

Gerenciamento de perdas de água em sistemas de abastecimento por meio de indicadores de terceiro nível dos processos envolvidos

Management of water loss control in supply systems using thirty level indicators of involved processes

• **Data de entrada:**

18/08/2022

• **Data de aprovação:**


08/12/2022

Erivelton Bortoli dos Santos^{1*} | Sílvia Cláudia Semensato Povinelli² | Ademir Paceli Barbassa² DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.060>

ORCID ID

Santos EB  <https://orcid.org/0000-0003-0672-0220>

Povinelli SCS  <https://orcid.org/0000-0002-7953-4640>

Barbassa AP  <https://orcid.org/0000-0003-1689-4873>

Resumo

Os eventos extremos de estiagem ocorridos no Brasil, cada vez mais frequentes, a concentração da população e a elevação do consumo dificultam o abastecimento e geram disputas pelo direito de uso da água. Essa situação se agrava ainda mais devido ao índice de perdas de água médio no Brasil atingir patamares de 40% na última década. O objetivo principal foi propor o gerenciamento dos itens importantes ao controle de perdas a partir de seus subitens, pela aplicação de indicadores. Os indicadores ponderaram a qualidade e a influência de técnicas, materiais e procedimentos sobre as perdas. O método foi aplicado ao município de Monte Alto - SP, o qual apresentou sensível redução de perdas. Foram escolhidos nove indicadores de gerenciamento de itens (IG_{item}) do sistema de abastecimento de água, que foram analisados no período de 1996 a 2005. Esses itens foram desdobrados em quarenta e três subitens, aos quais se atribuíram pesos por especialistas e, periodicamente, pontuações (0 a 100) ($IG_{subitem}$), que geraram nove IG_{item} . A média ponderada dos nove IG_{item} representou o índice geral de gerenciamento de perdas de água (IGGPA). Os levantamentos de dados e as interações com funcionários resultaram em relatórios, a base das pontuações. A pontuação de cada subitem, por ser mais simples e verificável, resultou mais verossímil a valoração do item e, por conseguinte, do IGGPA. Foram identificadas quarenta e três ações gerenciais positivas para o SAA e dezesseis ações negativas no período. Notou-se defasagem nas respostas entre o IGGPA e índices convencionais por questões intrínsecas aos índices, mas percebeu-se coerência entre eles.

Palavras-chave: Perdas de água. Sistemas de abastecimento de água. Indicadores de qualidade do SAA.

Abstract

The extreme draught events and anthropogenic factors in Brazil create difficulties in urban water supply and produce competition over the rights of water use. The situation worsens with the high rates of water loss, which has reached 40% last decade. The main purpose of this study was to develop a general management index and specific indicators of techniques, materials and human resources for the control of water losses in an urban water supply

¹ Sabesp - São Paulo - São Paulo - Brasil.

² Universidade Federal de São Carlos - São Carlos - São Paulo - Brasil.

* **Autor correspondente:** eriveltonbs@sabesp.com.br.

system. These index and indicators were applied in the municipality of Monte Alto – SP, for it showed a significant reduction of losses. Nine item management indicators (IG_{item}) from the Monte Alto Water Supply System were chosen to be analyzed from 1996 to 2005. They were further divided into forty-three sub-items, which were assigned weights by specialists, and periodically graded (0 to 100) ($IG_{subitem}$), which resulted in the nine IG_{item} . The average of the nine IG_{item} represent the general management index of water loss (IGGPA). The acquiring of data and interactions with employees resulted in reports, which were the basis for the grades previously mentioned. The grades for each subitem resulted in a more credible valuation of the item, as it is simpler and more verifiable, and therefore, such qualities extend to the IGGPA. There were forty-three positive management actions identified for the WSS and sixteen negative actions in the period. There was a lag between the responses of the IGGPA and the conventional indices due to issues intrinsic of the latter, however it was noted that they were coherent.

Keywords: Water loss. Water supply systems. Quality indicators of WSS.

1 INTRODUÇÃO

A distribuição da água ao longo das regiões do Brasil demonstra um cenário que tende à pequena disponibilidade hídrica por habitante e até escassez, principalmente nas metrópoles, sem amenizar os problemas nos menores centros urbanos (MARENGO et al. 2015; FERREIRA e SOUZA, 2020).

Há sistemas de abastecimento de água (SAA) sem sequer macromedição adequada, micromedição negligenciada, cobrança efetiva que iniba o desperdício, descontrole de receita, prejudicando gerenciamento (SNIS, 2019).

Ocorrem nos SAA basicamente as perdas reais, oriundas de vazamentos e que oneram a produção e as perdas aparentes, devido a falhas na medição e fraudes ou roubos de água, reduzindo a arrecadação.

Segundo o SNIS (2019), as perdas aparentes ocorrem devido principalmente a incertezas no cadastro comercial, grau de exatidão e fraudes nos hidrômetros e nas ligações. Assim, ganham uma condição de prioridade na gestão, podendo viabilizar aumento de receitas, para emprego sequencial no combate às perdas reais. De uma forma geral, são apontadas ações para combate às perdas aparentes englobando tecnologia,

educação ambiental, comunicação social e combate às fraudes com atualização cadastral.

A norma NTS 281, da Sabesp (2013), estabelece uma série de critérios para gestão dos hidrômetros. De forma geral, a substituição deve ser dada em função da idade e também da “quilometragem” ou volume totalizado.

Para um determinado SAA existe um nível de combate a perdas cuja faixa de viabilidade econômica é aquela em que o custo da água recuperada é superior ao custo dos gastos com o combate às perdas (FARLEY, 2003).

Segundo Tardelli Filho (2016), é “lastimável a predominância do valor político de pontualmente se construir em detrimento do ato permanente de operar e manter”.

O controle de perdas depende do empenho e envolvimento dos departamentos administrativos, de operação, manutenção e projeto, de uma atuação contínua e coordenada, da definição de objetivos e avaliação dos resultados além da estratégia global da concessionária (ALEGRE et al., 2005).

A medida e o controle das perdas de água são a melhor avaliação da eficiência operacional, ou

se a operação e manutenção do SAA estão bem conduzidas, conforme Tardelli Filho (2016).

Segundo o SNIS (2019), o índice de perdas na distribuição (IN049) médio do Brasil, apesar de diminuir ao longo dos anos, ainda se encontra em 38%. Esse índice varia de 32,9% (Sudeste) a 46,3% (Norte), os quais, mesmo sem considerar o consumo per capita, representam valores altos.

Mutikanga et al. (2013), em revisão sobre controle de perdas, encontraram numerosos métodos, desde um indicador de desempenho até sofisticados algoritmos de otimização. Entretanto, notaram que suas aplicações no mundo real têm sido limitadas. Esses métodos incluem, para gerenciamento de vazamentos: quantificação por balanço hídrico; monitoramento de vazões e pressões; localização e detecção de vazamentos; gerenciamento de infraestrutura e de pressões. Para perdas aparentes: imprecisão de medidas; erros de leituras; erro na manipulação de dados; consumo não autorizado. Com emprego de otimização: modelos multiobjetivos; análise multicritério. Finalmente por indicadores de performance.

Kusterko et al. (2018) desenvolveram um método multicritério de apoio à decisão construtivista e aplicaram a um SAA. Foram levantadas 94 características julgadas impactantes às perdas de água, resultando em 64 características escaladas ordinalmente, na sequência transformadas em escala cardinal (nível bom 100 e nível neutro 0). Citaram dificuldades na obtenção de dados e elaboração do perfil de impacto, como também apontado por outros autores.

Azevedo e Saurin (2018), em criteriosa e sistemática revisão da literatura, identificaram 21 fatores (mudanças climáticas, renda da população, característica urbana, resiliência do SAA e outros) e evidenciaram a grande complexidade do SAA. Apontaram inter-relação não linear de fatores.

1.1 Índices e indicadores de perdas de água

Os indicadores são elaborados a partir de dados, sejam esses valores quantitativos brutos, sem tratamento estatístico ou registros de avaliações de percepções de atores envolvidos. A agregação de indicadores é uma estratégia para resumir grande número de informações, formando um índice (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Durante o período de 1996 a 2000, várias afiliadas da International Water Association, conforme Thornton et al. (2008), que analisaram perdas de água, detiveram-se em detalhados estudos dos melhores indicadores de desempenho de diferentes SAAs. Eles foram caracterizados pela função e pelo nível em relação às perdas, e são definidos como: nível 1 (básicos): Primeiros indicadores usados para definir um gerenciamento geral e um panorama da eficiência e efetividade de um sistema de perdas de água. Nível 2 (intermediários): Indicadores adicionais, os quais apresentam uma melhor visão do que os indicadores de nível 1, onde se deseja um conhecimento mais aprofundado. Nível 3 (detalhados): Indicadores que apresentam um maior e mais específico detalhamento, mas que são relevantes para que se chegue a um nível de gerenciamento elevado. No Brasil, a maioria dos indicadores utilizados são de nível 1 (básicos) como por exemplo os apresentados no SNIS (2019). No presente trabalho pretende-se construir indicadores de nível 3.

O SNIS (2019) apresenta 22 índices operacionais para SAAs, sendo os seguintes de perdas de água: o IN049 (%); o IN051 (L/ligação); IN013(%); o IN050 (m³/km). Os três primeiros são a base de várias reguladoras brasileiras (COELHO e BIASUTTI, 2016). Em pesquisa junto às agências reguladoras, Biasutti & Coelho (2019) identificaram e compararam indicadores comprovando variações na terminologia, unidade e fórmula, sendo a principal divergência a consideração de volumes importado, exportado ou de serviço. Observaram que o índice de vazamentos da

infraestrutura (IVI) é pouco usado no Brasil pela dificuldade de obter os dados para seu cálculo. Estes índices de perdas são descritos no Quadro 1. Entre os 22 indicadores operacionais do SAA do SNIS (2019), apenas 50% são considerados por 11 sistemas de avaliação analisados, (MUNDIM & VOLKSCHAN JR, 2020).

Segundo Tardelli Filho (2016), o IVI é um número adimensional, obtido a partir da relação de volu-

mes, conforme Eq. 1. Apresenta a proposta mais atual para avaliação da situação das perdas reais e também permite a comparação entre SAAs. Deve ser apurado e tomado com base anual, sugerindo o quanto o sistema está distante do volume de perdas possível de ser atingido.

$$IVI = \frac{\text{Volume anual de perdas reais}}{\text{Volume anual de perdas inevitável}} \quad (1)$$

Quadro 1 - Nomenclatura, fórmulas dos índices de perdas de água segundo SNIS (2019) e presentes em outros sistemas de avaliação.

Índice	SNIS	No de sistemas de avaliação*	Dados
IN049- Índice de perdas na distribuição	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} * 100$	2	AG002 - no de ligações ativas de água AG002* - média entre ano de referência e anterior AG005 - extensão da rede distribuição água Ag005* - média entre ano de referência e anterior AG006 - volume de água produzido AG010 - volume de água consumido AG011 - volume de água faturado AG018 - volume de água tratada importado AG024 - volume de serviço (atividades operacionais e especiais)
IN050 - Índice bruto de perdas lineares	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG005 * 365} * 1000$	3	
IN051 - Índice de Perdas por ligação	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002 * 365} * 1.000.00$	5	
IN013 - Índice de perdas faturamento	$\frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} * 100$	6	

* Usados por sistemas nacionais e internacionais de avaliação (MUNDIM, 2017)

Os indicadores, além da performance da operação, dizem onde ocorrem os problemas e estimam essas perdas. O gestor, entretanto, precisa também das causas dos vazamentos, dos reparos etc., para intervir. Essas causas podem estar no material usado, na sua vida útil, na mão de obra de execução, na existência de padrões de forma geral e treinamento, entre outras. Este trabalho procurou avaliar sistematicamente diversos itens e subitens do SAA de forma detalhada e específica. No artigo foram priorizadas as perdas reais ou físicas, por serem a parcela mais significativa do total.

2 OBJETIVOS

Propor gerenciamento pela aplicação de indicadores específicos ponderando a influência de técnicas, de materiais e de procedimentos im-

portantes ao controle de perdas em um SAA, com os quais se produz um índice geral.

3 MÉTODO

O procedimento proposto para gerenciamento de perdas no SAA pode ser visualizado no fluxograma da Fig. 1.

3.1 Local de estudo

Foi selecionada a cidade de Monte Alto - SP, por apresentar índice de perdas de 25 % (SABESP, 2005), o qual é referência para o Ministério de Desenvolvimento Regional (2021), além de Rússia (21%), China (21%) e México (24%) (GO ASSOCIADOS, 2021). E ainda pela redução expressiva

na diferença entre o volume produzido e o micro medido de cerca de 112.810 m³ em jan/1996, para 65.030m³ em jan/2005, ou seja, redução de perdas (SABESP, 2005), conforme mostra a Fig. 2.

Monte Alto situa-se a cerca de 370 km de São Paulo - SP. Toda a captação para atendimento da demanda é feita através de 6 poços profundos, gerando uma vazão média de 580 m³/h. A reservação total do município é de 6005 m³. A extensão da rede de distribuição de água é de aproximadamente 140.200 m com cerca de 15.000 ligações. O consumo médio estimado por economia, incluindo as perdas, foi de 643 L/dia.

3.2 Gerenciamento de perdas

O foco do trabalho se deu nas perdas reais ou físicas do SAA, embora na avaliação tenha um subitem que verifica as condições da micromedida, que são responsáveis por uma parcela significativa das perdas aparentes. Também não houve abordagem sobre fraudes e outros componentes dessas perdas.

A implantação de um programa para gerenciamento de perdas de um SAA começa com o levantamento de informações de forma a gerar balanços e cálculos de indicadores, subsidiando a equipe no conhecimento da dimensão do problema.

O gerenciamento de um SAA requisita avaliar incessantemente as condições cadastrais, ferramentas usadas para avaliação, critérios para detecção e combate a vazamentos, condições da

infraestrutura, disponibilidade de recursos e outros. Dessa forma, o trabalho elencou nove itens específicos de controle do SAA, para avaliação do desempenho do gerenciamento, designados como IGitem. Cada um desses nove itens foi também subdividido em subitens, para conhecimento de sua condição atual, oportunidade de avanços e planejamento da melhoria ao longo do tempo. Aplicações práticas em outros SAA, dependendo de suas características, requererão acrescentar ou retirar itens e subitens.

A proposta para avaliação do gerenciamento de perdas do SAA considera a criação de um índice geral, com escala percentual, denominado IGG-PA, obtido baseado na ponderação dos índices dos itens (IGitem).

A avaliação de cada item, por sua vez, é conseguida pela média ponderada dos subitens, também avaliados em escala percentual.

O entendimento na elaboração do trabalho é de que nem todos os subitens avaliados têm a mesma importância ou peso na obtenção dos resultados. Por exemplo, em determinado SAA a informação cadastral pode não impactar tanto quanto o controle de pressão na rede.

Com vistas à ponderação do impacto de cada subitem, procedeu-se com a pesquisa junto aos profissionais especialistas da área de saneamento, atuantes em diversas áreas da operadora, desde projeto até reparo de vazamentos, utilizando escala de 0 a 10, com médias para cada subitem.

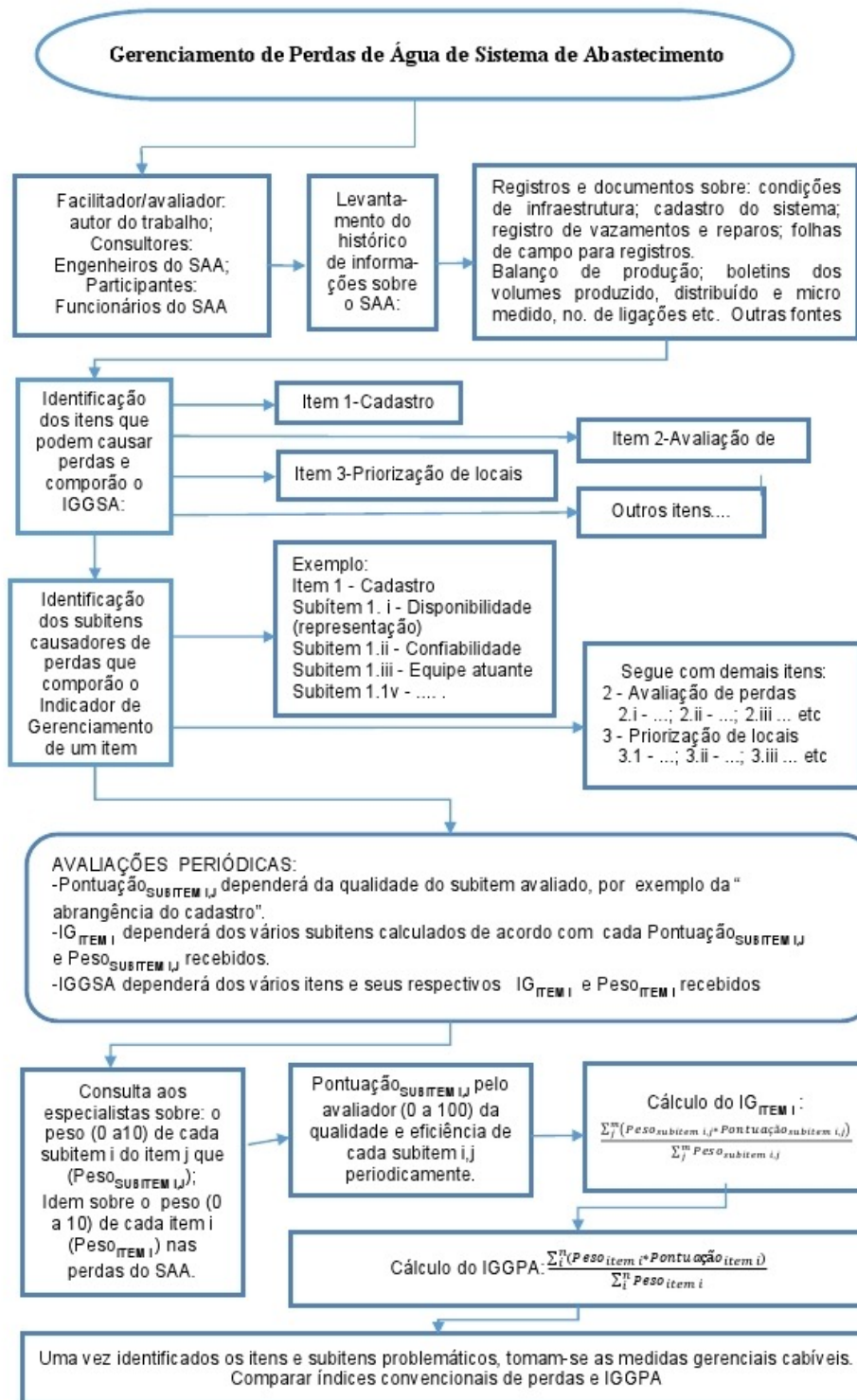


Figura 1 - Fluxograma do procedimento para gerenciamento de perda de água em SAA

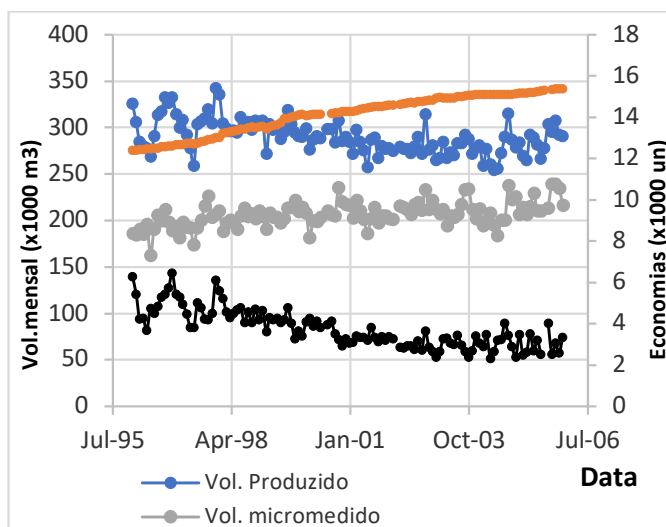


Figura 2 - Volumes mensais ($m^3/mês$) produzidos (azul), micromedidos (cinza) e as diferenças entre ambos (preto); número de economias (laranja)

3.3 Fontes de dados e informações

As formas de registro de operação, manutenção, projeto, gestão de pessoal e financeira disponibilizadas pela operadora do SAA são mostradas no Quadro 2. A existência desses dados, a origem, o tipo, a forma e as normas que foram usadas para produzi-los são da maior relevância nesta análise. Algumas das informações citadas e detalhadas na sequência constituem parte integrante da avaliação.

Quadro 2 - Registros e documentos relativos ao SAA.

Assunto	Tipos de registros e documentos
Condições da infraestrutura	Cadastro do sistema: Planta cadastral; Folha individual por trecho de rede Registros dos vazamentos e reparos Folhas de campo para registro de falhas Solicitações de serviços ou ordens de serviço
Balanco hídrico e controle da produção	Boletins dos volumes da água produzida, distribuída e micromedida; Nº de ligações; extensão de rede. Indicadores – ISO 9001 (ABNT, 2001) – Requisitos do sistema de gestão Monitoramento das vazões instantâneas
Ampliação e adequações do sistema	Normas Técnicas da Operadora Condições de aceitação de novos empreendimentos imobiliários: Diretrizes Técnicas, Análise e Aprovação dos Projetos, Materiais Empregados e Fiscalização das Obras Dossiês e processos de obras executadas
Recursos financeiros	Plano de investimentos plurianual Estudos de viabilidade, projetos e orçamentos Estatística de serviços contratados e terceirizados
Recursos humanos	Relação de funcionários com respectivas atribuições Tempo e qualidade do treinamento dos funcionários

3.4 Itens e subitens do SAA gerenciados

Os itens a serem gerenciados dependem das características do SAA. A tecnologia, o material, o manancial, os recursos humanos e os recursos financeiros são determinantes na definição de quais itens são importantes no gerenciamento, portanto explicam o funcionamento do SAA no que toca à gerência de perdas de água.

Incluíram-se nesta análise os seguintes itens: (1) cadastro; (2) avaliação das perdas; (3) priorização de locais de combate às perdas; (4) equipamentos e métodos de detecção e controle de perdas; (5) causas de perdas nas adutoras e na rede de distribuição; (6) reservação; (7) captação/produção; (8) ramal predial; (9) recursos financeiros destinados ao combate de perdas. Cada um desses itens possui subitens de diferentes pesos. O cadastro do SAA, por exemplo, foi avaliado a partir da abrangência, da confiabilidade, da equipe atuante, da digitalização, dos registros históricos em tabela, em mapas e da acessibilidade. O mesmo detalhamento foi dado aos demais itens. Apresentam-se no Quadro 3 as técnicas, os materiais, os procedimentos e outros recursos selecionados para o SAA de Monte Alto - SP. Diferentes itens e subitens podem ser incluídos ao

método para aplicação em outras cidades, como a estação de tratamento convencional, não presente neste caso.

3.5 Indicadores específicos de controle de perdas de água propostos

A avaliação de cada item e subitem, descritos no Quadro 3, depende do registro sistemático de informações e da confiabilidade dos dados produzidos pelo SAA, inclusive do profissional envolvido, por mais objetivo que seja o item em questão. Os registros foram avaliados de 1996 até 2005. Propõe-se inicialmente avaliar cada item e subitem listados no Quadro 3.

Então criou-se para cada item um "indicador de gerenciamento" ($IG_{item\ i}$), por exemplo, para o item cadastro: $IG_{cadastro}$. Os $IG_{item\ i}$ podem ser avaliados em função do peso e da pontuação dada a cada um dos seus subitens, realizando-se uma média ponderada como se segue:

$$IG_{item\ i} = \frac{\sum_j^m (Peso_{subitem\ i,j} * Pontuação_{subitem\ i,j})}{\sum_j^m Peso_{subitem\ i,j}} \quad (2)$$

Onde i varia de 1 a n , sendo n igual a 9, porque tem-se 9 itens neste trabalho - Quadro 3. Para cada item i , j varia de 1 a m , sendo m o número de subitens de cada item. Por exemplo, no item 1 cadastro, j varia de 1 a 7. Os números de itens (i) e subitens (i,j) dependem de cada SAA.

Peso de cada subitem ($Peso_{subitem\ i,j}$): considerando que os subitens não têm a mesma importância,

podem ser fixados pesos para refletir a influência de cada um. Na Eq. 2, o peso de cada um dos subitens varia de 0 a 10. Os pesos foram obtidos por meio de consulta aos profissionais de SAA.

Pontuação de cada subitem ($Pontuação_{subitem\ i,j}$): ou seu escalonamento, é um tipo de medida que associa avaliações qualitativas com unidades métricas quantitativas. Possibilita a transformação de objetos (textos, relatórios, opiniões, conceitos usuais, etc.) em números de acordo com uma regra (CORNELL OFFICE FOR RESEARCH ON EVALUATION, 2016). No presente projeto de pesquisa, o escalonamento utilizado foi 0 a 100 (do inexistente ou péssimo ao ideal ou excelente), cujas melhorias ou piores foram adotadas em níveis de 10. A pontuação reflete a qualidade e eficiência do subitem que é gerenciado. Fez-se um relatório para cada subitem, a partir do histórico de dados, visita a instalações, consultas a profissionais e usuários. Este documento é a base da pontuação. A pontuação inicial de cada subitem (jan/1996) foi então atribuída, não havendo espaço para aqui descrevê-las, mas apresentaram-se resumos das ações identificadas de 1996 a 2005. Quando essas ações trouxeram melhoria ou atendimento satisfatório, foram indicadas por (↑) e para piora ou desatendimento (↓).

Indicador de gerenciamento do item ($IG_{item\ i}$): o valor deste indicador resulta da média ponderada da pontuação dos subitens que varia ao longo do tempo, e os seus respectivos pesos.

Consultaram-se nove profissionais de projeto e de operação do SAA.

Quadro 3 - Itens e subitens importantes ao controle de perdas de água em um SAA.

1 - Cadastro
1.i - Disponibilidade de documentos de todo o sistema (% de rede cadastrada)
1.ii - Confiabilidade das informações (precisão, representatividade, continuidade)
1.iii - Equipe atuante (em número e em qualificação)
1.iv - Atualização (digitalização dos registros no cadastro)
1.v - Acessibilidade e disponibilidade das informações pelos usuários
1.vi - Registro histórico de intervenções em planilhas/fichas (reparos, trocas de peças, materiais, etc.)
1.vii - Registro histórico de intervenções em planta/croqui (reparos, trocas peças etc.)
2 - Avaliação de perdas
2.i - Indicadores
2.ii - Registros das vazões mínimas noturnas, vazões médias, vazões máximas diárias e vazões máximas horárias
2.iii - Monitoramento ou medida das pressões estáticas e dinâmicas do sistema
2.iv - Análise dos registros dos vazamentos
3 - Priorização dos locais de combate às perdas
3.i - Locais de maior incidência de vazamentos nos últimos doze meses
3.ii - Regiões ou áreas com pressões elevadas
3.iii - Locais de solo ruim e maior tráfego de veículos
3.iv - Locais com a rede mais antiga
3.v - Locais executados com materiais mais inadequados
3.vi - Indicadores da necessidade de ações imediatas
4 - Equipamentos e métodos de detecção e controle de perdas
4.i - Tecnologia, equipamentos e procedimentos utilizados
4.ii - Continuidade e frequência de pesquisa de vazamentos
4.iii - Equipe atuante (em número e em qualificação)
4.iv - Tempo de atendimento para combate ao vazamento
5 - Perdas nas adutoras e na rede de distribuição
5.i - Qualidade da água e do solo
5.ii - Materiais da tubulação – (tipo, idade e condições, atendimento de especific. técnicas e normas)
5.iii - Sobrepressão
5.iv - Assentamento da tubulação e demais peças
5.v - Concepção do projeto
5.vi - Manutenção da linha
5.vii - Efeitos de tráfego de veículos
5.viii - Acomodação do solo
5.ix - Micromedição
5.x - Recursos para ações corretivas
6 - Perdas na reservação
6.i - Extravasamento
6.ii - Vazamentos pela parede ou conexões
6.iii - Atendimento às normas técnicas, padronização e especificações.
7 - Perdas nas captações subterrâneas/superficiais
7.i - Condições das instalações
8 - Perdas nos ramais prediais
8.i - Materiais da tubulação – (tipo, idade e condições, atendimento de especificações técnicas e normas)
8.ii - Sobrepressão
8.iii - Assentamento imperfeito da tubulação e demais peças
8.iv - Padronização
8.v - Eficiência na manutenção da linha
8.vi - Recursos para ações corretivas
9 - Recursos financeiros destinados ao combate de perdas
9.i - Investimentos em treinamento
9.ii - Recursos financeiros para investimentos

3.6 Índice Geral do Gerenciamento de Perdas de Água

Uma vez avaliados todos os itens que afetam as perdas, listados no Quadro 3, pode-se, simplesmente, calcular a média ponderada para obtenção do índice geral. Esse resultado foi chamado de Índice Geral de Gerenciamento de Perdas (IGGPA), conforme Eq. 3.

$$IGGPA = \frac{\sum_i^n (Peso_{item\ i} * IG_{item\ i})}{\sum_i^n Peso_{item\ i}} \quad (3)$$

Na Eq. 3, cada “Pesoitem i” foi obtido da mesma forma que os pesos dos subitens, ou seja, por consulta a nove especialistas em operação. Esses pesos variam de 0 a 10 em função das características do SAA.

3.7 Verificações do IGGPA com índices de perdas convencionais

O IGGPA permite ao gestor identificar deficiências no gerenciamento do SAA em relação às perdas de água. Ele também indica, pelo valor obtido, uma tendência de queda, constância ou melhoria do controle de perdas, então se pode confrontá-lo com índices convencionais. Propõe-se relacionar temporalmente o IGGPA aos seguintes índices:

$$IN049 = \frac{Vp - Vm}{Vp} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde Vp é o volume de água produzido, entregue, fornecido ou disponibilizado à distribuição (macromedição) (m³); Vm o volume de água medido nos hidrômetros instalados nas ligações prediais (micromedição) (m³). Este índice corresponde ao IN049, Quadro 1, se desconsiderar-se o volume de água tratada importada.

O IVI foi definido pela Eq. 1.

Finalmente, NV é o número de vazamentos de água anual (unidade), cujo significado é expresso pela própria denominação. Para facilitar a apresentação e comparação com outros índices e torná-lo percentual, dividiram-se os valores de NV pelo NV máximo do período (NV.100/NV_{máximo}) (%). Supôs-se que as perdas reais e aparentes, presentes no IVI e IN049, tenham comportamento semelhantes para que se possa compará-las ao IGGPA, predominantemente sobre perdas reais.

Cabe ressaltar que o IGGPA inclui certo grau de subjetividade; a implementação da melhoria deve elevar esse índice, porém o efeito sobre as perdas pode ser demorado, por exemplo um treinamento, uma padronização de ligações etc., enquanto os demais índices operacionais são uma fotografia da situação momentânea. Entretanto, um conjunto de melhorias trará benefícios ao longo do tempo. Então pretende-se com a comparação buscar uma coerência de respostas das diferentes formas de medida.

4 RESULTADOS

O IG de cada item depende das pontuações e dos pesos de cada subitem. Apresentam-se na sequência os valores dos pesos de cada um dos 43 subitens, a avaliação por critérios dos subitens e sua pontuação, os valores dos IGs dos itens e do IGGPA durante os 10 anos de avaliação e, finalmente, a comparação do IGGPA com índices tradicionais de perdas.

4.1 Pesos dos subitens

Com vistas a criar uma ponderação do peso de 43 subitens gerenciados, foi feita uma pesquisa com nove profissionais atuantes em todas as etapas da operação do SAA, conforme Quadro 4. Foi-lhes solicitado um “peso” da importância do subitem

nas perdas, pela atribuição de uma nota de 0 a 10. Fez-se então a média das notas para obter o peso de cada subitem. Devido ao grande número de subitens, não são apresentados esses dados.

Quadro 4 - Profissionais que atribuíram pesos aos subitens

Função dos consultados	Quantidade
Gerente administrativo	2
Gerente operacional	4
Engenheiro de operação	1
Professor universitário	1
Mestrando em S.A.A.	1

4.2 Avaliação e pontuação dos subitens e cálculos dos indicadores de gerenciamento dos itens

4.2.1 Avaliação dos subitens

A avaliação dos subitens consistiu em uma inspeção e análise que gerou um relatório circunstanciado. A maioria dos subitens é bastante objetiva e quantificável, entretanto alguns são baseados na experiência do avaliador. Destacaram-se alguns critérios relevantes. Este processo avaliativo começou com a identificação dos subitens e deve se aprimorar ao longo do tempo de aplicação. Ao se descrever a evolução do gerenciamento de um subitem em um momento, este documento passa a ser uma referência da qualidade do gerenciamento na próxima oportunidade, podendo-se verificar se uma ação foi efetiva ou não ao longo do tempo. Apresentam-se algumas alterações importantes detectadas pelas avaliações produzidas, como atualização tecnológica, treinamentos, padronização de procedimentos dos nove itens e subitens nos Quadros 6 a 14. Apresentam-se no Quadro 5 o número de ações por item. Nota-se que os itens cadastro, indiretamente ligados a perdas, foram mais ou tão aprimorados quanto ramais prediais, avaliação de perdas e adutoras e redes diretamente relacionadas a perdas.

Quadro 5 - Número de ações positivas (pos.) e negativas (neg.) avaliadas por item

Item	Pos.	Neg.
Cadastro	8	2
Ramais prediais	7	1
Avaliação de perdas	6	1
Adutoras e redes de distribuição	6	4
Equip. métodos de detecção de perdas	5	0
Viabilidade econômica de gerência de perdas	3	3
Priorização de locais de detecção	4	5
Perdas em reservatórios	3	0
Perdas na captação	1	0

Quadro 6 - Resumo da análise dos subitens de cadastro do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
1.i	Disponibilidade de documentos da rede: ↑* o "percentual de rede cadastrada" no período avaliado foi 100%, inicialmente em papel vegetal e sem detalhes.
1.ii	Confiabilidade das informações: ↑ em 2003 com a "exigência de registros de intervenções" dos novos cadastros e obedecendo às "normas e padrões de amarração"; com "padronização de arquivos e formatos" fizeram a confiabilidade aumentar, uma vez que o percentual do cadastro inadequado relativamente diminuiu.
1.iii	Equipe atuante em número e em qualificação: ↑ em 2002 devido ao "número de profissionais", no início um estagiário e continuidade com funcionário próprio; à "capacitação" para atender aos padrões de elaboração de registros; ao 'feedback' da equipe de campo aos técnicos de escritório.
1.iv	Atualização: ↑ em 2002 pela "digitalização de plantas em detalhes e de documentos" impressos e pelo processamento com "softwares específicos" para facilitação do trabalho.
1.v	Acessibilidade às informações pelos usuários: ↑ em 2002 com o "registro detalhado em planilhas e arquivamento" ainda em papel; ↑ em 2003 com o uso da Intranet para "acesso pelos funcionários" instantaneamente aos registros e à "forma de apresentação" gráfica virtual ou impressa de plantas, croquis etc.; ↓ em 2004 com a interrupção do acesso ao "registro em planilhas".
1.vi	Registro histórico de intervenções em relatório (reparos, trocas, peças, materiais, etc.): ↑ em 2002 pelo "registro detalhado de intervenções em planilhas e processamento" dos procedimentos e dos materiais usados e repasse ao pessoal de escritório para tabulação e tratamento estatístico; ↓ em 2004 - parada do registro em planilhas.
1.vii	Registro histórico de intervenções em planta (reparos, trocas, peças, materiais, etc.): ↑ em 2003 com o início do "mapeamento do local das ocorrências e tipo de intervenção" por tratamento gráfico das informações registradas em planilhas, o que permitiu identificar as características da área e compreender a ocorrência subsidiando a tomada de decisão.

* A seta com sentido para cima indica a partir daquela data aumento da pontuação, e para baixo o contrário (redução da pontuação)

Quadro 7 - Resumo da avaliação dos subitens de métodos de avaliação de perdas do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
2.i	Índices: ↑ em 2003 com o “cálculo, processamento e forma de apresentação e divulgação de índices convencionais de perdas de água, infraestrutural, etc.” por meio de software e uso da intranet tornou possível o acompanhamento dos resultados e verificação do cumprimento de metas pré-estabelecidas.
2.ii	Registros das vazões mínimas noturnas, vazões médias, vazões máximas diárias e vazões máximas horárias: ↑ 2001 com a “implantação do monitoramento <i>on line</i> por setores”; ↑ em 2005 com a implantação do Centro de Controle Operacional para “registro de vazões instantâneas, relatório e informações” possibilitou-se o gerenciamento em tempo real.
2.iii	Monitoramento ou medida das pressões estáticas e dinâmicas do sistema: ↑ 2001 com a implantação do “monitoramento <i>on line</i> de vazões” de áreas setorizadas para conhecimento das variações instantâneas; com a “automação do sistema” para alarme na ocorrência de eventualidades; ↑ em 2005 pela incorporação destes parâmetros pelo Centro de Controle Operacional.
2.iv	Análise dos registros dos vazamentos: ↑ em 2003 com o “gerenciamento corporativo de registro e de sua análise e divulgação” na Intranet e pelo uso de software e com a início de análises gráficas dos registros; ↓ em 2004 devido à parada do registro em planilhas.

Quadro 8 - Resumo da avaliação dos subitens de priorização dos locais de combate às perdas do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
3.i	Locais de maior incidência de vazamentos nos últimos doze meses: ↑ todos os “locais críticos de vazamentos” atendidos em “prazo estabelecido por normas”.
3.ii	Regiões ou áreas com pressões elevadas: ↑ em 2002 com a “setorização da rede com instalação de válvulas redutoras de pressão”;
3.iii	Locais de solo ruim e maior tráfego de veículos: ↑ em 2002 com a “reinstalação da rede” na rua com erosão; ↓ 10% pela falta de gestão da Pref. Municipal para solução do processo erosivo.
3.iv	Locais com redes antigas: ↓ pela existência de “rede de fibrocimento” obsoleta; ↓ 10% pela falta de recursos para substituição.
3.v	Uso de materiais inadequados: ↑ em 2002 pela substituição da rede obsoleta com mão de obra própria; ↓ pela falta de “materiais de manutenção” segundo normas.
3.vi	Índices da necessidade de ações imediatas: ↓ pela falta de uso de outros indicadores avançados para detecção de falhas em curto prazo.

Quadro 9 - Resumo da avaliação dos subitens de equipamentos e métodos de detecção e controle de perdas do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
4.i	Tecnologia, equipamentos e procedimentos utilizados: ↑ em 2001 devido à implantação do monitoramento <i>on line</i> ; ↑ em 2005 com a implantação do Centro de Controle Operacional.
4.ii	Continuidade e frequência de pesquisa de vazamentos: ↑ em 2005 devido ao início de entrada do indicador da ISO 9001 (ABNT, 2001).
4.iii	Equipe atuante (em número e em qualificação): ↑ em 2003 devido ao treinamento e motivação de 22 funcionários.
4.iv	Tempo de atendimento para combate ao vazamento: ↑ em 2004 com o início de indicador da ISO 9001 (ABNT, 2001).

Quadro 10 - Resumo da avaliação dos subitens de adutoras e rede de distribuição do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
5.i	Qualidade da água e do solo: ↑ a interferência destes fatores não foi detectada no surgimento de vazamentos por “corrosão dos tubos ou punção por perfurações”.
5.ii	Materiais da tubulação - tipo, idade e condições, atendimento de especificações técnicas e normas: ↑ entre 1996 e 2005 devido ao crescimento de 24% do número de economias, implantados com “materiais normalizados”.
5.iii	Sobrepessão: ↑ em 2001 com a “implantação de setorização com válvulas redutoras de pressão” conforme normas.
5.iv	Assentamento da tubulação e demais peças: ↑ os “procedimentos de instalação, fiscalização e inspeção de materiais” obedeceram às normas em todo o período.
5.v	Concepção do projeto: ↑ a “aprovação dos projetos segundo normas da ABNT e específicas da operadora” foram seguidas durante todo o período
5.vi	Manutenção da linha: ↓ pela dificuldade de atender “reparos” frequentes com materiais não facilmente disponíveis.
5.vii	Efeitos de tráfego de veículos: ↓ devido às incertezas quanto à “profundidade da rede” antiga.
5.viii	Acomodação do solo: ↓ pela incerteza de “compactação do solo” da rede antiga.
5.xi	Micromedição: ↑ todos os domicílios contavam com “micromedição” de volume.
5.x	Recursos para ações corretivas: ↓ devido à não priorização de “substituição da rede antiga”.

Quadro 11 - Resumo da avaliação dos subitens de perdas nos reservatórios do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
6.i	Extravasamento: ↑ não se verificaram “registros de extravasamentos”.
6.ii	Vazamentos pelas paredes ou conexões: ↑ não se verificaram “registros de vazamentos pelas paredes e conexões”.
6.iii	Atendimento às normas técnicas, padronização e especificações: ↑ a “execução de projetos segundo normas e com rigorosa fiscalização” foram atendidos.

Quadro 12 - Resumo da avaliação dos subitens de captação subterrânea do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
7.i	Condições das instalações: ↑ o “projeto e execução dos poços de captação subterrânea” foram feitos conforme normas e equipados com “macro medidores calibrados” periodicamente.

Quadro 13 - Resumo da avaliação dos subitens de ramais prediais do SAA - Monte Alto - SP de 1996-2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
8.i	Materiais da tubulação - tipo, idade e condições, atendimento de especificações técnicas e normas: ↑ de 1996 até 2001 devido à troca de “ramais executados segundo normas” atingindo 20%; ↑ entre 1996 a 2005 devido aos 24% de novos “ramais executados segundo normas”; ↑ em 2004 pela continuidade da troca de ramais.
8.ii	Sobrepessão: ↑ em 2001 com a implantação de “setorização com instalação de válvulas redutoras de pressão”.
8.iii	Assentamento imperfeito da tubulação e demais peças: ↑ em 2003 pela intensificação do “treinamento da mão de obra voltada para instalação de ramais”.
8.iv	Padronização: ↑ em 2003 pela criação da “padronização de materiais e métodos de execução de ramais prediais”.
8.v	Eficiência na manutenção da linha: ↑ em 2003 devido à redução do “número de intervenções corretivas” pelos avanços na padronização de materiais e mão de obra.
8.vi	Recursos para ações corretivas: ↓ pela não priorização de “substituição de ramais antigos” de forma preventiva.

Quadro 14 - Resumo da avaliação dos subitens de viabilidade econômica do gerenciamento de perdas do SAA de Monte Alto - SP de 1996 a 2005.

Nº sub-item	Denominação do subitem e critérios avaliados (entre aspas)
9.i	Investimentos em treinamento: ↓ devido ao período sem treinamento de 2000 a 2002. ↑ de 2003 a 2005 devido à dedicação de 2% das horas trabalhadas aos treinamentos.
9.ii	Recursos financeiros para intervenções: ↓ em 1995 devido à falta de recursos; ↑ em 1996 e 1997 pelo aporte de recursos; ↓ de 1998 a 2000 pela redução de recursos; ↑ de 2001 a 2005 pela implantação de um programa de operação e manutenção.

4.3 Pontuações de subitens e valores dos indicadores de gerenciamento

A atribuição de pontuação aos subitens foi feita com base nas suas avaliações mostradas nos Quadros de 6 a 14. A pontuação de um subitem pode depender da complexidade envolvida. No caso do subitem 1.i que se refere à “disponibilidade de rede cadastrada”, por exemplo, a pontuação foi 100 porque dispunha-se de toda a rede cadastrada. Entretanto, a confiabilidade dela, item 1.ii, depende da qualidade do cadastro e aí pode haver subjetividade no valor pontuado. Entretanto, como no caso das avaliações, o valor inicial da pontuação, mesmo subjetivo, será a referência para a próxima avaliação, podendo-se registrar os avanços ou retrocessos do gerenciamento.

Mostram-se na Tabela 1 a pontuação mensal dos subitens apenas de Cadastro em um extrato de tempo de set/2001 a abr/2004, devido ao grande número de dados gerados.

A captura de mudanças no gerenciamento pelas pontuações foi expressa pelos valores dos IGs e são extensíveis a todos os subitens, o que permite um acompanhamento e gerenciamento mês a mês das causas de perdas. Nota-se, pela Tabela 1, que no início de 2002 os subitens tiveram suas pontuações elevadas devido às melhorias registradas no Quadro 6 e que ocorreram na época.

Os IGcadastro, obtidos pela Eq. 2, apenas de 2001 a 2004, foram apresentados na última linha da Tabela 2. Todos os IGs de 1996 a 2005 foram representados graficamente pelas Fig. 3.1 a 3.9. Na Fig. 3.10 mostram-se os valores do IGGPA resultantes dos IGs.

4.4 Diagnóstico do SAA relativo a perdas reais

Os valores de IGGPAs médios anuais (Eq. 3) são mostrados na última linha da Tabela 2, assim os pesos médios dos nove itens obtidos por consul-

ta a nove especialistas operacionais e os IGs (Eq. 2) médios anuais obtidos a partir de centenas de avaliações de subitens também são introduzidos na mesma tabela. Verificam-se melhoria do gerenciamento do cadastro, dos métodos de avaliação de perdas, dos equipamentos e métodos de detecção de perdas, das redes e adutoras e dos ramais. O IGGPA reflete as variações positivas dos itens mencionados elevando-se de 81 a 90.

Os índices de perdas tradicionais IN049 (%), NV/NVmax (%) e IVI (adimensional) calculados e, por

si sós, objeto de avaliação do gerenciamento, têm seus valores anuais médios plotados com os IGGPAs para o SSA no gráfico da Fig. 4.

Nota-se melhoria dos índices IN049, NV/NVmax e IVI até 2002 e certa constância a partir daí. O IGGPA manteve-se no patamar de 80% até 2000, o que pode justificar os ganhos nos índices. A partir de 2000 notam-se avanços no IGGPA também. Índices gerenciais bons refletem índices operacionais igualmente bons.

Tabela 1 - Pontuações mensais dos subitens 1.i a 1.vii e indicador de gerenciamento de cadastro (IGcadastro) do SAA de Monte Alto - SP, em extrato do período estudado.

Subitem	Pontuação																														
	2001				2002								2003								2004										
	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
1.i) Disponibilidade -de rede cadastrada	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.ii) Confiabilidade das informações (precisão, representatividade)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
1.iii) Equipe atuante (em número e em qualificação)	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
1.iv) Atualização (digitalização dos registros)	70	70	70	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.v) Acessibilidade e disponibilidade das informações aos usuários	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
1.vi) Registro histórico de intervenções (reparos, trocas, peças, materiais, etc.)	60	60	60	60	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
1.vii) Registro histórico de intervenções em planta (reparos, trocas, peças, etc.)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
IG cadastro	73	73	73	73	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83

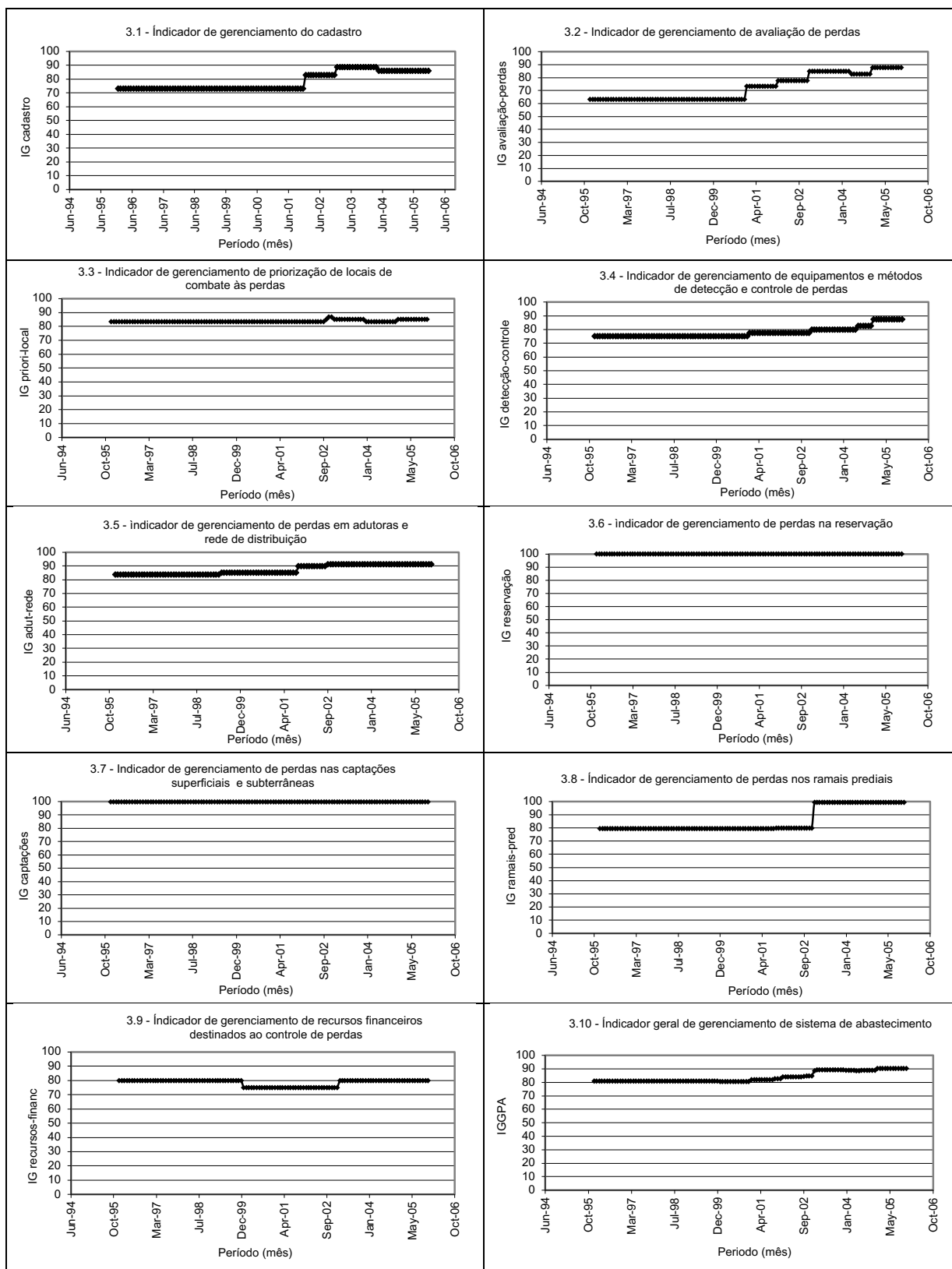
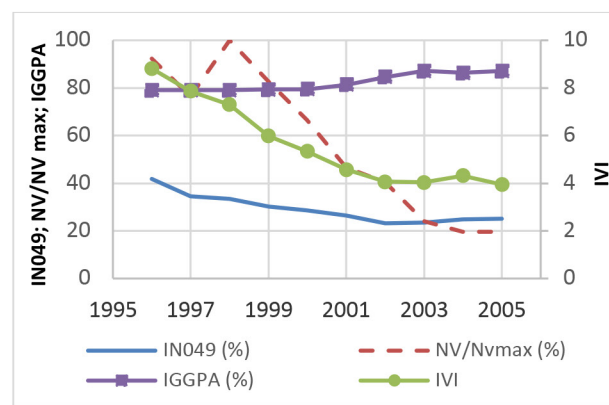


Figura 3 - Indicadores de gerenciamento dos 9 itens (IG_{item}) no período de 1996 a 2005, Fig. 3.1 a 3.9, e índice de gerenciamento geral de perdas (IGGPA), Fig. 3.10, para o SAA de Monte Alto - SP.

Tabela 2 - Indicadores de gerenciamentos (IG_{item}) médios anuais de nove itens, pesos médios dos itens, e índice de gerenciamento geral de perdas de água (IGGPA) médios anuais do SAA de Monte Alto - SP e de 1996 a 2005.

Índice de gerenciamento	Peso	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1. IG cadastro	8,3	73	73	73	73	73	73	83	89	87	86
2. IG avalia-perdas	8,9	63	63	63	63	63	73	84	85	83	88
3. IG priori-local	9,1	83	83	83	83	83	83	84	85	83	85
4. IG detecção-controle	9,2	75	75	75	75	75	78	78	80	81	88
5. IG adut-rede	8,4	84	84	84	85	85	86	90	91	91	91
6. IG reservação	6,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7. IG captação	6,1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8. IG ramais-pred	8,9	80	80	80	80	80	75	80	99	100	100
9. IG recursos-combate	8,9	80	80	80	80	75	75	75	80	80	80
IGGPA		81	81	81	81	80	82	84	89	89	90

**Figura 4** - Índice de gerenciamento geral de perdas de água (IGGPA), índice de vazamentos na infraestrutura (IVI), índice de perdas (IN049), número de vazamentos (NV/NVmax) do SAA de Monte Alto - SP calculados de jan/1996 a dez/2005.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentaram-se indicadores de gerenciamento de 9 itens, IG_{item} , que afetam o controle de perdas, os quais foram desdobrados em 43 subitens, avaliados em relatórios suportando os valores dos indicadores. Calculou-se também um índice de gerenciamento geral de perdas de água, IGGPA, do SAA. O método foi aplicado à cidade de Monte Alto - SP no período de 1996 a 2005.

Foram identificadas no período 43 ações gerenciais que trouxeram melhorias e 16 ações negativas ao SAA.

Notou-se que a pontuação de um subitem, apesar da subjetividade embutida, é mais simples

que avaliar um item que, por envolver diversos deles, torna-se complexo.

A avaliação de cada subitem, baseada em relatório, tornou-se referência para as seguintes, permitiu analisar, questionar, auditar e dar sequência de forma coerente.

Os valores de IGGPA calculados a partir de 43 subitens avaliados e pontuados durante dez anos de operação do SAA, quando comparados ao índice de perdas, ao índice de vazamentos na infraestrutura e ao índice número de vazamentos mostraram-se coerentes, portanto corroborando o procedimento.

Espera-se que o processo de avaliação inicial tenha baixíssimos custos financeiros, entretanto que demandem horas de trabalho, que podem ser

convenientemente agendadas. Tem-se assim que o modelo seja aplicável financeiramente falando.

As técnicas e os conhecimentos usados na avaliação geralmente fazem parte do dia a dia de uma SAA, como cadastro, uso de indicadores, técnicas de detecção de vazão etc. Caso se detecte falta de familiaridade e de domínio dos itens avaliados, e isto pode ocorrer, deve-se planejar o treinamento paulatino, o que já é fruto e consequência do gerenciamento.

Os SAAs têm em comum captação, adução, reservação, além de cadastro, alguma forma de combate às perdas e etc. Então é possível, tendo como exemplo o proposto, adaptar o método às características de cada SAA, alterando ou acrescentando itens e subitens.

A solução dos problemas detectados exigirá recursos financeiros usados para sua correção, que depende de uma política de melhoria definida pela direção do SAA. A viabilidade econômica também está prevista no modelo.

Sugere-se como continuidade do trabalho incluir outros itens e subitens relacionados às perdas aparentes; o aprimoramento dos critérios de valoração dos indicadores; a otimização dos períodos de avaliação. Sua aplicação a outros SAA também é recomendada.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SABESP pela disponibilização de informações do SAA.

7 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Santos, E.B.; Povinelli, S.C.S.; Barbassa, A.P; **Metodologia:** Santos, E.B.; Povinelli, S.C.S.; Barbassa, A.P; **Investigação de campo:** Santos, E.B.; **Redação - Primeira versão:** Santos, E.B.; **Redação - revisão & edição:** Santos, E.B.; Povinelli, S.C.S.; Barbassa, A.P;

8 REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2001). NBR ISO 9001/2000: **Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro.
- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M.; PARENA, R. (2000) - **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 276p. https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/proeesa/pdf/indicadores_desempenho.pdf - Acesso 10-2021.
- AZEVEDO, B.B.; SAURIN, T.A. (2018). Losses in water distribution systems: a complexity theory perspective. **Water resour Manage** 32:2919-2936. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1976-7>.
- BIASUTTI, S., COELHO, E.R.C.; (2019) Normatização de indicadores de perdas de água: experiência of regulatory agencies in Brasil. **Revista DAE**, no. 215, v.67, 8p. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.002>
- COELHO, E.R.C.; BIASUTTI, S. (2016) – Water loss indicators used in public water supply services in Brazil: Literature research and review. **SBE – Brasil & Portugal**, 10p. <https://sbe16.civil.uminho.pt/app/water-loss-indicators-used-in-public-water-supply-services-in-brazil-literature-research-and-review/>. ISBN 978-85-02631-00-0
- CORNELL OFFICE FOR RESEARCH ON EVALUATION (2016). **Research Methods Knowledge Base**. Cornell University. Site: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/>; Acesso em out/2016.
- CRESWELL, B.I.; CLARK, J.N. (2007). **Designing and conducting mixed methods research**. Sage Publications. Thousand Oaks – CA – USA, 2007
- FARLEY, M.; TROW, S. (2003). **Losses in Water Distribution Networks**. London, UK. IWA, Alliance House. eISBN 97811780402642
- FERREIRA, P.S.; SOUZA, W.M. (2020) Modelagem hidroclimática e demográfica para estimativa da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Brígida. **Re. Bras. Climatologia**, vol.27- jul/ dez 2020, pags. 181-196. Acesso em out/2021. <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/72381/41250>. <http://dx.doi.org/105380/abclima.v27/0.72381>
- GO ASSOCIADOS (2021). **Perdas de Água 2021 (SNIS, 2019): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico**. 64 p. https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas_d%C3%A1gua/Estudo_de_Perdas_2021.pdf. Acesso 18-03-2021. ISSN: 2237-8642
- KUSTERKO, S.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; CHAVES, L.C.; (2018). Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Eng. Sanit. Ambient**, v.23, n.3, 615-626. <https://doi.org/1-15590/S1413-41522018156436>
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C.A.; SELUCHI, M.E.; ALVES, L.M.; MENDIONDO, E.M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G.. (2015) A seca

e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, n. 106, p. 31-44, 2015. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44>

MARSHALL, M. N. (1996) Sampling for qualitative research. **Family Practice**. Vol. 13, no. 6, pag. 522-525. <http://dx.doi.org/10.1093/fampra/13.6.522>

MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA E SAÚDE (2011) – **Saúde Ambiental – Guia básico para construção de indicadores** – Brasília – DF. Série B. 132 p. https://repositorio.observatoriodocuidado.org/bitstream/handle/handle/1609/saude_ambiental_guia_basico.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Acesso 10-2021. ISBN 978-85-334-1777-9

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Portaria nº 490, 22-3-2021. Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5-1-2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 55, p. 30, 23 mar. 2021.

MUNDIM, B.C. (2017). **Avaliação do desempenho operacional e de qualidade dos modelos de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Brasil**. Dissertação (Mestrado). UFRJ, 254p.

MUNDIM, B.C.; VOLKSCHAN JR, ISAAC. (2020) Avaliação dos indicadores de desempenho operacionais e de qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Revista DAE**. V. 68, n. 227, 15p. <https://doi.org/10.36659/dae.2020.079>

MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.K.; VAIARAVAMOORTHY, K. (2013) Methods and /Tools for Managing Losses in Water Distribution

Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 2, p. 166-174, 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR1943-5452.0000245](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR1943-5452.0000245).

SABESP (2005). Sistema de Informações e Controle de Perdas – SIPERDAS: **Relatório Anual do município de Monte Alto**. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Departamento de Controle de Perdas e Planejamento Operacional – (ROP), Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, São Paulo.. Disponível em rede corporativa em < http://10.7.174.17/Sisperdas/IP_RSQL/ip.asp>.

SABESP (2013). **Norma Técnica Sabesp nts 281**. Critérios para gestão dos hidrômetros (exceto 1ª ligação. São Paulo, fev. 2013, ver.1. Acesso em out.2021. <https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS281.pdf>.

SHEUREN, F. **What is a survey?** American Statistical Association. Washington, (2004). Acesso em 10-2016: <https://www.whatisasurvey.info/download.htm>.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (2019). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, 2016. Disponível em < <http://www.snis.gov.br/diagnosticos> Acesso em setembro de 2021.

TARDELLI FILHO, J. (2016). Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**, jan-abril 2016. Acesso set-2020: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf THORNTON, J.; STURM. R.; KUNKEL, G. (2008). **Water Loss Control**. 2a.edit., McGraw Hill, New York – USA, p. <https://doi.org/10.4322/dae.2015.012>

THORNTON, J.; STURM. R.; KUNKEL, G. (2008). **Water Loss Control**. 2a.edit., McGraw Hill, New York – USA, p. ISBN-10 9780071499187