

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO PARA A CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE PERFORMANCE

*Rafaela Salustino da Costa*¹; *Anderson Matheus de Sousa Lima*²; *Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro*³; *Luísa Eduarda Lucena de Medeiros*⁴ & *Lídja Rosa Silva Santos*⁵

Resumo – As perdas de água ocorrem em todo sistema de abastecimento e o grande desafio das companhias de saneamento é diagnosticar onde e como essas perdas ocorrem, e assim, definir estratégias e ações necessárias para reduzi-las. Neste sentido, este trabalho busca avaliar os tipos de perdas de água através do método do Balanço Hídrico e dos Indicadores de Performance, propostos pela *International Water Association (IWA)*, a partir do *software WB – Easy Calc (v6.12)* no Sistema Integrado de Abastecimento de Guarabira (SIAG). O percurso metodológico segue as seguintes etapas: caracterização da pesquisa, caracterização da área de estudo; levantamento dos dados; e análise de dados. Nos resultados são destacados a desagregação dos tipos de perdas, bem como, os seus indicadores de performance, apresentados na sua melhor estimativa e margem de erro. Por fim, foram gerados gráficos comparativos para facilitar a visualização dos resultados.

Palavras-chave – Auditoria das águas. Gestão de água. Redução de perdas.

ASSESSMENT OF WATER LOSS IN SUPPLY SYSTEMS – AN APPLICATION OF THE WATER BALANCE METHOD FOR THE CONSTRUCTION OF PERFORMANCE INDICATORS

Abstract – Water losses occur throughout the supply system and the major challenge for sanitation companies is to diagnose where and how these losses occur and thus define strategies and actions necessary to reduce them. In this sense, this work seeks to evaluate the types of water losses through the method of Water Balance and Performance Indicators, proposed by the International Water Association (IWA), from the *WB – Easy Calc (v6.12)* in the Integrated Water Supply System of Guarabira (SIAG). The methodological path follows the following steps: research characterization, study area characterization; data collection; and data analysis. The results highlight the breakdown of types of losses, as well as their performance indicators, presented in their best estimate and margin of error. Finally, comparative graphs were generated to facilitate the visualization of the results.

Keywords – Water audit. Water management. Loss reduction.

1) Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Contato: rafaelasalustino06@gmail.com

2) Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Contato: anderson_matheus@msn.com

3) Doutora em Engenharia de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Contato: drickadefreitas@yahoo.com.br

4) Doutoranda em Engenharia de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Contato: lu.medeiros@gmail.com

5) Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Contato: eng.civillidja@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A distribuição das fontes de água doce está relacionada a dinâmica hídrica que compõem cada região do planeta, as demandas econômicas e sociais da humanidade, além das condições de qualidade da água (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA, 2019). Nesta perspectiva, muitos países têm enfrentado severa crise de falta de água. Segundo Lima (2018), os sistemas de abastecimentos de água (SAAs) foram desenvolvidos com objetivo de fornecer água aos usuários em qualidade, quantidade e pressão adequada. Entretanto, para Martins (2012), as perdas e os desperdícios são os fatores que mais contribuem para o comprometimento do abastecimento de água potável no setor de saneamento. Por isso, é de fundamental importância, o desenvolvimento de ferramentas de gestão que auxiliem as companhias de saneamento na redução e controle de perdas, de modo que possa identificar as principais falhas e melhorar a qualidade dos serviços oferecidos a população (SANTOS *et al.*, 2019).

Sendo assim, este trabalho busca avaliar as perdas de água através do método do Balanço Hídrico e dos Indicadores de Performance propostos pela *International Water Association (IWA)* e gerados a partir do *software WB – Easy Calc (v6.12)* desenvolvido pelo Banco Mundial, no Sistema Integrado de Abastecimento de Guarabira (SIAG), realizando um levantamento de dados da evolução de parâmetros referentes à micromedição e macromedição das cidades atendidas pelo sistema.

2 METODOLOGIA

O percurso metodológico se divide nas seguintes etapas: caracterização da pesquisa, caracterização da área de estudo; levantamento dos dados; e, análise de dados.

2.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa foi caracterizada pelo conjunto de processos metódicos de investigação. Quanto à natureza a pesquisa foi classificada como *aplicada*. No tocante à abordagem da pesquisa foi utilizada a *quantitativa*. Em relação aos objetivos, teve-se a utilização do tipo de pesquisa *exploratória e descritiva*. Por fim, para o delineamento da pesquisa ou procedimentos técnicos para a coleta de informações, utilizou-se a pesquisa *bibliográfica, documental e estudo de caso* (GUNTHER, 2006; GIL, 2008; FLICK, 2013; PRODANOV; FREITAS, 2013).

2.2 Caracterização da área de estudo

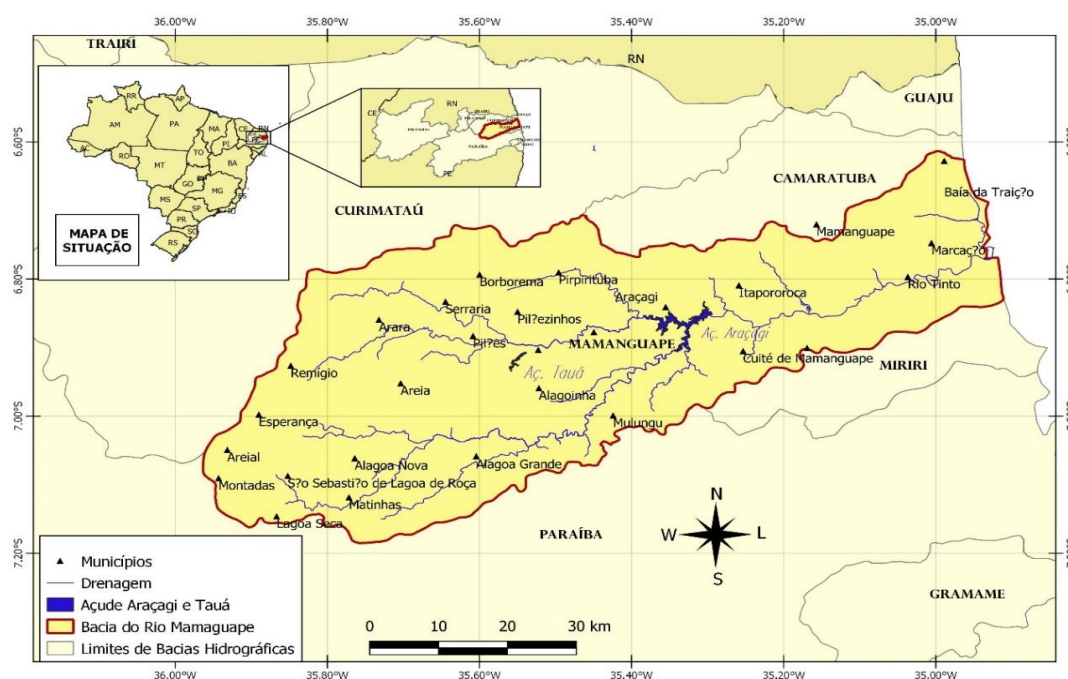
O Sistema Integrado de Abastecimento de Guarabira (SIAG), localizado na Microrregião de Guarabira, abastece quatro cidades: Araçagi, Cuitegi, Guarabira e Pilõezinhos. Segundo a Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA, 2020), o projeto inicial, implementado em 1969 e ampliado em 1983, só contemplava as cidades de Guarabira e Cuitegi. As outras cidades vieram compor o sistema na década de 90 por decisão política.

No ano de 2014, o sistema sofreu a última ampliação e hoje é formado por dois mananciais: o açude Tauá, localizado na zona rural do município de Cuitegi, e o açude Araçagi que está situado na divisa entre os municípios de Araçagi e Itapororoca, sendo este último responsável por 80% do abastecimento de água (CAGEPA, 2020).

Os dois açudes se encontram localizados na bacia hidrográfica do Rio Mamanguape, situada ao extremo leste do Estado da Paraíba como mostra Figura 1. Conforme a Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba (AESA, 2020), o açude de Tauá possui uma capacidade máxima de 8.573.500 m³ e seu volume atual é de 80,63% do seu volume total, correspondendo a 6.912.479 m³. Já o açude

Araçagi, possui uma capacidade máxima de 63.289.037 m³ e seu volume atual é de 60.162.436 m³, correspondendo a 95,06% da sua capacidade total.

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia do Rio Mamanguape.



Fonte: Autor (2020).

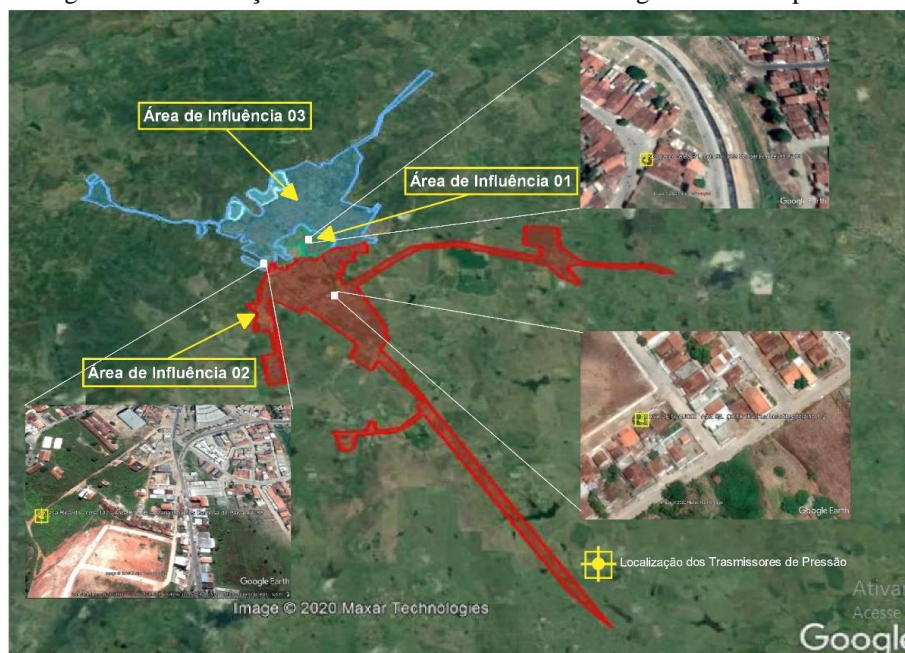
2.3 Levantamento dos dados

As informações e os dados utilizados neste trabalho foram obtidos dos órgãos responsáveis por dados históricos operacionais e recursos hídricos como: IBGE, AESA, SNIS e CAGEPA. Para a obtenção sintetizada do quadro de perdas e dos indicadores de performance, os dados foram reunidos, tratados e ordenados, para o lançamento no *software W-B Easy Calc (v6.12)* que segue o padrão de cálculo da IWA. O período dos registros levantados foi de 12 meses, referente ao ano de 2019, para cada município.

Os dados necessários para a utilização do software são: Volume de entrada no sistema, Consumo faturado e não faturado, Consumo não autorizado, Imprecisões e erros de medição, Dados de rede, Pressão média, Abastecimento Intermitente e Informações Financeiras. Quanto aos dados que não foram possíveis obter da própria companhia de saneamento e de ensaios de campo, foram estimados com base em trabalhos reconhecidos e desenvolvidos anteriormente, os quais foram: Consumo autorizado não faturado (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA, 2007), Consumo não autorizado (LAMBERT E TAYLOR, 2010) e Imprecisões e erros de medição (SILVA, 2008).

Segundo a CAGEPA (2020), a distribuição de água no município de Guarabira está definida em três áreas de influência (FIGURA 2). Cada área de influência com seu reservatório de distribuição geral, zona de pressão distinta e registradores de pressão. Além da cidade e de algumas localidades rurais compõem as áreas de influência, também, estão inseridas as cidades de Araçagi (Área de influência 02) e Pilõesinhos (Área de Influência 03).

Figura 2 – Localização das áreas de influências e dos registradores de pressão.



Fonte: Adaptado da CAGEPA (2020).

2.4 Análise de dados

Ao alimentar as planilhas do *software*, deve-se estimar uma margem de erro para cada variável. Após uma breve análise de confiabilidade, e tomando como base, trabalhos desenvolvidos anteriormente: Miranda e Koide (2001), Melato (2010) e Lima (2018), adotou-se uma margem de erro de $\pm 5\%$ para os dados que foram medidos e se tem mais confiabilidade, e para os dados que foram estimados e cuja confiabilidade é menor, adotou-se uma margem de erro de $\pm 10\%$.

Após o levantamento dos dados citados no item anterior para cada município, foram calculados os balanços hídricos (FIGURA 3), apresentando a desagregação das parcelas de perdas do sistema, bem como, os indicadores de performance de perdas físicas e aparentes (FIGURA 4), apresentando a melhor estimativa, margem de erro calculada, limite superior e inferior, extraídos do *software WB-Easy Calc*. Por fim, foi gerado gráficos comparativos dos respectivos municípios, para facilitar a visualização dos resultados.

A avaliação do grupo de Performance seguiu o guia para avaliação do Banco Mundial (FIGURA 5), que através do *software WB-EasyCalc*, relaciona valores de Índice Infraestrutural de Perdas (IIE), o indicador mais indicado para comparações de perdas reais entre sistemas distintos e, perdas reais em L/ligação/dia para sistemas de países desenvolvidos e em desenvolvimento com diferentes faixas de pressão.

Figura 3 – Matriz do Balanço Hídrico da IWA.

Volume de Entrada no 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo autorizado 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo autorizado faturado 0 m3/ano	Consumo medido faturado 0 m3/ano	Água faturada 0 m3/ano	
			Consumo não medido faturado 0 m3/ano		
			Consumo autorizado não faturado 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo medido não faturado 0 m3/ano	Água não faturada 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%
				Consumo não medido não faturado 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	
	Perdas de água 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%		Perdas Aparentes 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo não autorizado 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	
				Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%	
		Perdas Reais 0 m3/ano Margem de erro [+/-] 0,0%			

Fonte: Software WB-Easy Calc (2020).

Figura 4 - Indicadores de Performance de Perdas Reais e Aparentes.

Indicadores de Performance de perdas reais					Grupo de performance	
	Melhor estimativa	Margem de erro [+/- %]	Limite inferior	Limite superior	País Desenvolvido	País em Desenvolve mento
Índice Infra-estrutural de Perdas (IIE)	0	0%	0	0	Explicações	Explicações
Litros por ligação por dia (q.s.p.) q.s.p.: quando o sistema está pressurizado – isto significa que o valor já está corrigido no caso de intermitência no	0	0%	0	0		
Litros por ligação por dia por metro de pressão (q.s.p.)	0	0%	0	0		
m3/km rede por hora (q.s.p.)	0,00	0%	0,00	0,00		
Indicadores de Performance de perdas aparentes						
	Melhor estimativa	Margem de erro [+/- %]	Limite inferior	Limite superior		
Perdas Comerciais expressa em % do Consumo Autorizado	0%	0%	0%	0%		
litros/ligação/dia	0	0%	0	0		
litros/cliente/dia	0	0%	0	0		

Fonte: Software WB-Easy Calc (2020).

Figura 5 – Guia para avaliação do Banco Mundial.

Categoria de performance técnica		IIE	litros/ligação/dia (quando o sistema está pressurizado) numa pressão média					A1	Desempenho de gerenciamento de vazamento de classe mundial; apenas reduções marginais adicionais teoricamente possíveis
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m		
País Desenvolvido	A1	< 1.5		< 25	< 40	< 50	< 60	A2	Redução adicional de perda pode não ser econômica, ao menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo de melhoria efetiva
	A2	1.5 - 2		25-50	40-75	50-100	60-125		
	B	2 - 4		50-100	75-150	100-200	125-250	B	Potencial para melhorias significativas; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos, e uma melhor manutenção da rede
	C	4 - 8		100-200	150-300	200-400	250-500		
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500		
País em Desenvolvimento	A1	< 2	< 25	< 50	< 75	< 100	< 125	C	Registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos
	A2	2-4	25-50	50-100	75-150	100-200	125-250		
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500	D	Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000		
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000		

Fonte: Software WB-Easy Calc (2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série de dados levantados e inseridos no *software* para o cálculo do Balanço Hídrico com suas respectivas margens de erros estimadas encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Dados dos municípios estudados para o ano de 2019.

Dados	Araçagi	Cuitegi	Guarabira	Pilõesinhos	Margem de erro (+/- %)
Volume de Entrada (m ³)	553.546	425.446	4.395.848	181.187	5
Consumo faturado medido (m ³)	314.775	222.751	2.226.178	94.408	-
Consumo faturado não medido (m ³)	92.776	85.559	666.516	44.838	-
Consumo faturado (m ³)	407.551	308.310	2.892.694	139.246	-
Consumo Autorizado NÃO Faturado (1,25% VE) (m ³)	6.919,33	5.318,08	54.948,10	2.264,84	10
Consumo não autorizado (1,00% VE) (m ³)	5.535,46	4.254,46	43.958,48	1.811,87	10
Imprecisões e erros dos medidores (%)	14	14	14	14	10
Extensão da Rede (km)	15,93	7,91	134,10	5,27	5
Pressão média (mca)	14,48	-	15,60*	12,20	10
Abastecimento intermitente (dias/semana)	7	7	7	7	5
Nº de Economias (Clientes) ativos	2.803	2.010	18.574	1.009	5
Nº de ligações ativas	2.790	2.005	18.139	1.009	5
Nº de ligações inativas	390	620	3.848	284	5
Tarifa Média (R\$)/m ³	4,76	4,76	4,76	4,76	-
Custo de Produção (R\$)/m ³	3,53	3,57	6,36	2,30	-

Fonte: Autor (2020).

(*) A margem de erro estimada foi de $\pm 5\%$.

Após o preenchimento de todas as planilhas do *software WB - Easy Calc (v6.12)*, foram obtidos o balanço hídrico e os indicadores de performance de cada município em estudo. O resumo dos principais resultados obtidos está disposto no Quadro 2.

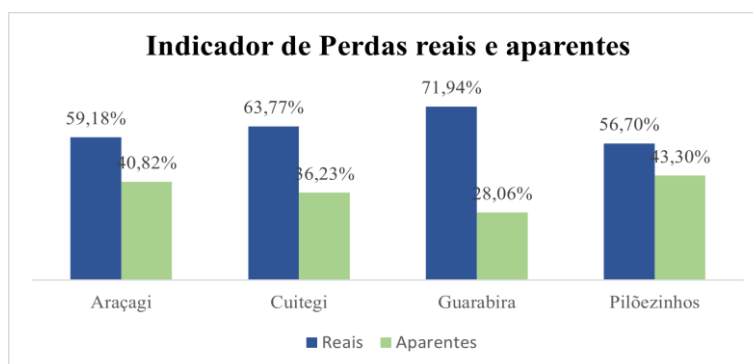
Quadro 2 – Comparativo dos principais resultados obtidos.

Cidade	% das Perdas Totais		IIE	Grupo de Performance	Perdas Reais (L/Ligação.Dia)	Perdas Comerciais (% Consumo Autorizado)
	Reais	Aparentes				
Araçagi	59,18	40,82	6	B	71	14
Cuitegi	63,77	36,23	-	-	74	13
Guarabira	71,94	28,06	9	C	130	14
Pilõesinhos	56,7	43,3	4	B	48	12

Fonte: Autor (2020).

Conforme os resultados apresentados para cada município, foi observado que os níveis de perdas foram maiores no município de Guarabira, responsável pela maior demanda de água. As perdas de água dos sistemas de Guarabira e Cuitegi foram predominantemente reais. Guarabira apresentou 71,94% de perdas reais e Cuitegi 63,77%. Já os sistemas dos municípios de Araçagi e Pilõesinhos, obtiveram perdas levemente equilibradas. O sistema de Araçagi obteve 59,18% de perdas reais e 40,82% de perdas aparentes. Já o sistema de Pilõesinhos, obteve 56,70% de perdas reais e 43,30% de perdas aparentes conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 – Indicador Percentual de Perdas reais e aparentes dos municípios em estudo (% das perdas totais).



Fonte: Autor (2020).

Ao analisar o IIE e as perdas reais em L/ligação/dia de todos os municípios, verificou-se que o sistema de Guarabira é o que se encontra na pior condição. O valor IIE do sistema de Guarabira foi 9, indicando que o sistema está 9 vezes pior do que o nível tecnicamente aceitável, enquadrando-se segundo os padrões do Banco Mundial no grupo de performance C, o que indica que há registro deficiente de vazamentos, tolerável somente se a água for abundante e barata.

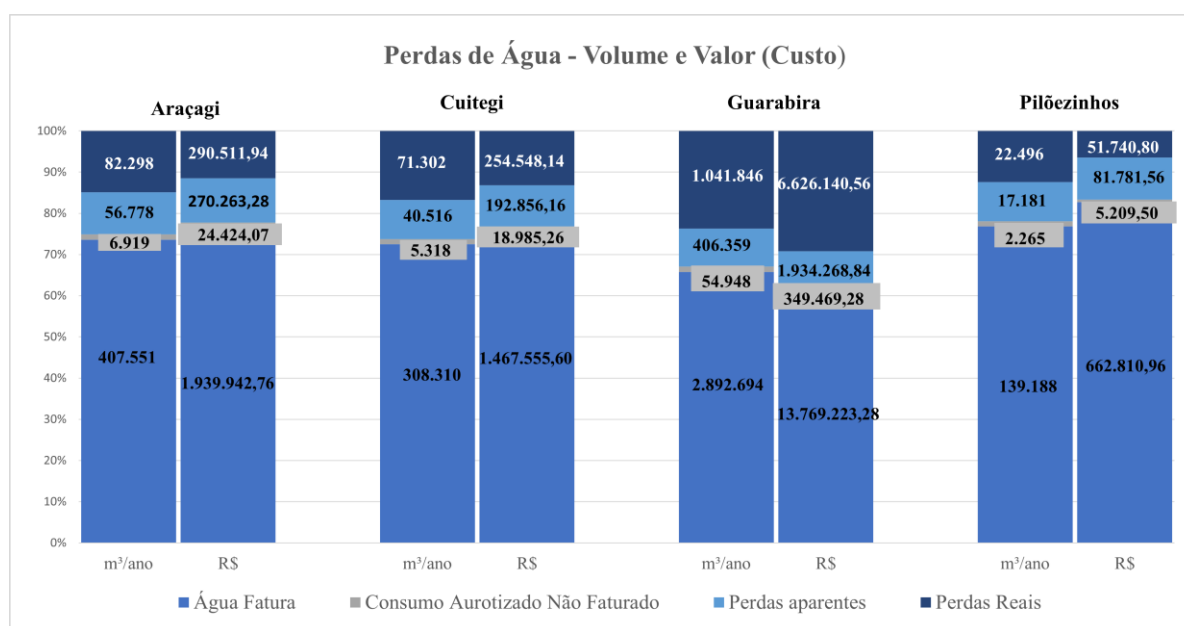
Quanto às perdas reais, estas foram de 130 L/ligação/dia para o sistema de Guarabira, ao passo que para o sistema de Cuitegi, foram de 74 L/ligação/dia. Porém, devido à ausência de dados de pressão no sistema de Cuitegi, um dado crucial para o cálculo do indicador, não foi possível obter o IIE e, muito menos, o enquadrar em um grupo de performance.

Notou-se também, que apesar dos valores de IIE dos sistemas dos municípios de Araçagi e Pilõezinhos não terem sido iguais, enquadraram-se no grupo de performance B, que segundo o Banco Mundial, significa que há potencial para melhorias significativas para a redução das perdas reais. O valor encontrado para o sistema de Araçagi foi de 6, já para Pilõezinhos resultou num valor de 4, indicando também, quantas vezes esses sistemas estão distantes do nível tecnicamente aceitável.

Constatou-se também, que houve pouca variação do indicador percentual das perdas comerciais (% consumo autorizado) entre os quatro municípios, em consequência, da estimativa aplicada nas variáveis inseridas no *software* que não foram possíveis ser obtidas a partir de medições. Quando não é possível obter esses dados a partir de medições, acaba-se muitas vezes usando valores padrões baixos, normalmente obtidos de sistemas bem gerenciados em países desenvolvidos, o que pode não corresponder à realidade destes em países em desenvolvimento. Por isso, é de suma importância a inspeção dos sistemas operacional e comercial, a partir da atualização do histórico de dados, implantação da setorização e aumento da macromedição. Além disso, realizar ensaios para a avaliação das perdas aparentes, de maneira que confronte os resultados e permita a calibração das variáveis, de forma a buscar resultados mais precisos.

Para uma melhor visualização dos resultados, foi gerado o gráfico das Perdas de Água em Volume (m³/ano) e Valor/Custo (R\$), subdividido em parcelas de água faturada, consumo autorizado não faturado, perdas reais e aparentes (Figura 7). Os valores da água faturada e perdas aparentes estão associados a tarifa média anual (R\$/m³) praticada em todo estado e, os valores do consumo autorizado não faturado e das perdas reais são obtidos do custo de produção por município (R\$/m³). Observa-se que os maiores custos associados ao volume perdido de água foram do município de Guarabira em torno de R\$ 8,560 milhões, subdividindo-se em cerca de R\$ 1,934 milhões para perdas aparentes e cerca de R\$ 6,626 milhões para às perdas reais. Já os menores custos foram do município de Pilõezinhos, em torno de R\$ 133,522 mil, subdividindo-se em cerca de R\$ 51,441 mil para perdas reais e cerca de R\$ 81,782 mil para as aparentes.

Figura 7 – Gráfico de Perdas de Água.



Fonte: Autor (2020).

4 CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos neste trabalho, pôde-se observar que com aplicação do método do Balanço Hídrico e a construção dos principais indicadores de performance propostos pela IWA, a partir do *software WB-Easy Calc* (v 6.12), foi obtido um detalhamento e análise das perdas reais e aparentes de cada município em estudo. Apesar do sistema de abastecimento das cidades serem do tipo integrado, houve resultados de diagnósticos distintos de perdas, o que leva a estratégias e ações de redução de perdas diferentes.

O *software WB – Easy Calc*, utilizado neste trabalho, apresenta os resultados na sua melhor estimativa e margem de erro, levando em consideração os valores estimados para cada variável. Contudo, não alteram os resultados da sua melhor estimativa. Por isso, sugere-se sempre trabalhar com esses resultados, uma vez que serão utilizados apenas para definição de estratégias e direcionamento de ações. Além disso, nota-se que o método do Balanço Hídrico é um método simples, prático e acessível para o diagnóstico de perdas e direcionamento de estratégias e ações para reduzi-las. Dessa forma, é importante que a sua aplicação seja atualizada anualmente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DA PARAÍBA – AESA. (2020). “*Sistema Hídrico e Açudagem da Bacia do rio Mamaguape. Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Drones – SIG*”. Disponível em: <<http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2019). “*Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019*”. Brasília – DF, 110 p.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DA PARAÍBA – CAGEPA. (2020). “*Comunicação pessoal*”.

FLICK, U. (2013) “*Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes*”. Ed. 5. Penso Editora. Porto Alegre – RS, 624 p.

GIL, A. C. (2008). “*Métodos e técnicas de pesquisa social*”. ed. 6. Atlas SA. São Paulo – SP, 216 p.

GUNTHER, H. (2006). “*Pesquisa Qualitativa versus Pesquisa Quantitativa: esta é a questão? Psicologia: Teoria e Pesquisa*”. 22 – 2, pp. 201 – 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. “*Cidades*”. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 31 de mar 2020.

LAMBERT, A.; TAYLOR R. (2010). “*Water loss guidelines, a guideline for the New Zealand water and wastes association*. Water New Zealand. New Zealand, 102 p.

LIMA, L. O. (2018). “*Estimativa dos tipos de perdas de água pelo método balanço hídrico no sistema de abastecimento em cidades da grande João Pessoa*”. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa – PB, 72 p.

MARTINS, V. (2012). *“Elaboração de plano diretor de combate a perdas de água do sistema de abastecimento do município de Candido Mota”*. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração de Empresas) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis – SP, 45p.

MIRANDA, C. M.; KOIDE, S. (2001). *“Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água”* in Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracajú, Nov. 2001, 76, pp. 1 – 19.

MELATO, D. S. (2010). *“Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo”*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo – SP, 133 p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. (2013). *“Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico”*. 2. Ed.: Feevale. Novo Hamburgo – RS, 277 p.

SANTOS, R. H. C.; MEDEIROS, E. L. L.; RAMOS FILHO, R.S.; BARBOSA, D. L.; RODRIGUES, A.C.L. (2019). *“Elaboração de um índice de qualidade do sistema de abastecimento de água da cidade de Guarabira – PB”* in I CONIMAS e III CONIDIS, Campina Grande, Nov. 2019, 1, pp. 1 – 12.

SILVA, N. R. (2008). *“Estudo de Metodologias para avaliação de submedição de hidrômetros domiciliares em sistemas de água”*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Distrito Federal – DF, 131 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO – SNIS. (2019). *“Diagnósticos dos serviços de água e esgoto – 2018”*. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

WATER LOSS COMMITTEE REVIEW – WLCR. (2007). *“Water audits and loss control programs”*, AWWA M36 Publication Rewrite.