



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE CHÒCKWÉ**

Autora: Domingas Bacacheza Andrigo

Tutor: Mário Tauzene Afonso Matangue (Ph.D.)

Lionde, Setembro de 2022

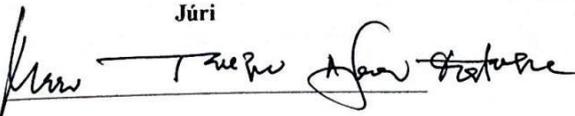


INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

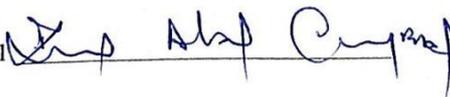
Monografia Científica sobre **avaliação do nível de perdas de água no sistema de abastecimento de água do município de Chókwè, para o trabalho de pesquisa** a matéria de redução de perdas, foi obtida na entidade provedora do abastecimento de água, FIPAG- Chókwè, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural. Monografia científica defendida e aprovada no dia 16 de Novembro de 2022.

Monografia científica defendida e aprovada no dia 16 de Novembro de 2022

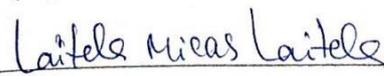
Júri

Tutor 

(Mário Tauzene Afonso Matangue. PhD)

Avaliador 1 

(Engo Raul Abel Chambal)

Avaliador 2 

(Engo Laitela Micas Laitela,)

Lionde, Dezembro de 2022



Monografia de Trabalho de Culminação do Curso com título Avaliação do Nível de Perdas de Água no Sistema de Abastecimento de Água do Município de Chókwè. Apresentado ao Gabinete de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Mário Tauzene Afonso Matangue (Ph.D.)

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS	VI
DECLARAÇÃO	VIII
DEDICATÓRIA	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Problema e Justificativa	14
1.2. Objectivos.....	14
1.2.1. Geral:.....	14
1.2.2. Específico:.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Tipos de perdas no Sistema de Abastecimento.	15
2.1.1. Perdas Reais.....	15
2.1.2. Perdas Aparentes.....	16
2.2. Balanço Hídrico.....	17
2.3. Controle de perdas de água	19
3. MATERIAIS E METODOS.....	21
3.1. Descrição da área de estudo	21
3.2. Materiais.....	21
3.3. Metodologia	21
3.3.1. Rede Abastecimento de Chókwè	21
3.3.2. Obtenção de Dados	22
3.3.3. Tipos de perdas no Sistema de Abastecimento de Chókwè.....	22
3.3.4. Perdas e Balanço Hídrico.....	23
3.3.5. Indicadores de Infra-estrutura.....	25
4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	26

4.1. Cálculo do Balanço Hídrico	26
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	34
6. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	39
ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Fig. 1: Mapa do Distrito de Chókwè.....	21
Fig. 2: Mapa da Rede de Abastecimento de Água da Cidade de Chókwè.....	22
Tabela 1. Matriz do Balanço Hídrico.....	18
Tabela 2: Volumes de entrada no sistema e facturado de 2021	26
Tabela 3: Balanço Hídrico do SA de Chókwè 2021	31
Tabela 4: Resumo do Balanço Hídrico	32

LISTA DE ABREVIATURAS.

AES -- Água a Entrar no Sistema

AF -- Água Facturada

ANF -- Água Não Facturada

CA -- Consumo Autorizado

CAF -- Consumo Autorizado Facturado

CAF_M -- Consumo Facturado Medido

CAF_{NM} -- Consumo Facturado não Medido

CANF -- Consumo não Autorizado Facturado

CANF_M -- Consumo não Facturado Medido

CANF_{NM} -- Consumo não Facturado não Medido

CD1 -- Centro Distribuidor1

CD2 -- Centro Distribuidor 2

DZF -- Departamento e fornecimento de Zonas

GGRP -- Gabinete de Gestão de Redução de Perdas

IWA -- Associação Internacional de Águas

nL -- nº de Ligações

Pa -- Perdas Água

PA -- Perdas Aparentes

Pap1 -- Usos não Autorizados

Pap2 -- Incertezas de Medição

PR -- Perdas Reais

SA -- Sistema de Abastecimento



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que esta monografia de Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e da orientação do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra Instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, Setembro de 2022

(Domingas Bacacheza Andrigo)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser autor do meu destino, meu pai Reis Andrigo, a minha mãe Helena Bacacheza, e meus irmãos.”

Meus filhos, amigos e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela vida que Ele me concedeu.

Agradeço aos meus pais por todo o esforço investido na minha educação.

Agradeço à minha família que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso académico.

Sou grato pela confiança depositada na minha proposta de projecto pelo meu professor Tutor, orientador do meu trabalho. Obrigado por me manter motivado durante todo o processo.

Por último, quero agradecer também ao FIPAG por me conceder uma bolsa de estudo para a minha formação, ao ISPG e todo o seu corpo docente.

RESUMO

A exploração dos recursos hídricos tem sido uma questão recorrente e central na agenda internacional nas últimas décadas. Nos últimos anos, há elevados investimentos no sector de saneamento, entretanto, a grande maioria das acções se concentram no aumento da oferta, não na melhoria de eficiência operacional e na diminuição das perdas de água, as perdas de água geram baixos rendimentos em SAA e tornam-se um factor financeiro para a entidade responsável pelo abastecimento, acarretam em redução da disponibilidade hídrica, falta de água, aumento dos custos operacionais, dentre outros, prejudicando a eficiência do sistema e a viabilidade financeira dos serviços públicos de água. O combate efectivo das perdas de água é um dos factores mais desafiadores da operação e manutenção de sistemas de abastecimento. As perdas em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos factores infra-estruturais e operacionais, tais factores se devidamente identificados e avaliados, os custos de redução das perdas pode diminuir significativamente. O projecto BAD que decorreu em Chókwè entre 2002 e 2003, não abrangeu registos domiciliareos que por sinal tornaram-se obsoletos e contribuem significativamente para que a quantidade de água produzida seja absurdamente maior do que a facturada, o que prova-se pelas paisagens da urbe de Chókwè que são comumente acompanhadas por pontos de fuga de água da rede de distribuição na maior parte dos casos encontram-se em residências. O desconhecimento do nível de água perdida influencia negativamente no processo de tomada de decisão para o combate e estratégias economicamente viáveis, a água que escorre ao longo das avenidas para além de causar um aspecto mau, compromete o saneamento do meio por isso, a presente pesquisa objectivou-se na avaliação do nível de perdas de água do sistema, aplicando o método proposto pela IWA do calculo passo a passo para avaliação do Balanço Hídrico, e teve como resultado cerca de 33% da água total produzida em perdas, o que aproxima-se de 36 562 748,91 MZN perdidos em apenas 2021, concluiu-se que as perdas apontadas na presente pesquisa estão intrinsecamente relacionadas com o estado obsoleto infra-estrutural.

Palavras-chave: Balanço Hídrico; Perdas de Água; IWA

ABSTRACT

The exploitation of water resources has been a recurrent and central issue on the international agenda in recent decades. In recent years, there has been high investment in the sanitation sector, however, the vast majority of actions are focused on increasing supply, not improving operational efficiency and reducing water losses, water losses generate low returns in SAA and they become a financial factor for the entity responsible for supply, lead to a reduction in water availability, lack of water, increase in operating costs, among others, harming the efficiency of the system and the financial viability of public water services. Effectively combating water losses is one of the most challenging factors in operating and maintaining water supply systems. Losses in supply systems are influenced by several infrastructural and operational factors, such factors if properly identified and evaluated, the costs of reducing losses can significantly decrease. The BAD project, which took place in Chókwè between 2002 and 2003, did not cover household records which, by the way, have become obsolete and significantly contribute to the amount of water produced being absurdly greater than that invoiced, which is proved by the city's landscapes from Chókwè, which are commonly accompanied by water leakage points from the distribution network, in most cases are found in homes. The lack of knowledge of the level of water lost negatively influences the decision-making process for combating and economically viable strategies, the water that flows along the avenues, in addition to causing a bad aspect, compromises the sanitation of the environment, therefore, the present research aimed at evaluating the level of water losses in the system, applying the method proposed by the IWA of the step-by-step calculation to evaluate the Water Balance, and resulted in about 33% of the total water produced in losses, which approximates to 36,562,748.91 MZN were lost in 2021 alone, it was concluded that the losses identified in the present research are intricately related to the infrastructural obsolete state.

Keywords: Water Balance; Water losses; IWA

1. INTRODUÇÃO

A água é reconhecida como um recurso limitado, escasso e vulnerável. A exploração dos recursos hídricos tem sido uma questão recorrente e central na agenda internacional nas últimas décadas. O acesso à água, em quantidade e qualidade, é uma necessidade básica do ser humano e deve ser tratada sob diversos pontos de vista (técnico, económico e social). Nos últimos anos, há elevados investimentos no sector de saneamento, entretanto, a grande maioria das acções se concentram no aumento da oferta, não na melhoria de eficiência operacional e na diminuição das perdas de água (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

As perdas de água geram baixos rendimentos em SAA e tornam-se um factor financeiro para a entidade responsável pelo abastecimento de água porém, com planeamento, conhecimento, recursos e gestão, é possível atingir e manter baixos níveis de perdas nos sistemas de abastecimento de água (TARDELLI, 2015).

O aumento da demanda de água e a crise hídrica mostram a necessidade de melhorias e ampliações nos serviços de abastecimento de água, dessa forma, é essencial que o abastecimento seja realizado de maneira eficaz. As perdas de água, em contrapartida, podem acarretar em redução da disponibilidade hídrica, falta de água, aumento dos custos operacionais, dentre outros; prejudicando a eficiência do sistema e a viabilidade financeira dos serviços públicos de água. O combate efectivo das perdas de água é um dos factores mais desafiadores da operação e manutenção de sistemas de abastecimento (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

O conceito de perdas de água é definido como a diferença entre o volume produzido nas ETAs e os consumos autorizados na adução ou distribuição. Representa a soma da Perda Real com a Perda Aparente (ABES, 2013). As perdas podem ser consideradas para todo o sistema ou calculadas em relação a subsistemas como: adução de água bruta, sistema de adução, sistema de distribuição de água tratada, inclusive em sectores de distribuição. Em cada caso, as componentes do cálculo são consideradas em conformidade com a situação (ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA, 2000). BEZERRA & CHEUNG, (2013) afirma que as perdas em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos factores infra estruturais e operacionais. Como, por exemplo, características da rede hidráulica, material, factores relacionados às práticas de operação e nível de tecnologia do sistema. Para diminuir o volume de perdas é necessário entender e separar as acções em duas grandes categorias: controle de perdas reais e controle de perdas aparentes. Entender as deficiências do sistema existente é

crucial para definição de acções e em qual categoria de perdas elas são necessárias. Por conseguinte, o diagnóstico do sistema é fundamental.

1.1. Problema e Justificativa

O relatório do MAEFP (2020) publicado em Maio, na cidade de Lisboa mostra que o sistema de abastecimento da cidade de Chókwè, construído no tempo colonial em 1952, teve uma reabilitação em 2006, onde para além da construção de raiz de um centro distribuidor designado CD2 com uma capacidade de 500 m³, houve acréscimo da capacidade de produção do centro distribuidor 1, do tempo colonial, aumento da capacidade de distribuição expandindo a rede já existente.

O mesmo relatório mostra que ente 2002 e 2003 decorreu o projecto BAD com objectivo de substituir a rede antiga, o que não afectou registos domiciliários que por sinal tornaram-se obsoletos e contribuem significativamente para que a quantidade de água produzida seja absurdamente maior do que a facturada.

As paisagens da urbe de Chókwè são comumente acompanhadas por pontos de fuga de água da rede de distribuição, que por sinal na maior parte dos casos encontram-se em residências (MAEFP 2020).

O desconhecimento do nível de água perdida ao longo da distribuição na urbe de Chókwè influencia negativamente no processo de tomada de decisão para o combate e estratégias economicamente viáveis, a água que escorre ao longo das avenidas da urbe para além de causar um aspecto mau, compromete o saneamento e a saúde pública garantindo condições para proliferação de insectos nocivos a saúde humana.

1.2. Objectivos

1.2.1. Geral:

- Avaliar o nível de perdas de água do sistema de abastecimento de água no Município de Chókwè.

1.2.2. Específico:

- Identificar os tipos de perdas no Sistema de Abastecimento de Água;
- Determinar o nível de perdas através do Balanço Hídrico;
- Produzir recomendações técnicas com vista a minimizar as perdas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Tipos de perdas no Sistema de Abastecimento.

O conceito de perdas de água é definido como a diferença entre o volume produzido na ETA Estação de Tratamento de Água e os consumos autorizados na adução ou distribuição. Representa a soma da Perda Real com a Perda Aparente (ABES, 2013). As perdas podem ser consideradas para todo o sistema ou calculadas em relação a subsistemas como: adução de água bruta, sistema de adução, sistema de distribuição de água tratada, inclusive em sectores de distribuição. Em cada caso, as componentes do cálculo são consideradas em conformidade com a situação (ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA, 2000).

BEZERRA & CHEUNG (2013) afirma que as perdas em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos factores infra estruturais e operacionais. Como, por exemplo, características da rede hidráulica, material, factores relacionados às práticas de operação e nível de tecnologia do sistema. Para diminuir o volume de perdas é necessário entender e separar as acções em duas grandes categorias: controle de perdas reais e controle de perdas aparentes. Entender as deficiências do sistema existente é crucial para definição de acções e em qual categoria de perdas elas são necessárias. Por conseguinte, o diagnóstico do sistema é fundamental.

2.1.1. Perdas Reais.

As perdas reais, também conhecidas como perdas físicas, representam os vazamentos em adutoras, redes de distribuição, cavaletes, estações de tratamento de água e extravasamento de reservatórios (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

BEZERRA & CHEUNG (2013) destaca que é nas redes de distribuição e ramais prediais que ocorrem o maior número de vazamentos e o maior volume de perdido no SAA. As principais causas apontadas para ocorrências de vazamentos são: pressões elevadas; variações bruscas de pressão; transientes hidráulicos (decorrentes de manobras de rede); má qualidade na execução das obras, nos materiais e conexões empregadas; reaterro executado sem a troca de solo ou compactação ineficiente; deficiências ou erros de projecto; mão-de-obra sem qualificação; utilização de equipamentos inadequados; falhas de operação e manutenção do sistema; corrosividade do solo e lençol freático; mudança no tipo de tráfico existente; intervenção de terceiros (ligações clandestinas), entre outros (COSTA & PASQUALETTO, 2013). Apesar do volume consumido pelas ligações clandestinas representarem perdas aparentes, nas conexões utilizadas nas fraudes apresentam vazamentos elevados. Segundo a IWA - Internacional Water Association, os vazamentos de água são classificados em três tipos na rede de distribuição de água.

- i. **Vazamentos visíveis:** possuem altas vazões e aflorantes à superfície, são vistos e comunicados pela população à operadora de saneamento para o reparo.
- ii. **Vazamentos não visíveis e Não Detectáveis (Inerentes):** não afloram à superfície do terreno e não são passíveis de serem identificados pelos equipamentos actuais de detecção acústica. Possuem baixas vazões e longa duração.
- iii. **Vazamentos não visíveis e detectáveis:** não afloram à superfície, mas são passíveis de identificação pelos equipamentos actuais de detecção acústica, cuja duração e respectivo volume perdido estão directamente associados ao intervalo entre duas varreduras de pesquisa de vazamentos.

LAMBERT (2001) propõe 4 Acções para a redução do volume de perdas reais de água em um sistema de abastecimento:

- i. **Controle da pressão do sistema:** aumento ou diminuição da pressão;
- ii. **Controle activo de vazamentos não visíveis:** acções de investigação param detecção e localização de vazamentos;
- iii. **Velocidade e qualidade nos reparos:** acções de manutenção na rede e reparo dos vazamentos; **Gestão da infra-estrutura:** controle da idade das tubulações e melhorias na rede.

2.1.2. Perdas Aparentes.

As perdas aparentes, também conhecidas como perdas não físicas ou comerciais, representam as fraudes, ligações clandestinas, erros de medição e falhas no cadastro técnico e comercial. (BEZERRA & CHEUNG, 2013). Existem diversos tipos de fraudes aplicadas nos sistemas de distribuição de água, os mais comuns são: ligação clandestina, inclinação do medidor, furo no visor do hidrômetro, inversão do hidrômetro e inserção de objecto na engrenagem do hidrômetro. Para combater as fraudes a gestão comercial faz a actualização do cadastro comercial, fiscalização de fraudes e uso ilegal, essas tarefas incluem o monitoramento da factura de água e de indícios de uso ilegal da rede. Erros de medição ocorrem pela diversidade de tipos de medidores, submedição em baixas vazões, falta de manutenção e calibração dos hidrômetros e, principalmente, à idade e ao estado de conservação, dimensionamento dos hidrômetros, erros de leitura e estimativas de consumos (BEZERRA & CHEUNG, 2013). Os erros de medição ocorrem na macromedição (entrada e saída de DMC, saída de ETA) e também na micromedição (hidrômetros). PINTO (2012) aponta acções para combater as perdas de água aparentes como: certificação da qualidade dos hidrômetros, utilização de hidrômetros mais precisos ou com faixas de utilização optimizada,

acompanhamento da idade média do parque de hidrómetros, acompanhamento do nível de utilização dos hidrómetros por volume, utilização de medidas e acessórios que dificultem a propagação de fraudes como cápsulas internas de corte, cavaletes com travas, selos, lacres e blindagem, entre outros. Assim como proposto em perdas reais, são propostas 4 acções para a redução do volume de perdas aparentes de água em um sistema de abastecimento: Redução dos erros de medição; Qualificação da mão-de-obra; Controle de uso não autorizado; Sistema comercial adequado.

2.2.Balanco Hídrico

A falta de um padrão significativo e de nomenclatura única para os componentes das perdas de água, tornava praticamente impossível realizar comparações confiáveis de desempenho entre sistemas de abastecimento (WINARNI, 2009; BEZERRA & CHEUNG, 2013). Estando ciente dos problemas da grande diversidade de métodos de balanço hídrico e com base nas melhores práticas de muitos países a IWA constituiu um grupo-tarefa (WLSG - Water Loss Specialist Group) para estudar, discutir e propor uma padronização mundial de terminologia, conceitos e estrutura do balanço hídrico.

O balanço hídrico permite conhecer o quanto de água é perdida no sistema de abastecimento (FARLEY, 2008), que é o primeiro passo para o controle de perdas. Segundo IWA, as componentes do balanço hídrico são os conceituados em seguida e de forma resumida na tabela 1:

- i. Volume de entrada no sistema: volume de água anual de entrada no sistema.
- ii. Consumo autorizado: volume anual de água medido e não medido, consumido e inclui itens como combate a incêndios, descarga de rede, limpeza de reservatórios, etc.
- iii. Água não facturada: diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo autorizado facturado.
- iv. Perdas de água: diferença entre volume de entrada no sistema e consumo autorizado. Compreende perdas reais e aparentes.
- v. Perdas aparentes: aquelas associadas a todos os tipos de imprecisões às medições de água produzida e consumida e também ao consumo não autorizado ocasionado por fraudes, ligações clandestinas e/ou irregularidades, erros de hidrómetros, de leitura ou falhas no cadastro comercial (ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA, 2000). A água é consumida, porém não é facturada pela empresa de saneamento. São perdas não físicas (FUNASA, 2014).

- vi. Perdas reais: toda água que vaza no sistema, não chegando até às instalações do cliente, também conhecida como perdas físicas de água. Estas são ocasionadas por vazamentos ou rompimentos em adutoras, redes, ramais e conexões, trincas e fissuras nas paredes dos reservatórios e extravasamentos do mesmo (ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA, 2000). Este tipo de perda impacta a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e os custos de produção de água tratada (FUNASA, 2014).

Tabela 1. **Matriz do Balanço Hídrico**

Água que entra no sistema (m ³ /ano)	Consumo autorizado (m ³ /ano)	Consumo autorizado facturado (m ³ /ano)	Consumo facturado medido (m ³ /ano)	Água facturada (m ³ /ano)
			Consumo facturado não medido (m ³ /ano)	
		Consumo autorizado não facturado (m ³ /ano)	Consumo não facturado medido (m ³ /ano)	Água não facturada (m ³ /ano)
			Consumo não facturado não medido	
	Perdas de água (m ³ /ano)	Perdas aparentes (m ³ /ano)	Uso não autorizado (m ³ /ano)	
			Incertezas de medição (m ³ /ano)	
		Perdas reais (m ³ /ano)	Perdas reais nas tubulações (m ³ /ano)	
			Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição (m ³ /ano)	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios (m ³ /ano)	
			Vazamentos nos ramais (m ³ /ano)	

Fonte: (ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA, 2000)

Os passos para calcular a água não facturada e as perdas de água são os seguintes (transcrito de ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA, 2000):

Passo 1: Determinar o volume de água de entrada no sistema;

Passo 2: Determinar o consumo facturado medido e o consumo facturado não medido;

Passo 3: Calcular o volume de água não facturada subtraindo a água facturada da água entrada no sistema;

Passo 4: Definir o consumo não facturado medido e o consumo não facturado não medido; registar o total em consumo autorizado não facturado;

Passo 5: Somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado facturado e ao consumo autorizado não facturado, e registar o total em consumo autorizado;

Passo 6: Calcular as perdas de água como a diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado;

Passo 7: Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição, somá-las e registar o resultado em perdas aparentes;

Passo 8: Calcular as perdas reais subtraindo as perdas aparentes das perdas de água;

Passo 9: Avaliar as parcelas das perdas reais usando os melhores métodos disponíveis (análise da vazão mínima nocturna, cálculos de frequência/vazão/duração dos vazamentos, modelações, etc.), somá-las e comparar com o resultado das perdas reais.

2.3. Controle de perdas de água

O cálculo do balanço de águas corresponde a um dos modelos para a avaliação e controle das perdas. Segundo ALEGRE, HIRNER, BAPTISTA, & PARENA (2000) é possível estimar as perdas reais (ou físicas) a partir das perdas totais – método top down. Nesse caso, torna-se necessário que antes sejam determinadas as perdas aparentes. Para tal, a recomendação dos autores é no sentido de que se deve recorrer aos melhores métodos disponíveis para calcular as parcelas de uso não autorizado (furtos) e de erros de medição. O método bottom-up, mais utilizado no mundo, na determinação e controle de perdas reais, consiste na avaliação da vazão mínima nocturna. Esse método aplica dados de pesquisas, testes e inspecções de campo para quantificar o volume de perdas reais dentro dos sectores de sistemas de distribuição (BEZERRA & CHEUNG, 2013). A vazão mínima nocturna é a vazão medida em qualquer rede de distribuição ou DMC durante o período de mínima demanda à noite (FARLEY, 2001). O método da vazão mínima nocturna tem como princípio a variação do consumo no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. A interpretação do valor da vazão mínima nocturna é baseada na suposição de que o consumo autorizado é baixo durante a noite (UN-

Habitat, 2012). Em sistemas de abastecimento sem intermitências e com pressurização normal, os consumos são mínimos entre às 02:00h e às 04:00h (AESBE & ASSEMAE, 2015). Em alguns países ou continentes cerca de 6% da população dos sistemas urbanos está activa durante o período de vazão mínima nocturna (BEZERRA & CHEUNG, 2013). Na ausência de dados específicos, a SABESP utiliza a soma das equações 1 e 2 para estimar o consumo mínimo.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1.Descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado no distrito de Chókwè situado a sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, tendo como limites a norte o rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a sul o distrito de Bilene e o rio Mazimuchope por distrito de Bilene, Chibuto e Xai-Xai, a este confina com os distritos de Bilene e Chibuto e a Oeste com os distritos de Magude e de Massingir. A superfície do distrito é de 2.450. Administrativamente constituído por 3 postos administrativos nomeadamente Xiliembene, Macarretane e Lionde, 1 cidade municipal designada Chókwè segundo mostra a figura 1. A sua população está estimada em 240244 habitantes (INE, 2017).

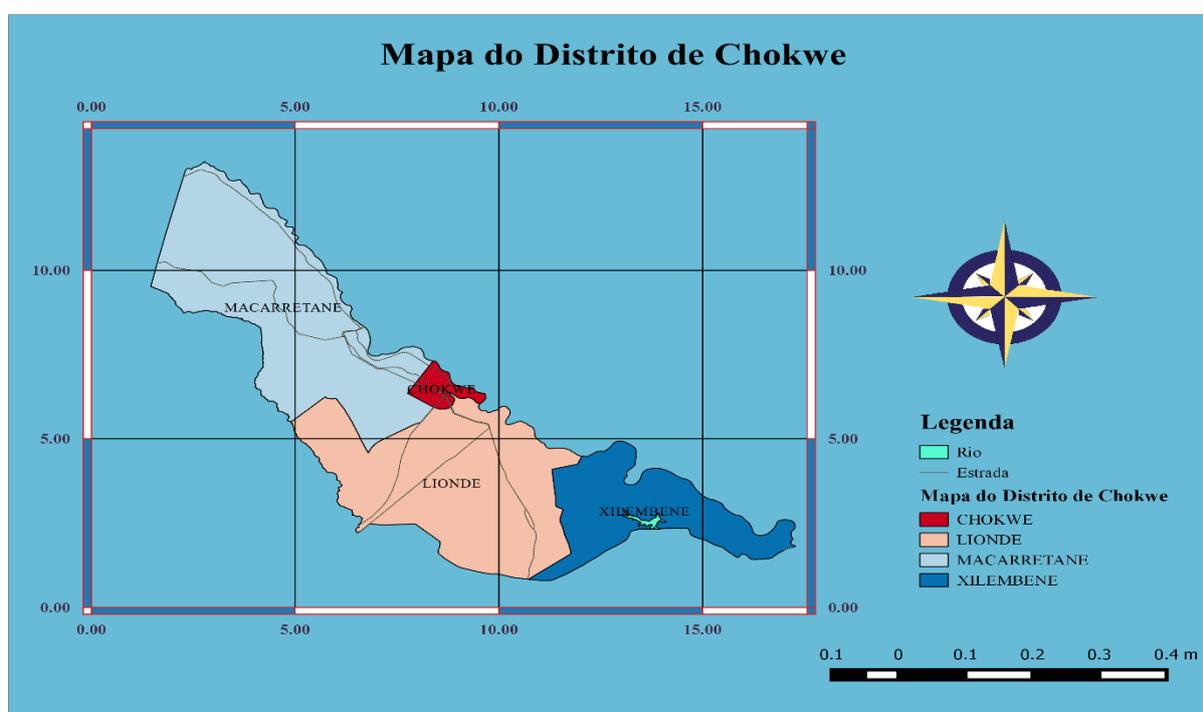


Fig. 1: Mapa do Distrito de Chókwè

Fonte: Autor

3.2.Materiais

- Programa Microsoft Office 2013
- Computador Pessoal (PC)

3.3.Metodologia

3.3.1. Rede Abastecimento de Chókwè

A rede de abastecimento de água na cidade de Chókwè é malhada e mista pois, o CD1 alimenta o 1º e 2º Bairros da Cidade através duma rede em PVC com diâmetros iguais a 110, 75, 63 mm, o CD2 alimenta o 3º,4º,5º e 6º Bairros reforçando os 1º e 2º Bairros, a constituição da rede do CD2 não difere-se da rede do CD1 em material assim como em

diâmetros, a rede possui um comprimento total de 283442 Km de comprimento e serve a cerca de 22136 clientes e 33 fontenários, o mapa na figura 2 ilustra a situação da distribuição dos diâmetros da rede de abastecimento de Chókwè.

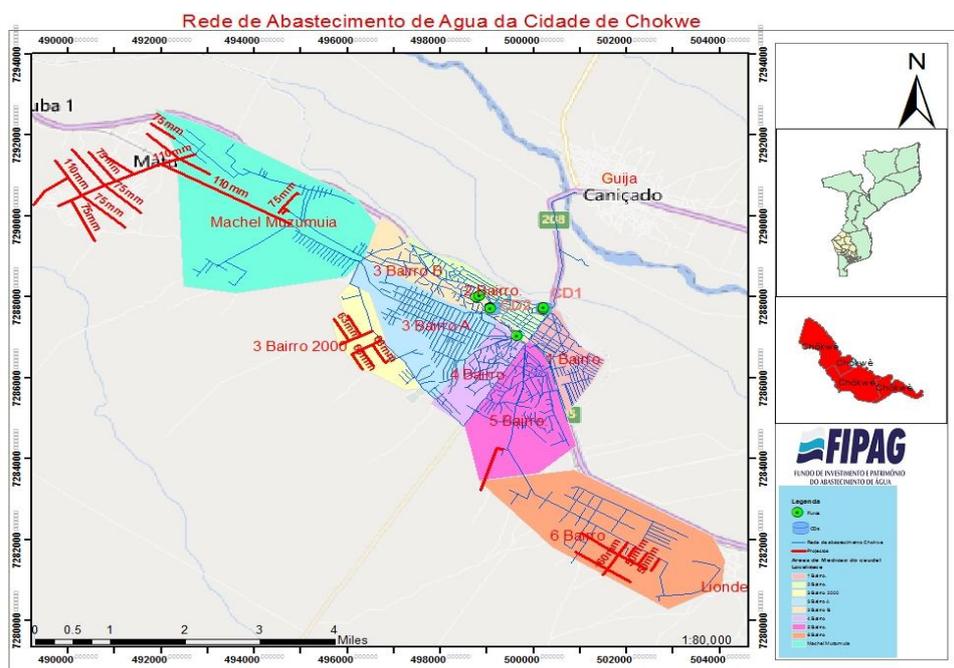


Fig. 2: Mapa da Rede de Abastecimento de Água da Cidade de Chókwè

Fonte: FIPAG

3.3.2. Obtenção de Dados

Os dados que foram necessários para o presente estudo são:

- i. Perdas reais anuais inevitáveis (UARL);
- ii. Indicador técnico de perdas reais (TIRL);
- iii. Índice de vazamento infra-estrutural (ILI).

A partir destes dados foram estimados indicadores recomendados pela IWA (LAMBERT, 2001), para obtenção dos mesmos, houve necessidade duma colaboração da instituição provedora de água na cidade, FIPAG – Chókwè, para o fornecimento dos dados correspondentes ao ano de 2021.

3.3.3. Tipos de perdas no Sistema de Abastecimento de Chókwè

A gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água constitui um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas do sector. A Área Operacional de Chókwè (AOC), integrada no FIPAG Regional Sul (FRS), não foge a regra, possui uma capacidade de produção instalada de 10,680 m³/dia, dos quais a média é de 6,794m³/dia praticados (dados referentes a CD1 e CD2), as perdas de água nesta Área Operacional situam-se actualmente em média de 27%, de acordo com dados do período em análise, de Janeiro à Dezembro de 2019, durante a pesquisa,

a instituição provedora de água identificou 2 tipos de perdas, as aparentes e físicas, sendo estas que serão consideradas no presente estudo.

3.3.4. Perdas e Balanço Hídrico

O nível de perdas de água foi determinado a partir do balanço hídrico determinado da seguinte forma:

Na posse dos dados fornecidos pela provedora de água da cidade, segue-se então o passo-a-passo do cálculo dos elementos da matriz da tabela do balanço hídrico apresentado na tabela 1 e os indicadores de perdas tal como segue-se na sequência:

GALVÃO, (2010) afirma que raramente a medição constitui o resultado final do processo de investigação realizado, geralmente para se conhecer o resultado final, o valor medido deve ser transformado matematicamente, isto é, relacionado com outros valores em expressões de soma, subtração, multiplicação e ou divisão, com provável margem de incerteza de medição, e assim o erro vai propagando-se de excreção a excreção levando a inconfiabilidade do resultado final da pesquisa.

Sendo que os dados fornecidos pela provedora resultam de leituras feitas nos macro e micromedidores diariamente durante um ano, a medição de certas variáveis é quase impossível, não restam dúvidas da necessidade da consideração dos factores de variação dos valores em dois, mínimo e máximo segundo o que VICENTINI (2012) afirma em seu trabalho.

A empresa provedora de água forneceu a valor que corresponde a AES anual resultante das leituras feitas no macromedidor deprimogéneo com placa de orifício, cuja faixa de incerteza pode variar conforme os critérios de projecto utilizado, estando entre 0,5% até 4% (BRASIL, 2007). Foi considerada na presente pesquisa a maior faixa de incerteza correspondente a 4%, e o seu cálculo sucedeu-se com base na equação 1.

$$AES = Volume\ Macromedidor \quad \text{Equação 1}$$

$$AES = Volume\ Macromedidor \pm 4\% Volume\ Macromedido \quad \text{Equação 1.1}$$

Para a determinação do consumo facturado medido e não medido, o que corresponde ao **segundo passo**, a faixa de incerteza que foi aplicada é de $\pm 2\%$ relativa a classe dos micromedidores mais empregados nas ligações residenciais, Classe B, segundo (VICENTINI, 2012), determinada na base da equação 2.1.

$$CAFM = Volume\ Micromedido \quad \text{Equação 2}$$

$$CAFM = Volume\ Micromedido \pm 2\% Volume\ Micromedido \quad \text{Equação 2.1}$$

O CAFNM é um valor estimado, tal, foi estimado pela equipe técnica da empresa provedora de água potável da cidade.

Foram somadas as duas variáveis anteriores através da equação 2.2 e obteve-se o valor da CAF e AF, preenchidas na tabela 1.

$$CAF \& AF = CAFM + CAFNM \quad \text{Equação 2.2}$$

Passo 3: A determinação do volume da ANF foi efectuada na base da equação 3 que consiste na subtracção da parcela que corresponde ao volume da AF do volume da AES.

$$ANF = AES - AF \quad \text{Equação 3}$$

Passo 4: Para determinação do CANF e do CANFNM, SABESP (2006) afirma que pela dificuldade na obtenção dos valores correspondente as duas últimas variáveis, é passível a utilização de factores de estimativa, daí que fez-se uma estimativa na qual foi considerado o valor padrão utilizado no Reino Unido de 1,25% da água que entra no sistema, conforme mostra a equação 4. A soma do CANFNM e do CANFM resulta no valor da CANF.

$$CANF = 1,25\%AES \quad \text{Equação 4}$$

Passo 5: O CA foi determinado com base na equação 5 que consiste na soma dos valores de CAF e CANF.

$$CA = CAF + CANF \quad \text{Equação 5}$$

Passo 6: O valor do volume Pa é resultante da diferença entre a AES e CA conforme mostra a equação 6.

$$Pa = AES - CA \quad \text{Equação 6}$$

Passo 7: Para determinação de PA foi necessária a avaliação das variáveis P_{ap1} e P_{ap2} e posterior soma das mesmas conforme mostra a equação 7.2.

SABESP (2006), que afirma que na ausência de algum dado que corresponda a P_{ap1} causado pela dificuldade na medição desta variável, faz-se uma estimativa considerando-se o valor padrão utilizado no Reino Unido de 0,50% da água que entra no sistema, conforma mostra a equação 7.

$$P_{ap1} = 0,50\%AES \quad \text{Equação 7}$$

Com relação as incertezas de medição da variável P_{ap2} , foram calculadas as submedições dos hidrómetros de grande e pequena capacidade, tendo sido considerado os de pequena capacidade hidrómetros com vazão menor que $3,0m^3/h$ ($CPH \leq 3,0m^3$) e os de grande capacidade na situação contrária. Em 2007 a SABESP chegou ao erro médio de 17% para submedição de hidrómetros de pequena capacidade para uma economia residencial e 5,3%

para os de grande capacidade. A equação 7.1 reflecte o cálculo da variável P_{ap2} resultante do somatório das submedições dos hidrómetros de grande e pequena capacidade.

$$P_{ap2} = 17\%V_{CPH\leq 3} + 5,3\%V_{CPH>3} \quad \text{Equação 7.1}$$

$$PA = P_{ap1} + P_{ap2} \quad \text{Equação 7.2}$$

Passo 8: As perdas reais resultaram da subtracção das perdas aparentes nas perdas de água conforma a equação 8 ilustra abaixo.

$$PR = Pa - PA \quad \text{Equação 8}$$

3.3.5. Indicadores de Infra-estrutura

As perdas reais anuais inevitáveis (UARL) indicam o volume de perdas consideradas inevitáveis, já que são difíceis de detectar e reparar, pois não é economicamente viável. O nível de perdas inevitáveis varia de acordo com o comprimento da rede, pressão, falhas e números de clientes, a equação que foi usada para determinar a UARL é a equação 9:

$$UARL = \left(18 * \frac{Cr}{Nc} + 0.80 + 25 * \frac{Lp}{Nc} \right) * P \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

Cr – Comprimento da rede (Km);

Nc – Número de conexões de serviços;

Lp – Comprimento das conexões da rede até o medidor do cliente (m);

P – Pressão do sistema.

O indicador técnico de perdas reais (TIRL), é determinado pelo volume de perdas reais dividido pelo número de conexões de serviços, matematicamente determinado pela equação 10.

$$TIRL = \frac{PR}{Nc} \quad \text{Equação 10}$$

O índice de vazamento da infraestrutura (ILI), é a razão entre o indicador técnico de perdas reais e as perdas reais inevitáveis. O ILI estima a eficácia das atividades de gestão operacional da infraestrutura – reparos, controle de vazamento ativo e gerenciamento de rede e tem escala de 1 a 5. O ILI foi calculado conforme a equação 11:

$$ILI = \frac{TIRL}{UARL} \quad \text{Equação 11}$$

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em seguida são arrolados os dados fornecidos pela empresa FIGAG região Sul – Chókwè que foram usados para determinação dos parâmetros do Balanço Hídrico, a tabela 2 apresenta os dados do volume de entrada no sistema e do volume facturado do ano 2021.

Tabela 2: Volumes de entrada no sistema e facturado de 2021

Meses	AES/Volume m ³	AF/V. Facturado m ³
Janeiro	289 285	217 427
Fevereiro	261 153	225 954
Março	299 489	207 246
Abril	285 980	181 228
Mai	304 942	205 467
Junho	284 741	209 525
Julho	303 568	210 876
Agosto	300 298	199 330
Setembro	292 151	202 453
Outubro	305 583	214 359
Novembro	304 995	209 770
Dezembro	324 623	205 143
Total	3 556 808	2 488 778

Fonte: FIPAG-Chókwè 2021

Pressão na rede: $H \geq 19$ m. c. a.

Consumo autorizado facturado: 2 488 778 m³.

Comprimento da rede: 321 789 Km.

Número de conexões de serviço: 25 414.

Comprimento das conexões da rede até o medidor do cliente: 25m

4.1.Cálculo do Balanço Hídrico

Passo 1:

Volume da Água que entra no sistema

$$S_{AES} = 4\% * VM$$

$$S_{AES} = 4\% * 3\,556\,808\,m^3$$

$$S_{AES} = 142\,272,32\,m^3$$

$$AES = VM \pm S_{AES}$$

$$AES = 3\,556\,808\,m^3 \pm 142\,272,32\,m^3$$

$$AES = [3\,699\,080,32; 3\,414\,535,68]\,m^3/ano$$

Passo 2:

Volume do Consumo Autorizado Facturado e da Água Facturada

A empresa provedora de água da cidade forneceu o volume micromedido correspondente ao consumo autorizado facturado, o que foi considerado na totalidade o volume micromedido para o cálculo do consumo facturado medido, uma vez que não existe disponível o valor estimado do consumo facturado não-medido.

$$S_{CAF} = 4\% * Vm$$

$$S_{CAF} = 2\% * 2\,488\,778\,m^3$$

$$S_{CAF} = 49\,775,56\,m^3$$

$$AES = Vm \pm S_{CAF}$$

$$CAF = 2\,488\,778\,m^3 \pm 49\,775,56\,m^3$$

$$CAF = [2\,538\,553,56; 2\,439\,002,44]\,m^3/ano$$

$$CAF = CAFM = AF$$

Passo 3:

Volume da Água não Facturada

$$ANF = AES - AF$$

Na determinação desta variável, considerou-se segundo VICENTINI, (2012), a média do intervalo de confiança das variáveis AES e AF, posterior cálculo da propagação de incerteza da mesma variável, conforme mostra-se a seguir.

Sendo que:

$$\bar{X}_{AES} = 3\,556\,808\,m^3$$

$$\bar{X}_{AF} = 2\,488\,778\,m^3$$

$$S_{AES} = 142\,272,32\,m^3$$

$$S_{AF} = 49\,775,56\,m^3$$

Logo:

$$\bar{X}_{ANF} = \bar{X}_{AES} - \bar{X}_{AF}$$

$$S_{ANF} = \sqrt{S_{AES}^2 + S_{AF}^2}$$

$$ANF = \bar{X}_{ANF} \pm S_{ANF}$$

$$\bar{X}_{ANF} = 3\,556\,808\,m^3 - 2\,488\,778\,m^3$$

$$\bar{X}_{ANF} = 1\,068\,030\,m^3$$

$$S_{ANF} = \sqrt{(142\,272,32)^2 + (49\,775,56)^2}$$

$$S_{ANF} = 150\,728,297\,m^3$$

$$ANF = 1\,068\,030\, m^3 \pm 150\,728,297$$

$$ANF = [1\,218\,758,297; 917\,301,703] m^3/ano$$

Passo 4:

Volume do Consumo Autorizado não Facturado

$$CANF = 1,25\% * (3\,699\,080,32; 3\,414\,535,68)$$

$$CANF = [46\,238,504; 42\,681,696] m^3/ano$$

Passo 5:

Volume do Consumo Autorizado

$$CA = CAF + CANF$$

Na determinação desta variável, aplicou-se o mesmo critério de cálculo usado na determinação da água não facturada, sendo que para esta variável, a média do intervalo de confiança usada corresponde a das variáveis CAF e CANF, e posterior cálculo da propagação de incerteza da mesma variável, conforme mostra-se a seguir.

Sendo que:

$$\bar{X}_{CAF} = 2\,488\,778\, m^3$$

$$\bar{X}_{CANF} = 44\,460,1\, m^3$$

$$S_{CAF} = 49\,775,56\, m^3$$

$$S_{CANF} = 1\,778,404\, m^3$$

Logo:

$$\bar{X}_{CA} = \bar{X}_{CAF} + \bar{X}_{CANF}$$

$$S_{CA} = \sqrt{S_{CAF}^2 + S_{CANF}^2}$$

$$CA = \bar{X}_{CA} \pm S_{CA}$$

$$\bar{X}_{CA} = 2\,488\,778\, m^3 + 44\,460,1\, m^3$$

$$\bar{X}_{CA} = 2\,533\,238,1\, m^3$$

$$S_{CA} = \sqrt{(49\,775,56)^2 + (1\,778,404)^2}$$

$$S_{CA} = 49\,807,32\, m^3$$

$$CA = 2\,533\,238,1\, m^3 \pm 49\,807,32$$

$$CA = [2\,583\,045,42; 2\,483\,430,78] m^3/ano$$

Passo: 6

Volume da água Perdida

$$Pa = AES - CA$$

O mesmo critério aplicado nos passos 5 e 3, que considera estatisticamente a propagação de incertezas originadas pelos instrumentos de medição, foi aplicado para a determinação do volume da água perdida, tal como passa-se a seguir:

Sendo que:

$$\bar{X}_{AES} = 3\,556\,808 \text{ m}^3$$

$$\bar{X}_{CA} = 2\,533\,238,1 \text{ m}^3$$

$$S_{AES} = 142\,272,32 \text{ m}^3$$

$$S_{CA} = 49\,807,32 \text{ m}^3$$

Logo:

$$\bar{X}_{Pa} = \bar{X}_{AES} - \bar{X}_{CA}$$

$$S_{Pa} = \sqrt{S_{AES}^2 + S_{CA}^2}$$

$$CA = \bar{X}_{Pa} \pm S_{Pa}$$

$$\bar{X}_{Pa} = 3\,556\,808 \text{ m}^3 - 2\,533\,238,1 \text{ m}^3$$

$$\bar{X}_{Pa} = 1\,023\,569,9 \text{ m}^3$$

$$S_{Pa} = \sqrt{(142\,272,32)^2 + (49\,807,32)^2}$$

$$S_{Pa} = 150\,738,79 \text{ m}^3$$

$$Pa = 1\,023\,569,9 \text{ m}^3 \pm 150\,738,79 \text{ m}^3$$

$$Pa = [1\,174\,308,69; 872\,831,11] \text{ m}^3/\text{ano}$$

Cálculo percentual:

$$Pa_{(\%)} = \frac{Pa}{AES} * 100\% = \frac{1\,174\,308,69}{3\,699\,080,32} * 100\% = 31,75\%$$

$$Pa_{(\%)} = \frac{Pa}{AES} * 100\% = \frac{872\,831,11}{3\,414\,535,68} * 100\% = 25,56\%$$

Passo: 7

Volume correspondente as perdas aparentes

Na determinação desta variável foi imprescindível a avaliação das parcelas correspondentes ao uso não autorizado e as incertezas de medições designados P_{ap1} e P_{ap2} respectivamente. Segundo descrito no ponto 3.3.4, o parâmetro correspondente a parcela do uso não autorizado foi determinado de acordo com critérios aplicados no Reino Unido, tal como segue-se:

$$P_{ap1} = 0,50\%AES$$

$$P_{ap1} = 0,005 * [3\ 699\ 080,32; 3\ 414\ 535,68] = [18\ 495,40; 17\ 072,68] \text{ m}^3/\text{ano}$$

E para determinação da variável P_{ap2} , foram aplicados critérios metódicos propostos por (SABESP, 2006) segundo segue-se:

$$P_{ap2} = 17\%V_{CPH \leq 3} + 5,3\%V_{CPH > 3}$$

$$P_{ap2} = 17\% * 2\ 488\ 778 \text{ m}^3 + 5,3\% * 3\ 556\ 808 \text{ m}^3$$

$$P_{ap2} = 611\ 603 \text{ m}^3$$

A soma das duas últimas variáveis resulta no volume da água correspondente as perdas aparentes, tal como segue-se:

$$PA = P_{ap1} + P_{ap2}$$

$$PA = [18\ 495,40; 17\ 072,68] + 611\ 603 = [630\ 098,4; 628\ 675,68] \text{ m}^3/\text{ano}$$

Cálculo Percentual:

$$PA_{(\%)} = \frac{PA}{AES} * 100\% = \frac{630\ 098,4}{3\ 699\ 080,32} * 100\% = 17,0\%$$

$$PA_{(\%)} = \frac{PA}{AES} * 100\% = \frac{628\ 675,68}{3\ 414\ 535,68} * 100\% = 18,4\%$$

Passo: 8

Volume das Perdas Reais

$$PR = Pa - PA$$

Determinação da propagação de incertezas de medição.

Sendo que:

$$\bar{X}_{Pa} = 1\ 023\ 569,9 \text{ m}^3$$

$$\bar{X}_{PA} = 611\ 603 \text{ m}^3$$

$$S_{Pa} = 150\ 738,79 \text{ m}^3$$

$$S_{PA} = 17\ 784 \text{ m}^3$$

Logo:

$$\bar{X}_{PR} = \bar{X}_{Pa} - \bar{X}_{PA}$$

$$S_{PR} = \sqrt{S_{Pa}^2 + S_{PA}^2}$$

$$PR = \bar{X}_{PR} \pm S_{PR}$$

$$\bar{X}_{PR} = 1\,023\,569,9 \text{ m}^3 - 611\,603 \text{ m}^3$$

$$\bar{X}_{PR} = 411\,966,9 \text{ m}^3$$

$$S_{PR} = \sqrt{(150\,738,79)^2 + (17\,784)^2}$$

$$S_{PR} = 151\,784,23 \text{ m}^3$$

$$PR = 411\,966,9 \text{ m}^3 \pm 151\,784,23 \text{ m}^3$$

$$PR = [563\,751,13; 260\,185,67] \text{ m}^3/\text{ano}$$

Cálculo Percentual:

$$PR_{(\%)} = \frac{PR}{AES} * 100\% = \frac{563\,751,13}{3\,699\,080,32} * 100\% = 15,24\%$$

$$PR_{(\%)} = \frac{PR}{AES} * 100\% = \frac{260\,185,67}{3\,414\,535,68} * 100\% = 7,6\%$$

Com base no passo a passo acima para cálculo das variáveis das perdas de águas de um sistema de abastecimento da matriz da IWA tabela 1, tem-se o seguinte na tabela 3:

Tabela 3: **Balço Hídrico do SA de Chókwè 2021**

Água que entra no Sistema [AES] [3699080,32; 3414535,68]	Consumo Autorizado [CA] [2583045,42; 2483430,78]	Consumo Autorizado Facturado [CAF] [2538553,56; 2439002,44]	Consumo Facturado Medido [CAF _M] [2538553,56; 2439002,44]	Água Facturada [AF] [2538553,56; 2439002,44]
			Consumo Facturado não Medido [CAF _{NM}] *	
		Consumo Autorizado não Facturado	Consumo não Facturado Medido	Água não Facturada [ANF]

		[CANF] [46238,5; 42681,7]	[CANFM] * Consumo não Facturado não Medido [CANFNM] *	[1218758,297; 917301,703]
	Perdas de Água [Pa] [1174308,69; 872831,11]	Perdas Aparentes [PA] [630098,4; 628675,68]	Uso não autorizado [P _{ap1}] [18495,40; 17072,68]	
Incertezas de medição [P _{ap2}] [611603]				
Perdas Reais [PR] [563751,13; 260185,67]		Perdas reais nas tubulações*		
		Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição*		
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios*	
			Vazamentos nos ramais*	

* Dados não disponíveis devido a dificuldades de medição

Com base na tabela 3, obteve-se de forma resumida os resultados na tabela 4.

Tabela 4: **Resumo do Balanço Hídrico**

Sector	Unidade	Perda Real	Perda Aparente	Perda Total
Chókwè	m^3/ano	[563751,13;260185,67]	[630098,4;628675,68]	[1174308,69;872831,11]
Percentagem		7,6 – 15,24	17,0 – 18,4	31,75 – 25,56

Cálculo de perdas reais anuais inevitáveis

VICENTINI (2012) recomenda que a sua aplicação seja para sectores com mais de 5000 ligações e pressão superior a 20 m.c.a, sendo que a pressão mínima de rede em análise é de 19 m.c.a, nesta pesquisa será adoptado 25 m.c.a

$$UARL = \left(18 * \frac{Cr}{Nc} + 0.80 + 25 * \frac{Lp}{Nc} \right) * P$$
$$UARL = \left(18 * \frac{321789 \text{ Km}}{25414} + 0.80 + 25 * \frac{25 \text{ m}}{25414} \right) * 25 \text{ m. c. a}$$
$$UARL = 5718,46 \text{ m}^3$$

Cálculo do indicador técnico de perdas reais

$$TIRL = \frac{PR}{Nc}$$
$$TIRL = \frac{[563 \ 751,13; 260 \ 185,67] \text{ m}^3}{25 \ 414}$$
$$TIRL = [22,18; 10,24] \text{ m}^3$$

Cálculo do índice de vazamento da infraestrutura

$$ILI = \frac{TIRL}{UARL}$$
$$ILI = \frac{[22,18; 10,24] \text{ m}^3}{5718,46 \text{ m}^3}$$
$$ILI = 3,88. 10^{-3}; 1,79. 10^{-3} \text{ m}^3$$

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em virtude das dificuldades para obtenção de dados detalhados para todos os componentes de consumo, os técnicos recorrem a valores estimados que acabam acarretando a fidedignidade dos valores obtidos incorrendo deste modo em margens de incertezas (VICENTINI, 2012). Tais margens se de forma equivocada adotadas podem corresponder a erros significativos tornando difícil um Balanço Hídrico sem qualquer nível de incerteza.

A questão abordada por (VICENTINI, 2012) mencionada no parágrafo acima foi aplicada na presente pesquisa, em momentos em que dados utilizados no processo de cálculo da estimativa do nível de perdas sofreram estimativas, majoramento e adoções em detrimento das dificuldades de medições dos seus volumes e representativos valores, havendo casos em que o problema era a inexistência de dados, como consumo de água não facturada, tanto quanto usos não autorizados, as estimativas consideradas foram valores padrões internacionais encontrados na literatura.

É importante nesta secção comentar sobre uma das questões levantadas como parte da problemática de pesquisa, o estado obsoletos dos micromedidores tais, imprescindíveis na elaboração do Balanço Hídrico do modelo da IWA, no 3º capítulo da presente pesquisa foi mencionado que para as incertezas das medições, recomendam-se ensaios de bancada para se chegar a uma melhor estimativa das submedições, mostra-se ainda que a SABESP chegou a certos valores em estudos realizados em 2007 segundo VICENTINI (2012) que podem ser aplicados para estimativas de volumes mensurados por medidores de pequena e de grande capacidade. Várias conclusões podem ser tomadas a partir dos indicadores de perdas calculadas através do Balanço Hídrico, começando pelo volume da água não facturada que corresponde a cerca de 33% do total produzido e que entra no sistema, este indicador esta directamente relacionada com a variável financeira.

As perdas reais que corresponde aos vazamentos nas adutoras, tubulações da rede, vazamentos e extravasamentos nos reservatórios e nos ramais, conexões, cavaletes entre outros elementos infra-estruturais, corresponde a cerca de 15% da água total produzida, o que justifica o cenário descrito no 3º parágrafo do ponto 1.1 da presente pesquisa, uma das questões excentricamente enfatizadas pelo parágrafo é que o maior número de casos de fugas reais, visíveis e aflorantes ocorrem em residências domiciliares e pontos próximos como mostra a figura 1 e 2 em anexos, o que pode ser originado pela inadequação das conexões em regiões de junção da rede antiga e alguns acessórios não ressarcidos como micromedidores residências ilustrado na figura 2 em anexos, o aumento da capacidade de produção, caudal, pressão e demanda sem que haja uma reavaliação total da rede de distribuição pode causar

rompimento da tubulação por elevadas pressões que excedem as capacidades nominais da tubulação principalmente em pontos em que rede antiga junta-se à rede nova (THORNTON & STHURM, 2008), cenário que ocorre na área de estudo em questão. Ainda no ponto situacional de micromedidores não ressarcidos com pouco mais de algumas décadas e alguns desde a época colonial uma vez que não existe registro de desenvolvimento de actividades no âmbito de troca de hidrómetros, esta pode ser a causa que justifica pouco mais de 18% do total produzido em 2021 em perdas aparentes, uma vez que (VICENTINI, 2012) afirma que o envelhecimento dos hidrómetros é uma das causas de perda gradativa de precisão de medição, o que aumenta as perdas aparentes, esta é uma hipótese em cogitação pois segundo (MAEFP, 2020), as actividades correctivas e de manutenção desenvolvidas em grande escala sobre os SA, em 2006, 2002 e 2003, não abrangeram alguns pontos da rede e não afectou os micromedidores.

(MANHIQUE, 2022) Avalia o nível de perda do sistema de Xai-Xai, no qual, a autora aponta que o sistema em causa possui cerca de 612 Km de rede, quase o dobro da infra-estrutura de Chókwè, e capacidade de produção correspondente a cerca de 43 mil m³/dia 4 vezes mais do que a capacidade do sistema de Chókwè mesmo que ambos possuem pouco menos que 30 mil clientes servidos, cenário justificado pelo facto do sistema de Xai-Xai servir a uma região metropolitana sendo que o de Chókwè serve a algumas regiões rurais e uma pequena urbe, entretanto, o sistema de Xai-Xai em 2021 registou um total de 59% de perda dos quais mais da metade corresponde as perdas reais, no sistema dos sectores da Vila Paulista e Sacomã, cidades Brasileiras, as perdas reais foram de 31% e 45% em comparação com as perdas aparentes que constituíram 9% e 6% respectivamente (VICENTINI, 2012), os 3 três sistemas mencionados assemelham-se no comportamento da variação dos indicadores perda aparente e real, diferindo-se do sistema em estudo nesta componente, pois, através da tabela 4 acima, percebe-se claramente que as perdas aparentes estão cerca de 3,5% acima das perdas reais. Ainda que as perdas reais estejam abaixo das perdas aparentes, mas o seu valor é elevado em comparação com o sistema do sector Paulista, cidade Brasileira, que apresentou cerca de 5% de perda com um nível infra-estrutural maior que o da cidade de Chókwè, situação certamente causada por uma má gestão infra-estrutural por parte do operador do sistema de Chókwè.

Estes fenómenos acarretaram a empresa cerca de 1 174 308,69 m³ de água tratada apenas em 2021 o que corresponde a pouco mais de 31% do total segundo mostra a tabela 4.

Sobre esta ultima parcela, há que considerar o consumo autorizado não facturado o que incrementa esta percentagem passando para cerca de 33% do total, não facturado,

constituindo desta forma um mínimo de perda económica em cerca de 36 562 748,91 MZN's em 2021, considerando o método de facturação aplicada pela empresa provedora de água naquele local.

Em um SA é sempre esperado um nível mínimo de perdas, tal nível não considerado nocivo do ponto de vista económico e é tido como ponto para avaliação do nível de gerenciamento infra-estrutural efectuado na base do indicador índice de vazamento de infra-estrutura, determinado no ponto 4.1, este indicador é adimensional, e (VICENTINI, 2012) afirma que quanto mais distante de 1 estiver o valor deste indicador mais nefasto é o estado de gerenciamento da infra-estrutura. Dado que os valores obtidos para o indicador em questão variam de $1,79.10^{-3}$ a $3,8.10^{-3} m^3$, sendo assim, pode se afirmar que o Sistema de Abastecimento de Água potável do distrito de Chókwè gerenciado pela empresa publica FIPAG, esta num estado de mau gerenciamento infra-estrutural o que gera em torno de 36 562 748,91 MZN's em perdas financeiras por ano.

6. CONCLUSÃO

A questão da redução total das perdas de água num sistema de abastecimento é um objectivo inatingível do ponto de vista prático, uma vez que são inúmeras as razões que impossibilitam a estanquidade total das condutas (PUUST, KAPELAN, SAVIC, & KOPPEL, 2010). O que acontece praticamente é que existe um ponto a partir do qual as tentativas de reduzir as perdas no sistema acarretam mais encargos económicos do que a redução da própria perda em si, por isso, CORTÊS (2015) afirma que é importante que as Entidades Gestoras estabeleçam o denominado nível económico de perdas o que significa um nível a partir do qual não se pretende reduzir mais as perdas de água no sistema. CORTÊS (2015) realça ainda que o estabelecimento de uma relação entre os custos de controlo das perdas e os custos associados à recuperação da água torna-se uma tarefa árdua, uma vez que, necessita do conhecimento de uma série de variáveis. Desta forma, GOMES (2011) salienta que qualquer acção desenvolvida no sentido de reduzir as perdas de água num sistema, deve estar integrada num programa contínuo para o qual deve ser realizado um estudo custo/benefício, a disponibilidade de recursos e do período de retorno do capital investido no projecto, em forma de resposta a um dos objectivos da presente pesquisa, deixa-se ficar como recomendação:

- Para a unidade gestora do SA de Chókwè, a necessidade da realização de estudos para determinar o nível económico de perdas e garantir que o nível de água perdida no sistema não seja muito elevado em relação ao nível económico para garantir óptimas condições de gerenciamento do sistema e elevar o facturamento.
- Recomenda-se a reabilitação da rede e o ressarcimento dos hidrómetros pois esta é a principal causa do elevado nível de perdas aparentes no sistema e a sua redução permitiria o aumento da receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços

As acções com vista na redução de perdas em SAA culminam com uma melhoria na qualidade operacional dos sistemas e consequentes qualidade dos seus serviços, os resultados obtidos ao longo do trabalho condizem uma confiança na melhoria do desempenho operacional do sistema, tendo em conta que:

- Foram identificados dois tipos de perdas, reais e aparente, com causas intrinsecamente relacionadas com o estado obsoleto da infra-estrutura;
- O total da água não facturada é de cerca de 33% o que corresponde a 36 562 748,91 MZN's em perdas económicas, o que excede significativamente o nível económico

que seria aplicado para um sistema do tamanho infra-estrutural com o de Chókwè, facto que percebe-se ao comparar o nível mínimo de perdas esperado para o sistema e o nível de água não facturado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABES. (2013). *Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnostico Potencial de Ganhos com Sua Redução e Propostas de Medidas para Efectivo Combate*.
- AESBE, & ASSEMAE. (2015). *Indicadores de Perdas nas Entidades Prestadores de Serviços Públicos de Saneamento, Documento Preliminar* (1ª ed.). Brasília: AESBE.
- ALEGRE, H., HIRNER, W., BAPTISTA, J. M., & PARENA, R. (2000). *Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água IWA*. (P. Duarte, H. Alegre, & J. M. Baptista, Trads.) Lisboa.
- BEZERRA, S. T., & CHEUNG, P. B. (2013). *Perdas de água. Tecnologias de Controlo*. João Pessoa.
- CORTÊS, A. S. (2015). *Fugas e Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água*. Coimbra: FCTUC.
- COSTA, C. C., & PASQUALETTO, A. (2013). *Estimativa dos tipos de Perdas de Água Pelo Método Balanço Hídrico no Sistema de Abastecimento de Goiatuba, Goiás*. Goiânia: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.
- GALVÃO, R. M. (2010). *Tratamento estatístico de dados Experimentais*. Sao Paulo: Universidade de Sao Paulo.
- GOMES, R. J. (2011). *Modelação matemática como ferramenta de gestão e exploração de*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- INE. (2017). *Instituto Nacional de Estatística*. Maputo.
- LAMBERT, A. (2001). *International report on water losses management and techniques*. Berlin: IWA Conference.
- MAEFP. (2020). *Diagnostico Integrado de Infraestrutura de Servicos Basicos para os Municipios da Provincia de Gaza*. Lisboa: ProceSl; Quadrante

- PUUST, R., KAPELAN, Z., SAVIC, D., & KOPPEL, T. (2010). *A review of methods for leakage* . California: Urban Water Journal.
- SABESP. (2006). *Programa de Indicadores de desempenho de perdas de agua Fastcal Brasil*. Sao Paulo.
- THORNTON, J., & STHURM, R. K. (2008). *Water Loss Control Manual* (2 ed.). New York: Mc Graw-Hil.
- VICENTINI, L. P. (2012). *Componentes do Balanço Hídrico Paea Avaliacao de Perdas em Sistemas de abastecimento de Agua*. Sao Paulo: Escola Politecnica da Universidade de Sao paulo.
- WINARNI, W. (2009). *Infrastructure Leakage Index (ILI) as Water Losses Indicator Note from the Editor. Civil Engineering Dimension* (Vol. 11). California.

ANEXOS



Fig.: 1 – Zona Residencial de Chókwè alagada devido uma fuga da rede de distribuição
Fonte: Autora



Fig.: 2 – Hidrômetro antigo e obsoleto
Fonte: FIPAG (2021)



Fig.: 3 – Fuga que causou zona pantanosa e epicentro de proliferação de insectos na urbe de Chókwè

Fonte: FiPAG (2022)



Fig.: 2 – Fuga Aflorante em regiões

habitadas de Chókwè

Fonte: Autor