anderáos, 2021). Por conta dessa padronização dos instrumentos negociais a encargo da ANA, somada à impossibilidade de novos contratos de programa (sem licitação), visualiza-se que o setor migrou de um modelo de regulação discricionária, ou meramente definida pela agência, para um modelo de regulação contratual, em alusão a uma aparente dicotomia existente entre estes modelos (Anderáos, 2021).

No modelo de regulação discricionária, entidades reguladoras independentes recebem a responsabilidade de definir preços e condições de serviço, bem como de estabelecer regras relativas à organização e às finanças dos prestadores de serviços públicos (Joskow, 2007). Grande parte do referencial teórico sobre a regulação de monopólios naturais atribui à agência reguladora o papel de definir os preços dos serviços (Joskow, 2007).

No que concerne aos aspectos de regulação contratual, o décimo artigo do marco do saneamento de 2007 estabeleceu a necessidade de celebração de contrato para a prestação de serviços públicos de saneamento básico, quando o prestador não for entidade integrante da administração do titular, “sendo vedada a sua disciplina mediante convênios, termos de parceria ou outros instrumentos de natureza precária” (Carvalho, 2022, p. 30).

Apesar de existir uma tendência de que a regulação contratual predomine no cenário do saneamento básico nacional, a regulação discricionária é a mais exercida atualmente. Dentro desse contexto, iremos iniciar a apresentação da forma de regulação exercida pela Agesan-RS, assim como as leis que atribuem suas competências.

A Lei Federal nº 11.445/2007, que instituiu as diretrizes para o saneamento básico nacional, estabeleceu que a entidade reguladora, observadas as diretrizes determinadas pela ANA, editará normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços públicos de saneamento básico, que abrangerão, pelo menos, os seguintes aspectos: padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços; requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas; as metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e os respectivos prazos; regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão; medição, faturamento e cobrança de serviços; monitoramento dos custos; avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados; plano de contas e mecanismos de informação, auditoria e certificação; subsídios tarifários e não tarifários; padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação; medidas de segurança, de contingência e de emergência, inclusive quanto ao racionamento; procedimentos de fiscalização e de aplicação de sanções previstas nos instrumentos contratuais e na legislação do titular; e diretrizes para a redução progressiva e controle das perdas de água.

A Agesan-RS vem exercendo uma regulação discricionária para a maioria dos seus municípios regulados, tendo entre suas atribuições a instituição de normativas previstas no parágrafo anterior, conforme as normas de referência da ANA. Desta forma, o Protocolo de Intenções (Agesan-RS, 2019) estabelece os objetivos para a regulação do saneamento básico, em que destacamos os seguintes: promover a segurança regulatória; buscar e garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas nos regulamentos; definir tarifas que

asseguem o equilíbrio econômico-financeiro dos serviços; e avaliar e promover a eficiência do prestador de serviço.

Por meio da Resolução CSR nº 005/2021 (Agesan-RS, 2021), entre suas várias competências, a Agesan-RS desenvolveu o PRP, para fomentar a eficiência do prestador de serviço neste tema. O PRP estabelece o desenvolvimento do diagnóstico, o desenvolvimento de resoluções pela análise de impacto regulatório, o estabelecimento de metas e o monitoramento das evoluções do desempenho.

Portanto, destaca-se o tópico do monitoramento, foco deste estudo, em que a Agesan-RS estabeleceu o acompanhamento, por meio de fiscalização indireta,⁷ dos dados relacionados aos consumos de água dos sistemas. O PRP definiu a utilização do CEP como ferramenta para o acompanhamento, de forma que as situações que se demonstrarem anômalas ao processo serão devidamente demandadas ao prestador de serviço para apresentação das tratativas, seguindo o Manual de Fiscalização⁸ da Agesan-RS e a resolução de penalidades.⁹

3 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

Tardelli Filho (2016) e Manzi (2020) definem que o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é a fonte de informações para perdas nos sistemas de abastecimento de água, destacando-se os seguintes indicadores: índice de perdas na distribuição (%), índice bruto de perdas lineares (m³/km por dia) e índice de perdas por ligação (litros/ligação por dia). Os autores citam, também, o indicador que relaciona um volume anual de perdas reais (*current annual real losses* – CARL) com as perdas inevitáveis (*unavoidable annual real losses* – UARL), denominado índice de vazamentos na infraestrutura (*infrastructure leakage index* – ILI). Assim, um sistema não deve apresentar perdas reais inferiores às inevitáveis, ou seja, o ILI sempre deve ser maior ou igual a 1.

O SNIS apresenta em seu diagnóstico temático dos serviços de água e de esgoto o índice de perdas na distribuição (IN049) e o índice de perdas por ligação (IN051) como seus principais indicadores para ilustrar o comportamento em níveis nacional, estadual e municipal (Brasil, 2022). O IN051 “tem maior relação com a eficiência operacional, porque a maior parte das perdas reais e aparentes de longa duração ocorrem em ramais de distribuição” (Brasil, 2022, p. 38). Além disso, é esse indicador que sinaliza os principais resultados encontrados, como o volume perdido por ligação de 333,9 litros/dia. Nas macrorregiões, os índices de perdas por ligação variam de 250,6 litros/ligação por dia, na Centro-Oeste, a 601,8 litros/ligação por dia, na Norte (Brasil, 2022, p. 38).

Para Davis, Aquilano e Chase (2001), o CEP é um método quantitativo para monitorar um processo repetitivo, a fim de determinar se ele está operando adequadamente. O CEP utiliza coletas de dados de processo em tempo real ou atualizados e compara as medições atuais com os parâmetros básicos de desempenho. Assim, aplicam-se as técnicas estatísticas, similares aos testes de inferência estatística. Ademais, o método permite o gerenciamento e

7. Fiscalização indireta: modalidade de fiscalização prevista no Manual de Fiscalização da Agesan-RS, estabelecida por meio da Resolução AGO nº 003/2020, na qual o prestador de serviço envia informações à agência por meio de ofício, para que se tenham avaliações pertinentes.

8. Manual de Fiscalização: procedimentos seguidos pela equipe técnica da Agesan-RS para gerar não conformidades, presentes na Resolução AGO nº 003/2020. Disponível em: <<https://agesan-rs.com.br>>.

9. Resolução de Penalidades: procedimentos seguidos pela equipe técnica da Agesan-RS para aplicar multas ou advertências, presentes na Resolução AGO nº 002/2020. Disponível em: <<https://agesan-rs.com.br>>.

operação distinguindo entre as flutuações aleatórias inerentes ao processo e às variações que podem indicar que o processo se modificou.

A obra de Montgomery e Runger (2008) foi utilizada para realizar a análise do comportamento das perdas de água nos sistemas. Inicialmente, cabe ressaltar que o controle estatístico da qualidade pode ser definido como aquele método estatístico e de engenharia que é usado na medida, no monitoramento, no controle e na melhoria da qualidade. Dessa forma, desenvolveu-se o CEP como uma ferramenta capaz de encontrar a estabilidade de um processo e reduzir suas variabilidades.

A aplicação do CEP auxiliou o PRP da Agesan-RS no monitoramento das perdas de água. O programa exige do prestador de serviços informações mensais sobre os sistemas de abastecimento de água, tais como: volumes captados, tratados e consumidos de água, quantidade de ligações e volumes de água tratada importada e exportada. Além disso, exige que os prestadores de serviços apresentem planos anuais sobre a instalação de macromedidores, substituição de hidrômetros, controle e redução de pressões, pesquisa e reparo de vazamentos, substituição de redes etc.

O método proposto neste artigo verificou a evolução dos resultados, por meio do CEP, possibilitando que a agência utilizasse os dados quantitativos para apontar soluções de problema, conforme previsto em suas resoluções. Assim, gerou-se o processo de melhoria contínua para as perdas de água do sistema, com o objetivo de controlar as variabilidades.

A coleta de dados foi realizada mensalmente pela Agesan-RS, por meio de sua Resolução CSR nº 005/2021 (Agesan-RS). As informações solicitadas nesta resolução estão relacionadas ao controle e redução de perda de água do prestador de serviço, na qual utilizou-se a unidade de perda média diária por ligação (litros/ligação por dia) para o cálculo do desempenho. As informações para o cálculo do desempenho foram: volumes de água tratada, de água tratada exportada, de água tratada importada, de água consumida e quantidade de ligações ativas.

A definição da meta utilizou a faixa de doze meses (período-base) de resultados das perdas por ligação, a partir do mês de começo de envio das informações (julho de 2021). Foram calculados a média e o desvio-padrão com o objetivo de estabelecer a linha central (LC), a linha superior de controle (LSC) e a linha inferior de controle (LIC), utilizando o sigma 3. Além disso, serão calculadas as linhas intermediárias com sigma 1 e 2, para avaliar as zonas A, B e C.

Na avaliação dos resultados verificou-se aqueles dos seis meses posteriores ao período-base, recalculando o LC, LSC e LIC. O recálculo se fez necessário, pois a avaliação da amplitude entre LSC e LIC apresentou-se com novo comportamento, com a existência de *outliers*. Outro motivo para o recálculo foram os conceitos apresentados no estudo de Ribeiro e Caten (2012). Os limites de controle devem ser recalculados sempre que houver evidências para tanto, estreitando a amplitude entre LSC e LIC. Dessa forma, as cartas de controle continuarão sendo uma ferramenta eficaz no gerenciamento da variabilidade, separando as causas comuns das especiais, auxiliando na melhoria contínua. O CEP deve ser entendido como uma atividade dinâmica (Ribeiro e Caten, 2012).

Assim, o CEP foi desenvolvido para o período-base de doze meses e o período de resultado de seis meses, permitindo uma avaliação visual das características dos comportamentos. A comparação entre as médias será realizada para verificar as diferenças significativas, por meio do teste t-Student para duas amostras presumidas equivalentes.

Os pontos dos resultados que ultrapassarem os LSC e LIC (*outliers*) deverão ser observados como alertas para o regulador e o prestador. Os padrões de comportamento também deverão ser analisados.

Os comportamentos dos resultados de perdas de água em relação ao período-base da meta indicaram as seguintes situações: média dos resultados diferentes do período-base, resultado específico muito diferente dos demais, comportamentos não aleatórios, vários sistemas de abastecimento com a mesma característica de comportamento etc. O estudo abordou a análise das perdas de água por ligação em cinco sistemas de abastecimento, denominados A, B, C, D e E.

O desenvolvimento desta primeira versão do CEP não seguiu totalmente todas as contribuições técnicas para cálculo dos LC, LSC e LIC, conforme sugerem Montgomery e Runger (2008) e Davis, Aquilano e Chase (2001), ao afirmarem que os valores que extrapolam os LSC e LIC devem ser removidos dos cálculos. Este fato se deu por a agência não possuir os valores anteriores ao mês de julho de 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos 1 ao 5 apresentam os CEPs dos sistemas de abastecimento de água (SAA), denominados A, B, C, D e E, respectivamente. Neles estão apresentados os resultados dos doze meses do período-base de avaliação com sua respectiva média e dos seis meses dos resultados alcançados. Verificou-se a necessidade de recálculo dos LC, LSC e LIC, devido a alterações no comportamento entre os períodos. Consequências características de sistemas dinâmicos, baseando-se nos conceitos apresentados por Ribeiro e Caten (2012).

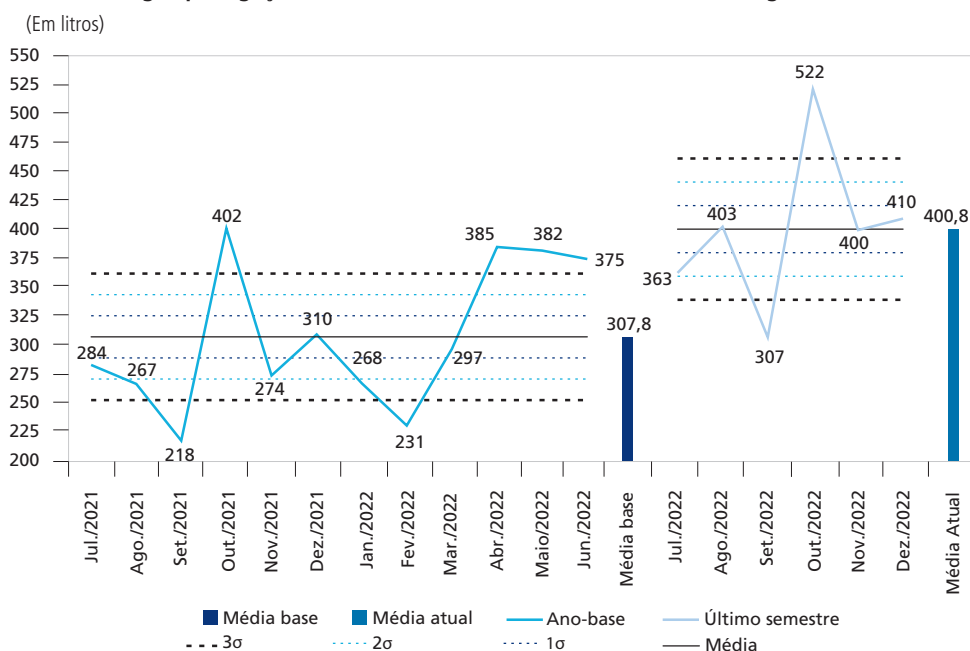
O comportamento dinâmico do SAA ocorre por influência direta de questões como sazonalidade, mudanças de temperatura ambiente e períodos de estiagem. O período-base é utilizado como registro das informações históricas, e o período de seis meses é efetivo para a avaliação da evolução das perdas de água e no questionamento dos *outliers* ao prestador de serviço, com o objetivo de fomentar o controle da variabilidade do sistema.

Desta forma, avaliou-se o comportamento de todos os sistemas. Iniciando pelo SAA “A” (gráfico 1), que apresentou elevação do LC dos resultados, passando de 307,8 para 400,8 litros/ligação por dia, em comparação com o período-base com os seis meses. Ainda foram verificados resultados de setembro de 2022 (307 litros/ligação por dia) e de outubro de 2022 (522 litros/ligação por dia) fora dos LSC e LIC. A confirmação da “diferença” das médias foi vista por meio do teste t-Student para as duas amostras, presumindo variâncias equivalentes, na qual o valor-*p* unicaudal (0,0059) é inferior a α (0,05), para a significância de 0,05.

O SAA “B” (gráfico 2) apresentou elevação do LC dos resultados, passando de 118,4 para 123,6 litros/ligação por dia, em comparação com o período-base com os seis meses. Além disso, verificaram-se resultados de setembro de 2022 (47,0 litros/ligação por dia) e de outubro de 2022 (158 litros/ligação por dia) fora do LSC e do LIC. Entretanto, a confirmação da “igualdade” das médias foi vista por meio do teste t-Student para duas amostras, presumindo variâncias equivalentes, nas quais o valor-*p* unicaudal (0,3969) é superior a α (0,05), para a significância de 0,05.

GRÁFICO 1

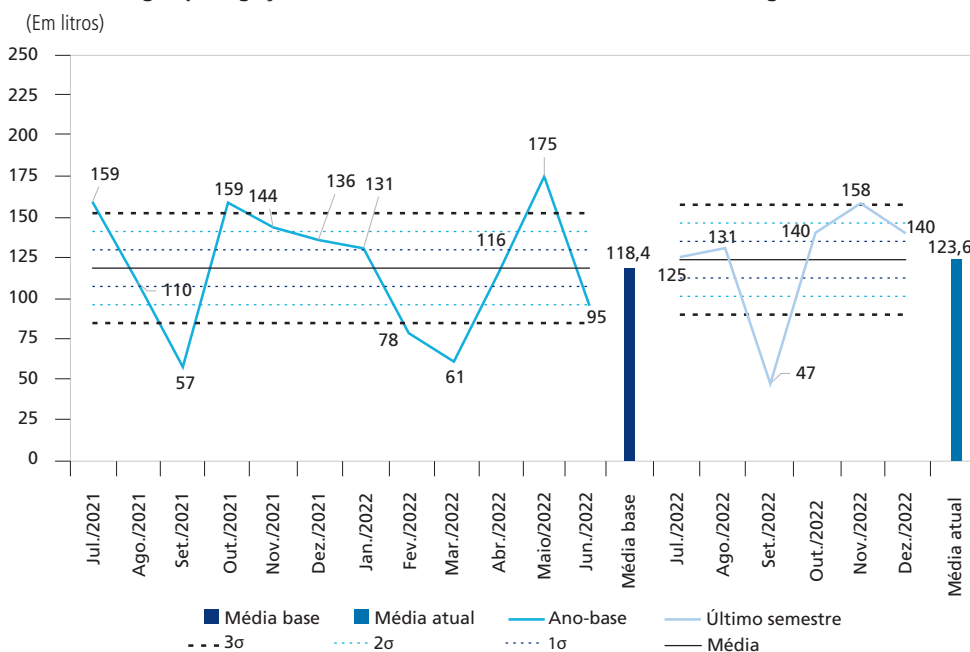
Perdas de água por ligação ao dia: CEP do sistema de abastecimento de água "A"



Elaboração dos autores.

GRÁFICO 2

Perdas de água por ligação ao dia: CEP do sistema de abastecimento de água "B"



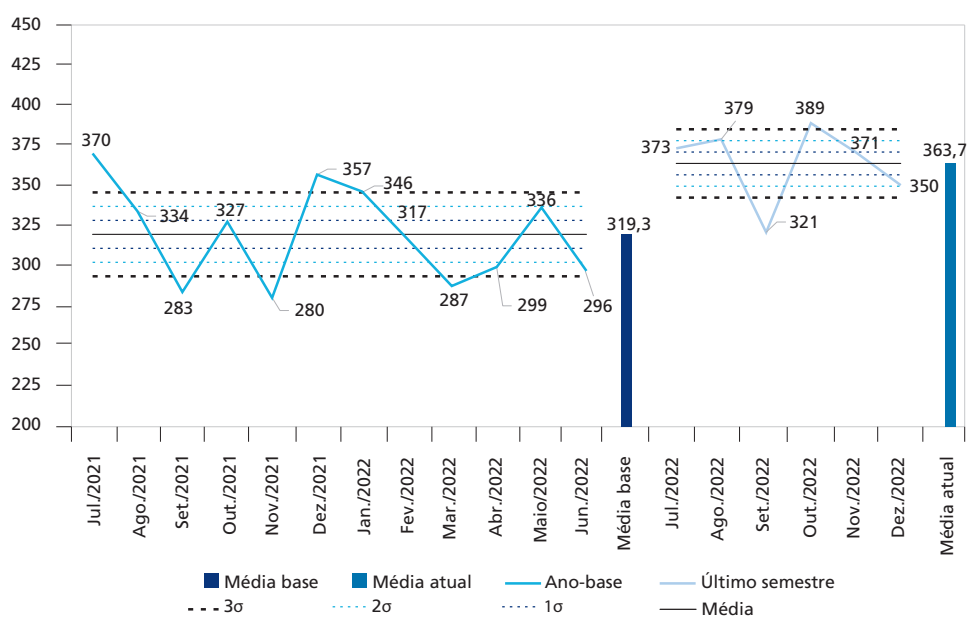
Elaboração dos autores.

O SAA "C" (gráfico 3) apresentou elevação do LC dos resultados, passando de 319,3 para 363,7 litros/ligação por dia, em comparação do período-base com os seis meses. Além disso, verificaram-se resultados de setembro de 2022 (321 litros/ligação por dia) e de outubro de 2022 (389 litros/ligação por dia) fora do LSC e do LIC. A confirmação da "diferença" das médias foi vista por meio do teste t-Student para duas amostras, presumindo variâncias equivalentes, nas quais o valor-*p* unicaudal (0,0034) é inferior a α (0,05), para a significância de 0,05.

GRÁFICO 3

Perdas de água por ligação ao dia: CEP do sistema de abastecimento de água "C"

(Em litros)



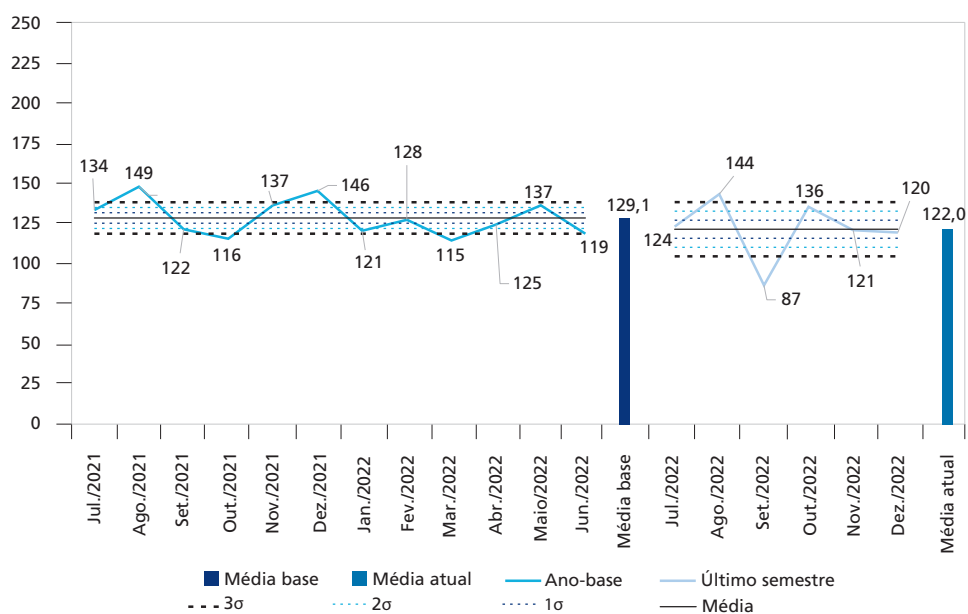
Elaboração dos autores.

O SAA "D" (gráfico 4) apresentou redução do LC dos resultados, passando de 129,1 para 122,0 litros/ligação por dia, em comparação do período-base com os seis meses. Além disso, verificaram-se resultados de agosto de 2022 (144 litros/ligação por dia) e de setembro de 2022 (87 litros/ligação por dia) fora do LSC e do LIC. Entretanto, a confirmação da "igualdade" das médias foi vista por meio do teste t-Student para duas amostras, presumindo variâncias equivalentes, nas quais o valor-p unicaudal (0,1718) é superior a α (0,05), para a significância de 0,05.

GRÁFICO 4

Perdas de água por ligação ao dia: CEP do sistema de abastecimento de água "D"

(Em litros)

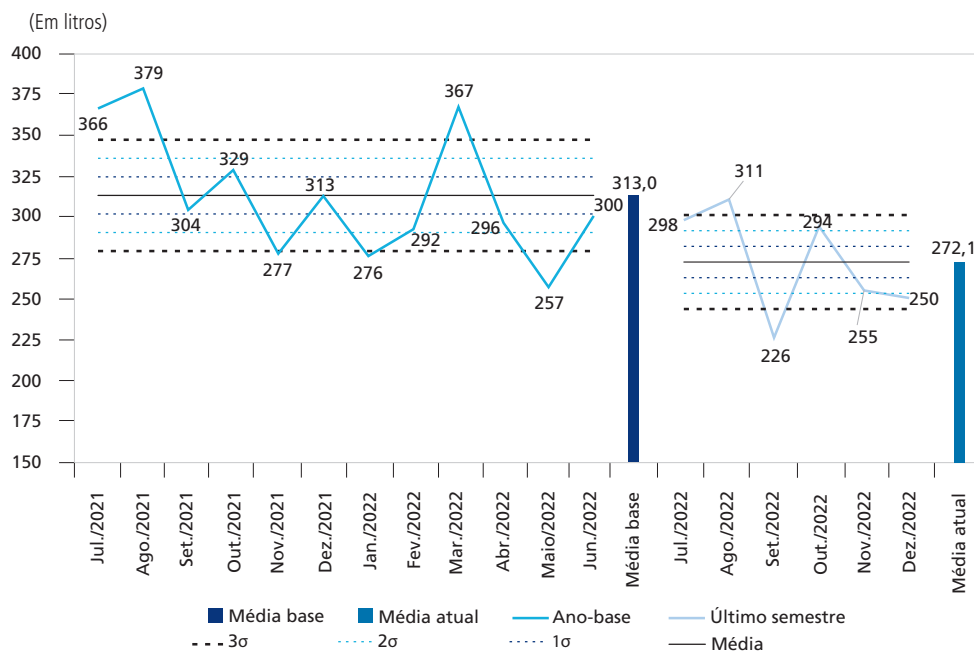


Elaboração dos autores.

O SAA “E” (gráfico 5) apresentou redução do LC dos resultados, passando de 313,0 para 272,1 litros/ligação por dia, em comparação do período-base com os seis meses. Além disso, verificaram-se resultados de agosto de 2022 (311 litros/ligação por dia) e de setembro de 2022 (226 litros/ligação por dia) fora do LSC e do LIC. A confirmação da “diferença” das médias foi vista por meio do teste t-Student para duas amostras, presumindo variâncias equivalentes, nas quais o valor-*p* unicaudal (0,0225) é inferior a α (0,05), para a significância de 0,05.

GRÁFICO 5

Perdas de água por ligação ao dia: CEP do sistema de abastecimento de água “E”



Elaboração dos autores.

Na evolução do LC (média) verificou-se que alguns municípios elevaram e outros diminuíram o LC. Os sistemas que aumentaram o LC (aumentaram as perdas) são passíveis de abertura de não conformidade, porém foi realizado o teste t-Student para verificar se realmente existe diferença entre as médias para um nível de significância de 0,05. Caso as médias apresentem-se iguais, não há necessidade de abertura de não conformidade.

A amplitude (LSC – LIC) que demonstra um aumento é passível de abertura de não conformidade, mesmo que as médias se apresentem iguais para o teste t-Student. O aumento da amplitude significa que existe uma maior variância entre os resultados ocorridos, consequentemente, demonstra um descontrole do processo.

A extrapolação do LSC sinaliza que pode ter ocorrido um problema pontual em algum mês, tal como aumento de rompimento de redes. A extrapolação do LIC pontualmente sinaliza que pode ter ocorrido um erro de leitura ou estimativa dos volumes de cálculo do índice. Logo, os pontuais que fogem ao comportamento normal do CEP precisam ser investigados.

Os pontos que apresentam um comportamento característico no mesmo CEP ou entre vários CEPs demonstram que pode estar ocorrendo manipulação dos dados. Assim, curvas que nitidamente possuem a mesma característica no gráfico ou dois ou mais gráficos com o mesmo comportamento devem ser investigados, devendo-se instituir não conformidades.

Dentro do exposto, os sistemas apresentados estão passíveis de averiguação das ocorrências, sugerindo-se avaliação das seguintes não conformidades:

- sistema A – aumento do LC, mês de setembro de 2022 abaixo do LIC e mês de outubro de 2022 acima de LSC;
- sistema B – mês de setembro de 2022 abaixo do LIC e mês de outubro de 2022 acima de LSC;
- sistema C – aumento do LC, mês de setembro de 2022 abaixo do LIC e mês de outubro de 2022 acima de LSC;
- sistema D – aumento da amplitude, mês de agosto de 2022 acima do LIC e mês de setembro de 2022 abaixo de LSC;
- sistema E – mês de agosto de 2022 acima do LIC e mês de setembro de 2022 abaixo de LSC; e
- todos os sistemas – apresentam uma queda abrupta do resultado de setembro com a posterior elevação do resultado de outubro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos resultados de perdas de água, por meio do CEP, contribui com os prestadores de serviço na introdução das ferramentas de qualidade no gerenciamento das suas atividades. Desta forma, o prestador de serviço pode avançar na sua estruturação para o controle das variabilidades do processo, podendo utilizar outras metodologias para fortalecimento, tais como ISO 9001 e 6 SIGMA.

O CEP integrado à fiscalização indireta da agência irá contribuir para a abertura de não conformidades para resolução dos prestadores de serviço, sendo assim um mecanismo de fomento para o controle e redução de perdas. Sugere-se a atualização das quatro definições do processo sem controle, apresentado por Montgomery e Runger (2008), para abertura de não conformidades ao prestador de serviço.

Portanto, o CEP demonstra ser uma ferramenta adequada para ser utilizada pelas fiscalizações indiretas, podendo facilmente reconhecer padrões de comportamento indesejáveis para as perdas de água no sistema de abastecimento. O CEP também pode ser encarado como fonte geradora do fomento do controle de perdas e da gestão dos sistemas. Para os próximos trabalhos, vê-se a possibilidade de avaliar a evolução do período-base de verificação, tendo em vista a dinâmica dos sistemas.

REFERÊNCIAS

AGESAN-RS – AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. **Protocolo de Intenções da Agesan-RS**. Porto Alegre: Agesan-RS, 2019. Disponível em: <<https://agesan-rs.com.br>>. Acesso: 25 jan. 2023.

_____. **Resolução CSR nº 005/2021**. Estabelece diretrizes para o Programa de Redução de Perdas (PRP) da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (Agesan-RS). Porto Alegre: Agesan-RS, 2022. Disponível em: <<https://agesan-rs.com.br/index.php/resolucoes-csr>>. Acesso: 25 jan. 2023.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Agenda regulatória**. Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/governanca-regulatoria/agenda-regulatoria>>. Acesso em: 7 abr. 2023.

ANDERÁOS, A. O desenho regulatório do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil e a aparente dicotomia entre a regulação contratual e discricionária. **Revista de Direito Setorial e Regulatório**, v. 7, n. 2, p. 24-51, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. **Diagnóstico temático serviços de água e esgoto: visão geral ano de referência 2021**. Brasília: MDR; SNIS, 2022.

CARVALHO, A. A. Regulação econômica e contratos sob o Novo Marco Legal do Saneamento Básico: estudo de caso da concessão da região metropolitana de Maceió. *In*: SILVA, M. S. (Org.). **Concessões e parcerias público-privadas: políticas públicas para provisão de infraestrutura**. Brasília: Ipea, 2022.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DEKKING, F. M. *et al.* **A modern introduction to probability and statistics: understanding why and how**. London: Springer, 2005.

FORSYTH, D. **Probability and statistics for computer science**. Illinois: Springer, 2018.

JOSKOW, P. L. Regulation of natural monopolies. *In*: POLINSKY, A. M.; SHAVELL, S. (Ed.). **Handbook of law and economics**. Amsterdam: Elsevier, 2007. p. 1227-1348.

MANZI, D. **A hidráulica de todo dia no saneamento**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Tradução de Verônica Calado. 2. reimpr. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

SECAF, V. M. S. Descubra o que é controle estatístico de processo, por que é importante fazer e como aplicar no seu modelo de negócio. **Setting Consultoria**, 26 nov. 2020. Disponível em: <<https://setting.com.br/blog/processos/o-que-e-controle-estatistico-processo>>. Acesso: 19 jan. 2023.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. **Controle estatístico do processo: cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perdas quadrática, análise de sistemas de medição**. Porto Alegre: FEENG; UFRGS, 2012. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2023.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da Abes**. Rio de Janeiro: Abes, 2016.