

Análise de perdas do sistema de abastecimento de água em Caxias-MA, Brasil

Analysis of losses of the water supply system in Caxias-MA, Brazil

Análisis de las pérdidas en el sistema de suministro de agua en Caxias-MA, Brasil

Luciana Batista Lima¹, Mikhael Ferreira da Silva Santos^{2*}, Ana Carolina Castro Rocha^{2*}, Cláudio Vidrih Ferreira³, Ana Cláudia Scarpim⁴, Alyne Freire de Melo⁵, Luiza Daiana Araújo da Silva Formiga⁶, Francisca Tatiana Dourado Gonçalves⁷, Ana Cláudia Leal de Sousa⁸

Resumo

Objetivo: identificar e analisar as perdas no sistema de abastecimento de água de Caxias-MA no período de junho de 2015 a junho de 2016. **Métodos:** pesquisa epidemiológica exploratória com uso de análise estatística descritiva de dados. O levantamento de dados foi realizado na autarquia responsável pelo sistema de abastecimento de água do município de Caxias/MA. **Resultados:** Os Índices de Perdas na Distribuição no município de Caxias/MA tiveram uma média de 49,48% ($\pm 4,10\%$), mínima de 40,63% e máxima de 54,18%, além disso, o sistema apresentou o coeficiente de variação de 8,28% em uma amplitude de 13,55%. O Índice de Perdas por Ligação total foi de 503,66 litros/ligação/dia. **Discussão:** Em todos os meses considerados, o sistema do município de Caxias/MA foi considerado ruim. Observa-se, também, que a variabilidade dos dados é baixa, o que demonstra, provavelmente, a falta de investimentos e ações no sentido de minimização do problema. O IPL representou um número alarmante em comparação com o consumo médio brasileiro de 167 litros per capita/dia. **Conclusão:** O quadro geral de perdas no município de Caxias/MA é significativamente negativo. Faz-se necessário, portanto, a utilização de programas para controlar as perdas, pois em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição, onde ocorre uma despressurização do conduto, pode-se levar a contaminação pela entrada de agentes nocivos na tubulação. Fica a sugestão de estudos que relacione a qualidade da água e os índices de perdas no sistema de abastecimento de Caxias/MA.

Palavras-chave: Saúde Pública; Doenças transmitidas pela água; Política hídrica.

Abstract

Objective: To identify and analyze the losses in the water supply system of Caxias-MA from June 2015 to June 2016. **Methods:** exploratory epidemiological research using descriptive statistical analysis of data. The data collection was carried out at the municipality responsible for the water supply system of the municipality of Caxias / MA. **Results:** Distribution Loss Indices in the municipality of Caxias / MA had an average of 49.48% ($\pm 4.10\%$), a minimum of 40.63% and a maximum of 54.18%. Coefficient of variation of 8.28% in an amplitude of 13.55%. The Total Bond Loss Index was 503.66 liters / bond / day. **Discussion:** In all the considered months, the system of the municipality of Caxias / MA was considered bad. It is also observed that the variability of the data is low, which probably demonstrates the lack of investments and actions to

¹ Engenheira Agrimensora, Mestra em Desenvolvimento Humano e Meio Ambiente; Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão (FACEMA). E-mail: luciana0308@gmail.com.

² Graduando em Engenharia Civil pela FACEMA.

³ Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Civil – Geotecnia; FACEMA.

⁴ Fisioterapeuta, Especialista em Terapia Manual e Técnicas Osteopáticas; FACEMA.

⁵ Bióloga, Mestra em Agronomia; FACEMA.

⁶ Zootecnista, Doutora em Geotecnia; CESC/UEMA.

⁷ Psicóloga, Mestra em Saúde Coletiva; FACEMA.

⁸ Geógrafa, Especialista em Diversidade Cultural na Educação; SEDUC.

*Bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA

Recebido em: 3/2017**Aceito em 4/2017****Publicado em: /20175**

minimize the problem. The IPL represented an alarming number compared to the average Brazilian consumption of 167 liters per capita / day. **Conclusion:** The general picture of losses in the municipality of Caxias / MA is significantly negative. It is necessary programs to control the losses, because as a result of the existence of leaks in the distribution network, where a depressurisation of the conduit occurs, it can lead to contamination by the entry of harmful agents into the pipeline. It is suggested the studies that relate the water quality and the indices of losses in the supply system of Caxias / MA..

Keywords: Public Health; Waterborne Diseases; Water Policy.

Resumen

Objetivo: Identificar y analizar las pérdidas en el sistema de suministro de MA-agua Caxias partir de junio de 2015 para junio de 2016. **Metodos:** investigación epidemiológica exploratorio con el uso de datos descriptivos de análisis estadístico. La recolección de datos se llevó a cabo en el municipio responsable del sistema de abastecimiento de agua en la ciudad de Caxias / MA. **Resultados:** Las tasas de pérdida de distribución de la ciudad de Caxias / MA tenían un promedio de 49,48% ($\pm 4,10\%$) 40,63% mínimo y máximo de 54,18%, además presentó el sistema 8,28% coeficiente de variación en una amplitud de 13.55%. La tasa de pérdida de la unión total era de 503,66 litros / conexión / día. **Discusión:** En todos los meses considerados, la ciudad de sistema / MA Caxias fue considerado malo. También se observó que la variabilidad de los datos es baja, lo que muestra, probablemente, que no ha invertido en cualquier acción minimizar el problema. El IPL representa un número alarmante en comparación con el consumo promedio brasileño de 167 litros cápita / día por. **Conclusión:** El panorama general de las pérdidas en la ciudad de Caxias / MA es significativamente negativo. Es necesario, por lo tanto, usar con urgencia de los programas para controlar las pérdidas, como resultado de fugas en la red de distribución, donde hay un conducto de despresurización, puede conducir a la contaminación por la entrada de agentes dañinos en la tubería. Se sugiere estudios que relacionan los índices de calidad del agua y las pérdidas en el sistema de suministro de Caxias / MA.

Palabras clave: Salud Pública; Enfermedades Transmitidas por el Agua; Política Hídrica.

INTRODUÇÃO

Situado na mesorregião do Leste Maranhense, o município de Caxias está a trezentos e sessenta (360) quilômetros da capital, São Luís. Possui uma área de aproximadamente 5.200 km², sendo o quinto mais populoso município do estado com uma densidade demográfica de 30,95 hab./km² (IBGE, 2010). Seu desenvolvimento urbano, muitas vezes desordenado, aumentou consideravelmente nos últimos anos, a qual culminou, por exemplo, na construção de um hospital público, shopping center, dentre outros. Esse progresso urbanístico, conseqüentemente, incita o aumento do consumo de água, sendo esta gradativamente modificada de maneira qualitativa e quantitativa, interferindo no ecossistema que sustenta a vida humana.

Dentre os diversos serviços fundamentais de uma comunidade, sobrepõe-se o saneamento básico, em específico o serviço de fornecimento de água, pois integra o meio ambiente e a saúde coletiva (JULIÃO, 2003). Do ponto de vista da engenharia, o importante não é avaliar o organismo patogênico através do seu comportamento no corpo do indivíduo, e sim o seu comportamento no meio ambiente, pois é nesta esfera que é possível realizar intervenções que venha dificultar o acesso do organismo patogênico no ser humano (SOARES et al., 2002).

Logo, a relação água e meio ambiente é fundamental para a redução das incidências de doenças de veiculação hídricas. Briscoe (1987) desenvolveu um modelo que realça as conseqüências da anulação de parte dos diversos meios de transmissão de um determinado agente patogênico. O estudo concluiu que o bloqueio de um determinado meio de transmissão pode reduzir significativamente a probabilidade de infecção por um determinado agente patogênico.

O sistema de abastecimento de água, portanto, é uma das prioridades do ser humano, devido sua importância relacionada a saúde, lembrando que a água é o principal vetor de veiculação das doenças infecciosas (FRANCO, 2000). As mudanças epidemiológicas que as sociedades sofreram, por exemplo,

como redução da taxa de mortalidade por doenças infecciosas e aumento das doenças crônico-degenerativas, foi devido principalmente, a melhoria do saneamento, em específico ao sistema de abastecimento de água (MONTEIRO, 2000).

Um grande vilão no setor de saneamento é a idealização de um sistema de abastecimento que seja totalmente perfeito, com duração incontável dos materiais, da extrema exatidão dos instrumentos, da experiência infalível dos operadores e mão de obra, dentre outros aspectos (TSUTIYA, 2006). Essa visão errônea permite que o nível de deterioração do sistema de abastecimento cresça sucessivamente devido as atividades de operação e manutenção serem deficientes (PÁSCOA, 2009).

Essa idealização permite, dentre uma série de resultados desagradáveis, a ocorrência de perdas no sistema de abastecimento de água. Em termos quantitativos, consideram-se perdas todo volume de água que não chega ao consumidor ou que mesmo chegando não seja contabilizado pela companhia, em outras palavras é a diferença entre o volume de entrada e o consumo autorizado (TSUTIYA, 2006). É necessário, quando se debate perdas no sistema, fragmentar em dois grupos básicos: perda física, também definida pela International Water Association (IWA) de perda real; e perda não física, definida ainda pela IWA de perda aparente (FRANCO, 2000). A título de padronização, considerou-se a nomenclatura associada pela IWA.

As perdas reais correspondem ao volume de água produzido pelo sistema de abastecimento que, devido a ocorrência de vazamentos nas adutoras, nos reservatórios ou no sistema de distribuição, ou ainda ao extravasamento do nível limite dos reservatórios, não chega ao consumidor final. Já as perdas aparentes correspondem ao volume de água que é consumido, mas, devido a erros de medições, fraudes ocasionadas pela população, ligações clandestinas ou ligações ativas não cadastradas, não é contabilizado (GONÇALVES, 1998).

Em relação as perdas reais, que é o foco principal desse estudo, ressalta a importância que ela possui no que diz respeito a saúde pública. Em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição, onde ocorre uma despressurização do conduto, pode-se levar a contaminação pela entrada de agentes nocivos na tubulação (TSUTIYA, 2006). E esse risco não é meramente potencial, há diversos casos relatados de mortes ou doenças devido a contaminação em pontos específicos da rede após a despressurização do sistema, que podem ser encontrados em Martins (2001).

Apesar de sua potencialidade hídrica, Caxias/MA sofre por problemas no sistema de abastecimento de água. Dentre tais problemas, encontra-se as perdas reais no sistema desde a captação da água no manancial até a utilização do consumidor final na rede de distribuição. O Maranhão, deve-se enfatizar, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2015), apresenta um índice de perdas de aproximadamente 62,6%, sendo um dos maiores do Brasil.

Este artigo apresenta a situação de perdas no sistema de abastecimento de água no município de Caxias, Maranhão, Brasil. Nota-se que programas de controles de perdas são raros na região nordeste, especificamente no estado do Maranhão, verificando-se em escassez de estudos realizados a respeito do controle e redução de perdas no sistema de abastecimento de água.

Os objetivos deste trabalho estão em determinar o quadro geral das perdas no sistema de abastecimento de água do município de Caxias/MA, a fim de servir de base para propostas de programas e metodologias para minimizar os elevados índices de perda real. Esse controle de perdas reais é muito importante devido sua relação com a saúde pública, pois o saneamento, em sua essência, deve primar pela saúde coletiva da população, evitando o máximo possível a incidência de doenças hídricas. Com este trabalho, espera-se incentivar outros estudos na região de Caxias/MA e cidades circunvizinhas, além de incentivar estudos que visam a análise da qualidade de água do sistema e realizar comparativo com o índice de perdas.

MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa epidemiológica exploratória com uso de análise estatística descritiva. Em síntese, realizou-se duas etapas: o levantamento de dados quantitativos operacionais no sistema de abastecimento e a elaboração dos indicadores de perdas propostos nesta metodologia. A segunda etapa foi a análise dos dados e indicadores através do viés da estatística descritiva, sendo este tipo de pesquisa suficientemente adequada, pois o aspecto quantitativo possibilita uma análise minuciosa dos dados coletados.

O levantamento de dados foi realizado na autarquia responsável pelo sistema de abastecimento de água do município de Caxias, estado do Maranhão, Brasil, no mês de outubro de 2016. A visita possibilitou coletar os dados operacionais, dentre eles, os dados referentes as perdas globais no sistema, que é objeto de estudo deste trabalho.

Logo, organizou-se sistematicamente os dados para determinar a melhor abordagem, quanto ao período de tempo, no qual escolheu-se o intervalo de análise de junho de 2015 até junho de 2016. Conseqüentemente, foram determinados os Índices de Perdas na Distribuição (IPD), que relaciona o volume disponibilizado e o volume utilizado, e o Índice de Perdas por Ligação (IPL), que além de relacionar o volume disponibilizado e o volume utilizado, inclui o número de clientes ativos.

Na etapa posterior, os dados foram analisados com o viés da estatística descritiva com o software Action Stat em conjunto com o Microsoft Excel, determinando gráficos em linha, média, desvio padrão, amplitude e outros parâmetros importantes. Essa abordagem permitiu mostrar o posicionamento e a variabilidade dos valores encontrados.

Após o tratamento dos dados, realizou-se a discussão, comparando-se os resultados com outros estudos realizados por fontes confiáveis e importantes. As comparações possibilitaram determinar o quadro geral das perdas no sistema de abastecimento de água do município em estudo, definindo os principais aspectos negativos. E, por fim, foram propostas medidas mitigadoras para garantir um sistema eficiente de abastecimento de água.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta dados de produção, volume de água faturado e número de ligações ativas no Sistema de Abastecimento de Água no município de Caxias/MA, no intervalo de tempo entre junho de 2015 a junho de 2016. A partir disso, foram calculados o Índice de Perdas na Distribuição (IPD) e o Índice de Perdas na Ligação (IPL), bem como a análise estatística descritiva.

Com os dados obtidos, procedeu-se o cálculo do Índice de Perdas na Distribuição (IPD) em cada mês de referência, e do Índice de Perdas por Ligação (IPL) durante todo período de junho/2015 a junho/2016. Quanto ao IPD, aplicou-se o software Action Stat em conjunto com o Microsoft Excel, possibilitando obter os parâmetros estatísticos, ilustrados na tabela 2, necessários para o desenvolvimento dessa pesquisa. O gráfico 1 ilustra os IPD em ordem crescente, de acordo com o mês de referência, possibilitando observar a existência de tendências ao longo do tempo.

Quanto ao Índice de Perdas por Ligação (IPL), considerou-se o índice anual, isto é, o acumulado no período de junho/2015 a junho/2016, como ilustra a tabela 3.

Tabela 1. Dados operacionais do sistema de abastecimento – Caxias-MA.

Mês de referência	Volume de água produzido (m³)	Volume de água Faturado (m³)	Número de ligações ativas
Junho/2015	1.395.514	641.788	46.800
Julho/2015	1.422.536	651.772	46.900
Agosto/2015	1.375.264	678.852	46.989
Setembro/2015	1.374.661	704.229	47.059
Outubro/2015	1.445.760	697.586	47.123
Novembro/2015	1.460.829	733.231	47.256
Dezembro/2015	1.450.743	702.723	47.532
Janeiro/2016	1.322.241	755.334	47.845
Fevereiro/2016	1.302.744	708.887	47.977
Março/2016	1.419.985	683.654	48.192
Abril/2016	1.191.725	707.500	48.261
Mai/2016	1.438.843	696.525	48.434
Junho/2016	1.379.901	690.560	48.566

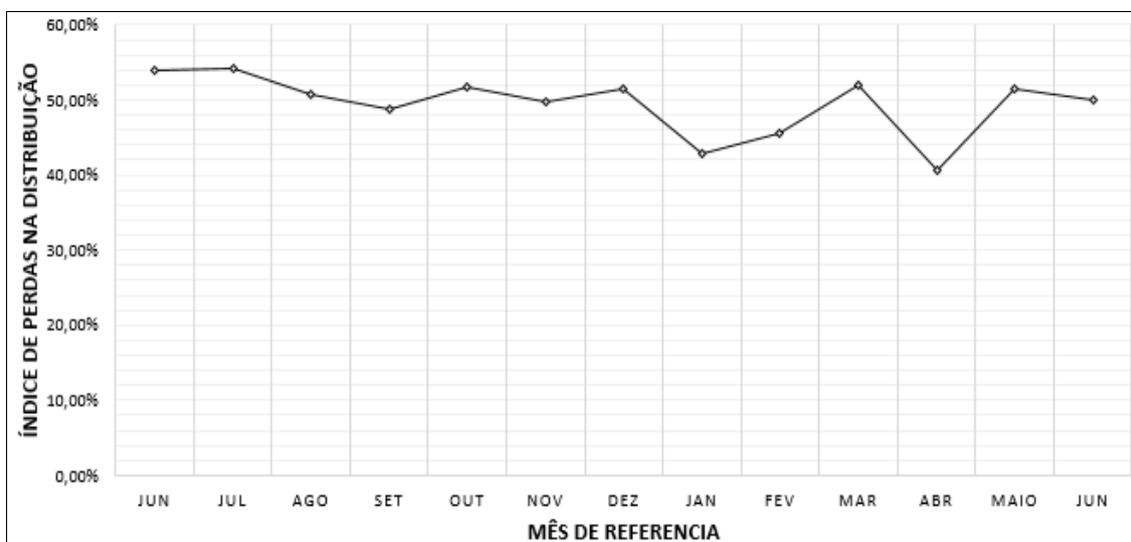
Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

Tabela 2. Resultados obtidos com a análise estatística descritiva sobre o Índice de Perdas na Distribuição, no período de junho/2015 a junho/2016.

Parâmetro	Resultado
Medidas de Tendência Central	
Média	49,48%
Mediana	50,64%
Mínimo	40,63%
Máximo	54,18%
Medidas de Dispersão	
Desvio Padrão	4,10%
Coeficiente de Variação	8,28%
Amplitude	13,55%

Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

Gráfico 1. Índice de Perdas na Distribuição entre junho/2015 a junho/2016.



Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

Tabela 3. Índice de Perdas por Ligação durante todo período em estudo.

Perdas de água durante o período em estudo (m ³)	Número de ligações ativas	IPL (litros/ligação.dia)
8.928.105	48.566	503,66

Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

DISCUSSÃO

As discussões dos resultados serão realizadas em duas etapas: a primeira referente ao Índice de Perdas na Distribuição (IPD), e a segunda referente ao Índice de Perdas por Ligação (IPL). Nas duas etapas comparou-se com padrões existentes nas literaturas nacional e internacional, procurando determinar o quadro das perdas no município de Caxias, Maranhão, Brasil.

O IPD, segundo Martins (2001), é o indicador mais fácil de ser entendido, visto que é a relação entre o volume total perdido e o volume total produzido. Ressalta-se que a única desvantagem que apresenta é a dificuldade de comparação com outros sistemas, porquanto não considera características físicas do sistema de abastecimento. Como forma de comparação, muito difundida na área de perdas no sistema de abastecimento, Weimer (2001) e Baggio (2002) classificam o IPD, dado em porcentagem, em bom (IPD < 25), regular (25 < IPD < 40) e ruim (IPD > 40).

As perdas no município de Caxias/MA tiveram uma média de 49,48%, mínima de 40,63% e máxima de 54,18%. Em todos os meses considerados, segundo a classificação de Weimer (2001) e Baggio (2002), o sistema do município de Caxias/MA foi considerado ruim, devido a excessiva quantidade de perdas reais e aparente no sistema. O mais preocupante, na área da saúde pública e social, são as perdas reais que quase sempre superam as perdas aparentes (TSUTIYA, 2006). Um exemplo está realçado no estado de

São Paulo, cuja porcentagem de perdas reais, em média, ficou de 21,5% e as perdas aparentes com 14,7% (SABESP/ETEP, 2002).

Lambert et al. (2000), destaca que as perdas reais são ocorrência comuns, por vazamento nas estruturas das estações de tratamento de água, nas tubulações de adução, nos ramais prediais, nas estruturas dos reservatórios ou nas estações elevatórias. Um exemplo prático é o perfil de perdas da cidade de São Paulo/SP, no qual os vazamentos representam 51% dos casos de perdas totais (SABESP/LYSA, 1993). Em decorrências desses vazamentos, a rede de distribuição de água pode ser contaminada pela incidência, nos locais específicos das causas dos vazamentos, de diversos agentes nocivos à saúde humana, o que causam doenças diversas de veiculação hídrica, tais como cólera, diarreia, hepatite, leptospirose e febre tifóide (BUTLER, 2000). A título de ponderação, há diversos casos relatados de contaminação devido a vazamentos, isto é, perda real, inclusive em países de primeiro mundo, como relata Martins (2001).

Nos parâmetros de medidas de dispersão, por sua vez, o sistema de abastecimento de água de Caxias apresentou o desvio padrão de 4,10%, coeficiente de variação de 8,28% com uma amplitude de 13,55%. Sabendo que o desvio padrão e o coeficiente de variação explicitam como os valores estão dispersos em torno da média, observa-se que a variabilidade dos dados é baixa, o que demonstra, provavelmente, que a autarquia responsável pelo sistema não investiu em nenhuma medida que minimizasse as demasiadas perdas entre o período de junho/2015 e junho/2016. A título de comparação, no município de Campo Grande, estado do Mato Grosso do Sul, o desvio padrão e o coeficiente de variação das amostras selecionadas foram, na devida ordem, de 14,60% e 34,10%, demonstrando a heterogeneidade dos valores, podendo-se concluir que alterações foram feitas, caso contrário haveria homogeneidade dos dados (NEGRISOLLI, 2009).

Observa-se que no gráfico que trata da evolução do Índice de Perdas na Distribuição (IPD), este possui uma tendência natural constante, isto é, permanece próximo da média. Negrisolli (2009) explicitou seus gráficos, de Campo Grande/MS, no qual possui uma tendência de diminuição das perdas, justificado por recursos financeiros aplicados para minimizar as perdas no sistema. Portanto, para que o quadro das perdas no município de Caxias/MA esteja em condições de melhoramento, o gráfico deve apresentar uma tendência de decrescimento, o que não ocorreu.

De acordo com o SNIS (2015), o nordeste brasileiro possui a maior porcentagem de perdas no sistema, com média de 69%, destacando-se o estado do Maranhão, com 62,6%, sendo o segundo estado com a maior incidência de perdas, ficando no encalço do estado do Amapá, com 74,8%. Esses valores demonstram o quanto é discrepante a realidade com os estados mais desenvolvidos, tais como a região sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina), cuja parcela de perda é aproximadamente 33,7%, que é considerado, de acordo com a tabela 4, regular. Observa-se, dessa maneira, a importância dos estudos sobre perdas no abastecimento de água na região nordeste, na perspectiva da melhoria destes indicadores.

Quanto ao Índice de Perdas por Ligação (IPL), este introduz um fator de escala para comparar diversos outros sistemas, que são as ligações, pois estas representam a densidade de ramais no sistema de abastecimento. O IPL é aconselhável para áreas que tenham uma significativa densidade de ligações, 20 ligações/km, que é habitual nas regiões urbanas (THORNTON, 2002). Como observado nos dados levantados, o IPL total (junho/2015 a junho/2016) foi de 503,66 litros/ligação por dia, um número alarmante em comparação com o consumo médio brasileiro de 167 litros per capita/dia.

Ratifica-se, portanto, que deve haver ações urgentes para alterar esse quadro do sistema de abastecimento do município de Caxias/MA, visto que a problemática passa despercebida na esfera social. Espera-se que outros trabalhos sejam realizados, para que o embasamento científico sobre o tema, na região, torne-se mais discutido.

Como proposta para minimizar as perdas no sistema de abastecimento, destaca-se a criação do Programa de Desenvolvimento Operacional ou Programa de Combate às Perdas, desenvolvido inicialmente

pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo/SP (SABESP). O programa lida com os seguintes subprogramas: micromedição, redução e controle de vazamentos, macromedição, pitometria, desenvolvimento da operação, revisão dos critérios de projeto, cadastro geral dos clientes e a segurança dos clientes (TSUTIYA, 2006). Esse programa considera a fragilidade do sistema de abastecimento, sendo contrário a ideologia do sistema perfeito.

Ressalta-se que a redução para “zero” perdas é improvável, pois sempre haverá perdas inevitáveis. O que se pode realizar é a redução máxima, considerando o custo-benefício. A cruz de Lambert é um mecanismo que pode ser utilizado junto com o Programa de Desenvolvimento Operacional, pois engloba quatro ações imprescindíveis para a redução das perdas: gerenciamento da pressão, agilidade e qualidade dos reparos, pesquisa de vazamentos, gerenciamento dos materiais (LAMBERT et al., 2000).

Como sugestão de estudos, enfatiza-se a necessidade de trabalhos que relacionem a qualidade da água e os índices de perdas reais, sendo estes já definidos, no sistema de abastecimento do município de Caxias/MA. Estudos assim enfatizam a importância do saneamento, em especial ao controle de perdas no sistema de abastecimento. A título de exemplo, na região do Vale do Ribeira, situada no sul do estado de São Paulo, no período de um ano após a implantação do sistema de abastecimento de água, houve a redução de 78% na incidência de doenças hídricas (MARTINS, 2001). As doenças de veiculação hídrica são, na essência, evitáveis. Sempre que houver contaminação, foi devido a basicamente três possíveis razões: falha ou inexistência de medidas para proteção de mananciais; desempenho insatisfatório da estação de tratamento de água (ETA); e/ou falhas no sistema de distribuição, como tubulações, reservatórios e adutoras (FRANCO, 2000).

CONCLUSÃO

O quadro geral de perdas no município de Caxias/MA é significativamente negativo, como demonstra o Índice de Perdas na Distribuição (IPD) e o Índice de Perdas por Ligação (IPL). Comparado com valores nacionais, apresentam um índices de perdas elevados. Faz-se necessário, portanto, a utilização urgente de programas para controle de perdas, realizado de forma permanente e prolongada. A criação de um programa de controle de perdas será benévola tanto para os clientes, quanto a saúde coletiva e social, como para a empresa de saneamento propriamente dita, pois os gastos de produção terão um maior retorno, e suas taxas de cobranças serão minimizadas. Como a literatura fornece relatos de riscos de contaminação devido à perda real por vazamento, fica a sugestão de estudos que relacione a qualidade da água e os índices de perdas no sistema de abastecimento de Caxias/MA, pois é possível que a população esteja em risco de contaminação, o que pode acarretar incidência de doenças de veiculação hídrica

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (BIC-Particular) pela concessão de bolsas de estudos aos graduandos que participaram deste estudo, à Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão – FACEMA pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

1. BAGGIO MA. *Planejamento e controle da qualidade da operação de sistemas de abastecimento de água: o enfoque da operação*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES: Lins, 2002; 100 p.
2. BRISCOE J. Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento: Su función en la revolución de la supervivencia infantil. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 1987; 103: 325-339.
3. BUTLER D. *Leakage detection and management*. Palmer Environmental: Cwmbran, 2000; 124 p.
4. FRANCO SCCS. *Cartografia digital como ferramenta de gestão operacional de redes de distribuição de água*. Tese (Doutorado em saneamento). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000; 230 p.

5. FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. *Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água*. 2nd ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014; 172 p.
6. GONÇALVES E. *Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água: estudo de caso da CAESB*. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos). Universidade de Brasília, Brasília, 1998; 459 p.
7. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 jan. 2017.
8. JULIÃO FC. *Água para consumo humano e saúde: ainda uma iniquidade em área periférica do município de Ribeirão Preto, SP*. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003; 121 p.
9. LAMBERT A, HIRNER W, MYRES S et al. A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *AQUA/IWA*, 2000; 48: 227-237.
10. MARTINS G. *Impacto do saneamento básico na saúde pública*. Tese (doutorado em saneamento) – Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001; 142 p.
11. MONTEIRO CA. *Velhos e novos males da saúde no Brasil: a evolução do país e suas doenças*. São Paulo: Hucitec, Nupens/USP, 2000; 359 p.
12. NEGRISOLLI RK. *Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água – estudo de caso*. Dissertação (mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos hídricos). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2009; 191 p.
13. PÁSCOA JC. *Estudos de redução de perdas de água e eficiência energética no setor de saneamento*, MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Engenharia da Energia. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009; 167 p.
14. SABESP/ETEP. *Serviços de apoio técnico ao programa de gestão integrada para redução de perdas no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo*. São Paulo: Documentos e relatórios gerenciais, 2002; 389 p.
15. SABESP/LYSA. *Programa de redução de águas não faturadas*. São Paulo: Relatório síntese, 1993; 250 p.
16. SOARES SRA, BERNARDES RS, NETTO MC. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. *Saúde Pública*, 2002; 74: 1713-1724.
17. THORNTON J. *Water loss control manual*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2002; 645 p.
18. TSUTIYA MT. *Abastecimento de água*. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006; 643 p.
19. WEIMER D. *Water loss management and techniques*. Berlin: German National Report, 2001; 396 p.