



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

CAIO CESAR ARAUJO DE MOURA FILHO

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS HÍDRICAS NO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BAIRRO DE
CAJUPIRANGA EM PARNAMIRIM/RN**

**NATAL-RN
2018**

Caio Cesar Araujo de Moura Filho

Avaliação das perdas hídricas no sistema de abastecimento de água do bairro de Cajupiranga em Parnamirim/RN

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profa. Dra. Juliana Delgado Tinoco

Natal-RN (sem negrito)
2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Moura Filho, Caio César Araújo de.

Avaliação das perdas hídricas no sistema de abastecimento de água do bairro de Cajupiranga em Parnamirim/RN / Caio César Araújo de Moura Filho. - 2018.

20 f.: il.

Artigo científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Juliana Delgado Tinoco.

1. Sistema de abastecimento de água - TCC. 2. Balanço hídrico - TCC. 3. Perdas reais e aparentes em sistemas de abastecimento de água - TCC. I. Tinoco, Juliana Delgado. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.1

Caio Cesar Araujo de Moura Filho

Avaliação das perdas hídricas no sistema de abastecimento de água do bairro de Cajupiranga em Parnamirim/RN

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 05 de dezembro de 2018:

Profa. Dra. Juliana Delgado Tinoco

Prof. Dr. Lindolfo Neto de Oliveira Sales

Prof. Dr. Jean Leite Tavares

Natal-RN
2018

RESUMO

AVALIAÇÃO DAS PERDAS HÍDRICAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BAIRRO DE CAJUPIRANGA EM PARNAMIRIM/RN

As perdas nos sistemas urbanos de abastecimento de água são um dos principais problemas enfrentados pelas empresas de saneamento. Estes desperdícios atingem, a nível mundial, valores da ordem de 50%. Além do prejuízo financeiro causado às companhias, as perdas também geram forte impacto ambiental, uma vez que, com a eficiência supracitada, o volume retirado dos mananciais, necessário para atender o consumo de uma determinada população, será o dobro do que esta realmente necessita. As perdas são classificadas em dois grupos principais: I - Perdas aparentes de água, ocasionadas por ligações clandestinas, fraudes e submedição em hidrômetros; II - Perdas reais de água, associadas basicamente aos vazamentos na rede de distribuição. O objetivo deste artigo foi, então, estratificar e quantificar os volumes componentes da água não faturada no sistema de abastecimento de Cajupiranga em Parnamirim/RN, fundamentado na metodologia do balanço hídrico. Com a subsetorização do bairro e a aplicação de tarifas às parcelas do volume de água não faturado, foi possível, também, evidenciar quais perdas eram preponderantes em cada área e qual o impacto financeiro gerado à Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte respectivamente.

Palavras-chave: Sistema de abastecimento de água. Balanço hídrico. Perdas reais e aparentes em sistemas de abastecimento de água.

ABSTRACT

EVALUATION OF WATER LOSSES IN THE WATER SUPPLY SYSTEM OF THE CAJUPIRANGA NEIGHBORHOOD IN PARNAMIRIM / RN

The losses on the urban systems of water supplies are one of the main problems faced by the sanitation companies. The sum of these wastes, worldwide, reaches about 50%. The losses cause financial damages to companies, besides huge environmental impacts, because, due to the low efficiency of the system, the volume collected in the reservoirs to serve a specific population will be double what is needed. Losses are classified in two groups: I – Apparent water losses, caused by unauthorized consumption and metering inaccuracies; II – Real water losses, associated with leaks on the distribution network. This article aims stratify and quantify the volumes that make up the not accounted water in the supply system from Cajupiranga, Parnamirim/RN, founded on the methodology of the hydric balance. With the sub sectorization of the neighborhood and the application of tariffs to the plots of unbilled water volume, it was also possible to show which losses were preponderant in each area and what the financial impact generated to the Water and Sewage Company of Rio Grande do Norte respectively.

Keywords: Systems of water supplies. Water balance. Real and apparent losses in water supply systems.

1. INTRODUÇÃO

A população do planeta vem crescendo de forma exponencial, tal crescimento tem provocado o agravamento do stress hídrico, que é a situação onde a procura de água por habitante é maior que a capacidade ofertada pelo manancial. Com base nisso, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2015) estima que em 2050 duas em cada três pessoas sofrerão com a falta de água. Dessa forma, torna-se imprescindível atitudes e meios de potencializar e melhor aproveitar este bem natural.

Sendo assim, a redução dos desperdícios ao longo de todo o sistema de abastecimento de águas (SAA) é importante, pois além de adiar a ampliação da rede e aumentar os lucros do prestador de serviço com a redução do volume não faturado entregue aos usuários, proporciona também a conservação dos corpos hídricos.

Os desperdícios ou perdas são definidos como toda a água produzida no SAA, mas que não chega ao consumidor final ou mesmo que chega, mas não é faturado pela companhia, não sendo desta forma contabilizada como receita para empresa. Existem dois tipos de perdas de água, a perda de água física ou real que ocorre quando o volume inicial de água produzido no sistema pelas operadoras é desperdiçado durante o processo de distribuição, e a perda de água comercial ou aparente que ocorre quando a água chega ao consumidor final, mas o produto não é cobrado adequadamente tanto por problemas técnicos nos hidrômetros quanto por fraudes dos usuários. Vale salientar que para cada tipo de perda há uma abordagem econômica distinta, para as perdas reais recaem os custos de produção e distribuição conhecidos como custo marginal, e para perdas aparentes os custos de venda da água no varejo.

Este trabalho tem como objetivo geral realizar um diagnóstico das perdas hídricas no SAA do bairro de Cajupiranga, tendo ainda como objetivos específicos: I - Estratificar e quantificar os volumes não faturados de água neste sistema através de cálculos diretos e indiretos utilizando a matriz hídrica proposta pela *International Water Association* (IWA); II – Determinar quais os principais tipos de perdas em cada área do bairro através do balanço hídrico por subsetor; III – Determinar o impacto financeiro ocasionado pelos desperdícios à Companhia De Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) aplicando as devidas tarifas sobre estas perdas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistema de abastecimento de água

A água encontrada nos mananciais muitas vezes não é própria para o consumo humano, portanto para garantir uma produção e distribuição de água em padrões de qualidade e quantidade compatíveis com as necessidades das populações faz-se necessário o uso de um SAA, que se divide basicamente em unidades: I – Captação; II – Estação elevatória; III – Adutora; IV – Estação de tratamento; V – Reservatórios; VI – Rede de distribuição.

A captação é composta por um conjunto de estruturas e dispositivos, montados ou construídos junto ao manancial visando à retirada de água do mesmo.

A estação elevatória é o conjunto de bombas e acessórios que possibilitam a elevação da cota piezométrica da água transportada nos serviços de abastecimento.

A adutora é composta por canalizações principais destinadas a conduzir água entre unidades do sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição.

A estação de tratamento é o local onde é realizada a purificação da água captada de algum manancial tornado esta própria para o consumo humano.

Os reservatórios são as unidades do SAA responsáveis por armazenar a água para atender as variações de consumo, as demandas de emergência e melhorar as condições de pressão nas redes.

A rede de distribuição nada mais é do que um conjunto de peças especiais destinadas a conduzir a água até o ponto de tomada das instalações prediais, sempre de forma a garantir qualidade, regularidade e níveis de pressão aceitáveis.

2.2. Perdas de água

Segundo Tomaz (2009), perda é o volume de água presente em qualquer parte do SAA que determina o aumento de custo operacional do mesmo ou ainda, que impede a obtenção integral da receita operacional pela companhia de águas. Tsutiya (2006) afirma que os volumes perdidos podem ser gerados em varias etapas do processo, desde a captação da água bruta até distribuição nas redes de abastecimento, porém é na etapa de distribuição que estão concentrados os maiores volumes perdidos. Além do grave impacto gerado ao meio ambiente, as perdas também geram impacto econômico aos consumidores, uma vez que os custos relativos a esta perda de receita pelas companhias de saneamento são repassados diretamente ao usuário final (ABES, 2015).

Até algum tempo atrás a avaliação das perdas era distinta em cada país, chegando a ser diferente até mesmo em companhias de saneamento do mesmo país, objetivando mudar esse quadro a IWA, propôs padronizar a estruturação básica do Balanço Hídrico, criando para isso uma matriz, com esquematização de processos pelos quais a água passa num sistema de distribuição. Na Tabela 1 apresentam-se componentes integrantes do balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água.

Tabela 1 - Componentes da Matriz de Balanço Hídrico.

Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Volume faturado medido	Volume faturado não medido
Consumo autorizado	Consumo autorizado não faturado	Volume Não Faturado Não Medido	Volume de água não faturada
	Perdas aparentes		
	Perdas reais		

Fonte: AESBE (2015).

2.2.1. Consumo Autorizado Faturado

É o volume de água utilizado pelos clientes registrados, para finalidades residenciais, comerciais e industriais representando assim, o consumo contabilizado no faturamento da operadora. É importante destacar que o volume exportado para fornecedores de água também compõem esse consumo.

O consumo acima descrito se divide em duas parcelas, medido e não medido. O consumo faturado medido é equivalente ao volume de água registrado nos hidrômetros incluindo também o volume de água exportado. Já o consumo faturado não medido ou estimado corresponde ao volume contabilizado através de consumos médios históricos ou, nos casos onde não existe hidrômetro, o volume mínimo de faturamento. Para os casos em que não há hidrômetro, a diferença entre o volume real consumido e o volume mínimo cobrado será contabilizada como água não faturada.

2.2.2. Consumo Autorizado não Faturado

É o consumo de água classificado como necessário pela companhia, mas que não gera cobrança. Ou seja, há autorização para que a água seja utilizada, porém, não é faturado o valor do montante consumido.

Da mesma forma que o consumo faturado, o não faturado também se divide em medido e não medido, o medido corresponde principalmente ao uso feito pelo próprio prestador de serviço, já o não medido geralmente está associado à lavagem de reservatórios, combate a incêndios e a parcela de água que extrapola do volume mínimo cobrado em residências sem hidrômetro.

2.2.3. Perdas Aparentes

As perdas aparentes correspondem aos volumes de água consumidos, mas não autorizados nem faturados. Em termos gerais, são perdas decorrentes de erros na medição dos hidrômetros, por fraudes, ligações clandestinas ou mesmo por falhas no cadastro comercial (SNIS 2016).

Na Tabela 2 é apresentado um detalhamento das perdas aparentes.

Tabela 2 - Origens das perdas aparentes.

	Origens
Perdas Aparentes	Ligações Clandestinas/irregulares
	Ligações sem hidrômetro
	Hidrômetros parados
	Hidrômetros que subestimam o volume consumido
	Ligações inativas reabertas
	Erros de leitura
	Número de economias errado

Fonte: MINISTÉRIO DAS CIDADES (2003).

2.2.4. Perdas Reais

Fontana (2012) define como perdas reais ou físicas o valor correspondente ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, decorrente da presença de vazamentos nas adutoras e redes de distribuição assim como do extravasamento de reservatórios.

Para simplificar a análise de perdas no SAA, é feita uma divisão do mesmo em subsistemas referentes à etapa em que elas se encontram. Dentro de cada subsistema é possível então uma aplicação eficaz de ações preventivas e corretivas, que possibilitem manter o mesmo trabalhando com eficiência.

Tsutiya (2006) demonstra, conforme Tabela 3, os cinco subsistemas onde ocorrem as perdas bem como seu nível de significância quanto a quantidade de desperdício. É possível notar através da tabela que os vazamentos são os motivos mais relevantes na origem das perdas, indiferentes ao subsistema em que estão envolvidos.

Tabela 3 - Perdas físicas por subsistema - origem e magnitude.

Subsistema	Origem	Magnitude
Adução de água bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de água tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões

Fonte: TSUTIYA (2006).

2.2.4.1. Vazamentos na rede de distribuição

De acordo com Patrício (2007) os vazamentos nas redes de distribuição de água são dispersos e ocorrem nos mais variados locais, sendo estes: tubulações e conexões de redes e ramais, cavaletes, pontos de acoplamento dos hidrômetros, entre outros. Suas causas vão desde o emprego de mão-de-obra sem qualificação para execução dos serviços e falhas no controle de qualidade dos materiais utilizados até picos de pressão nas tubulações.

Segundo Almeida (2005), são três os tipos de vazamentos na rede de distribuição de água: Vazamentos não visíveis e não detectáveis (inerentes), possuem baixa vazão e por isso não são passíveis de serem identificados por equipamentos simples de detecção acústica tendo, portanto longa duração; Vazamentos não visíveis e detectáveis, não afloram a superfície, porém são passíveis de identificação pelos equipamentos atuais de detecção acústica, a duração e respectivo volume de água perdido estão diretamente associados ao intervalo entre duas varreduras de pesquisa de vazamentos; e Vazamentos visíveis, que possuem altas vazões e por isso afloram à superfície do terreno, sendo assim facilmente detectados e reparados pela companhia prestadora de serviço.

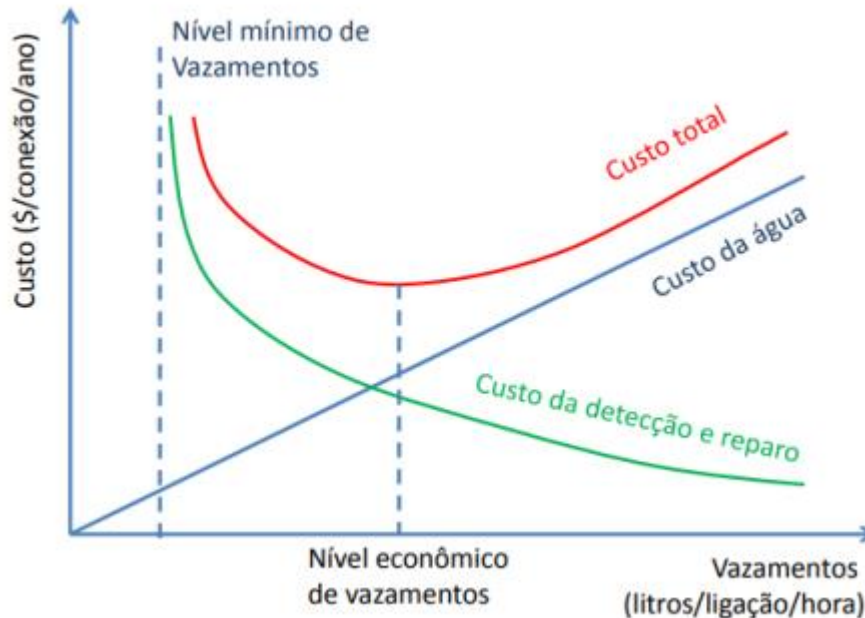
É comprovado em ensaios e avaliações que apenas uma pequena parcela das perdas físicas é oriunda de vazamentos visíveis; sendo assim, a grande maioria das perdas reais ocorre em função de vazamentos não visíveis, ou seja, não aflorantes à superfície do terreno. (TARDELLI FILHO, 2006).

A IWA indica que é impossível o alcance de desperdício zero. Portanto, são definidos dois limites para redução do volume de perdas, um econômico e um técnico. O limite econômico visa alcançar o ponto onde os custos implicados na redução das perdas não se tornem maiores do que o próprio gasto com o desperdício de água. Por outro lado, o limite técnico reflete o alcance das tecnologias atuais em prol do combate às perdas.

Desta forma, com o emprego de dois eixos, vazamentos e custos, considerando as características econômicas e técnicas do sistema de abastecimento, pode-se identificar um nível econômico de perdas, aonde o custo total chega ao seu valor mínimo, conforme ilustra a

Figura 1. Com base neste critério, é feito um diagnóstico da rede de distribuição a fim de apontar a exequibilidade de ações corretivas.

Figura 1 - Custo total decorrente de perdas de água.



Fonte: EPA (2010).

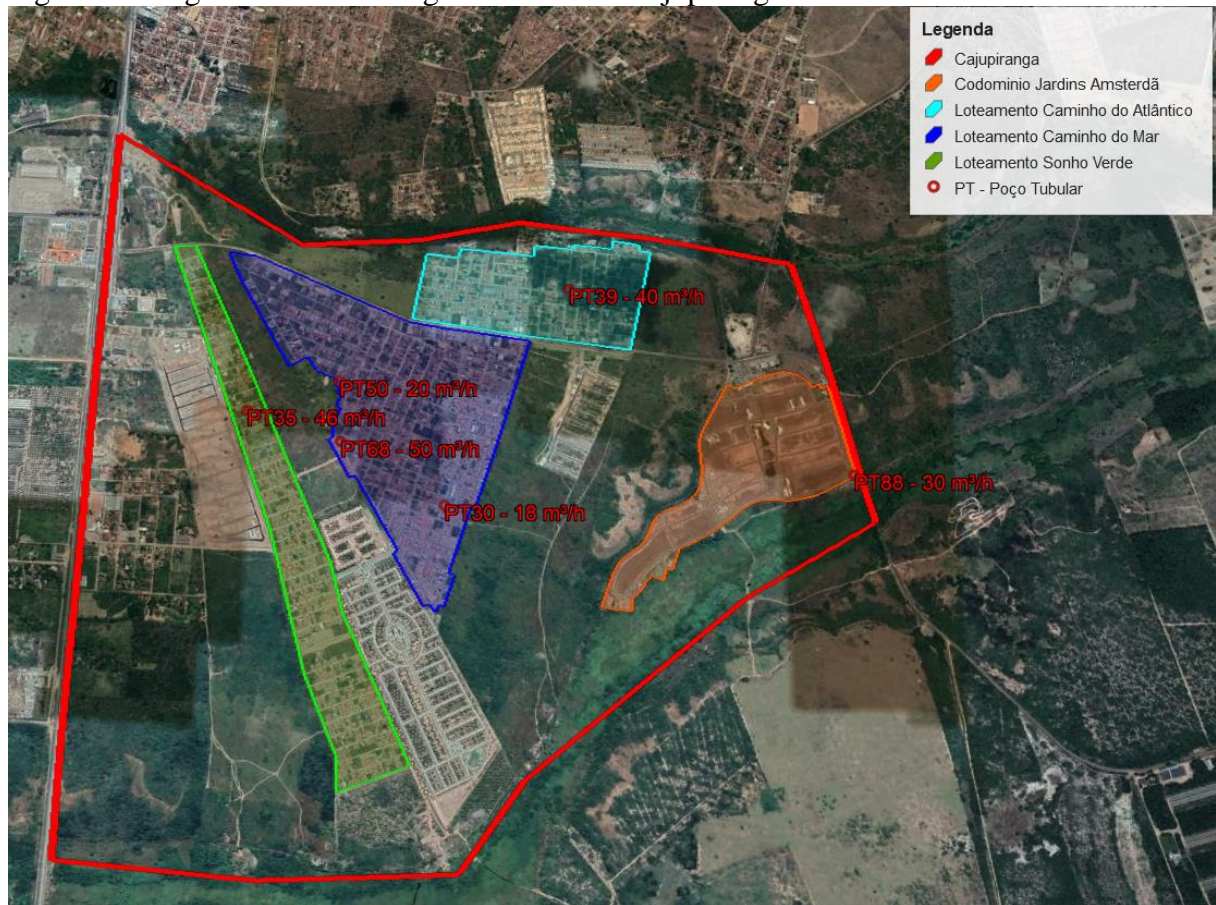
3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1. Componentes do sistema de abastecimento de água do bairro Cajupiranga-Parnamirim-RN

A pesquisa teve início pela caracterização da área intitulada pelo prestador de serviço como setor 06, que compreende o bairro de Cajupiranga em Parnamirim/RN, bem como de sua unidade operacional identificando a origem e destino da água captada conforme a Figura 2.

No caso em estudo a captação é subterrânea, e ocorre por meio de seis Poços Tubulares (PT) que fazem injeção direta da água na rede após esta passar pelo processo de desinfecção por arraste com pastilhas de hipoclorito de sódio, o PT35 abastece o loteamento Sonho Verde sendo $46\text{m}^3/\text{h}$ sua vazão máxima de exploração, os poços PT30, PT50 e PT68 localizam-se nas proximidades do Loteamento Caminho do Mar e abastecem o mesmo tendo vazão máxima de exploração da ordem de 18, 20 e $50\text{m}^3/\text{h}$ respectivamente, o poço PT39 abastece o Loteamento Caminho do Atlântico e tem como vazão máxima de exploração o valor de $40\text{m}^3/\text{h}$, por fim tem-se o poço PT88 com vazão máxima de exploração de $30\text{m}^3/\text{h}$ responsável pelo abastecimento do condomínio horizontal Jardins Amsterdã. (CAERN, 2017).

Figura 2 - Origem e destino da água no SAA de Cajupiranga.



Fonte: GOOGLE EARTH (2018).

Pode-se notar que há áreas edificadas no bairro de Cajupiranga fora dos subsetores destacados, isto se deu por no ano de 2017 as mesmas ainda possuem abastecimento através de poços tubulares particulares, na Tabela 4 são apresentadas algumas características do bairro e de seus subsetores.

Tabela 4 – Características dos sistemas de abastecimento de água de Cajupiranga e de seus subsetores.

	CAJUPIRANGA	Sonho Verde	Caminho do Mar	Caminho do Atlântico	Jardins Amsterdã
Área (ha)	674	39,4	73,8	34,9	35,5
Volume de Entrada (m ³)	790.845,1	274.080,2	293.044,2	151.390,4	72.330,3
Ligações com hidrômetro	2217	616	1058	543	0
Ligações sem hidrômetro	57	12	22	11	12

Fonte: AUTOR.

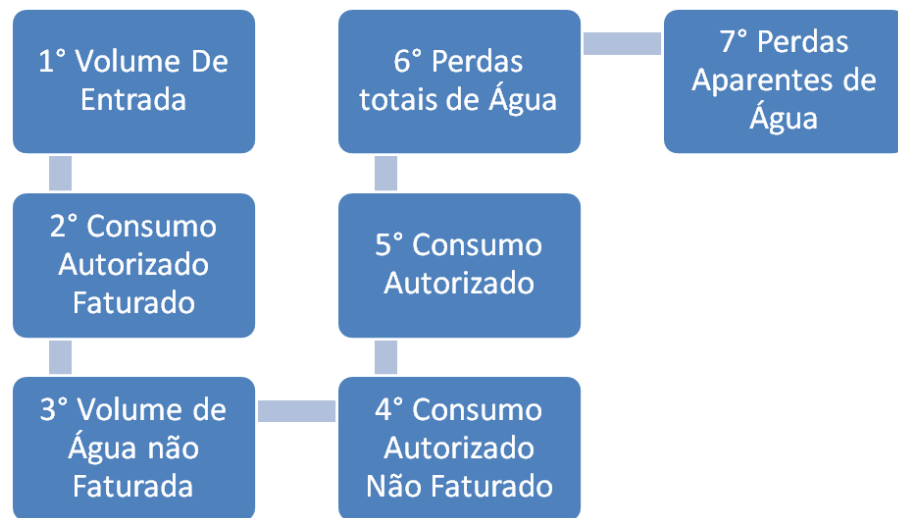
A rede de distribuição instalada é composta por tubos do tipo Ponta Bolsa Anel (PBA) em Policloreto de Polivinila (PVC) e tem diâmetros variando de 100 a 65 mm. Não existe cadastro técnico atualizado da rede, por conseguinte, não se conhece sua extensão total.

3.2. Balanço hídrico do sistema de abastecimento de água do bairro Cajupiranga-Parnamirim-RN

Para a realização do estudo, foi utilizado o balanço hídrico proposto pela IWA. Os volumes computados no balanço hídrico foram frutos de medições ou para os casos em que não se dispunha de aparelhos de medição, estimados. Para concepção do balanço hídrico em questão foi levado em conta o período de 12 meses, compreendidos de janeiro a dezembro de 2017.

O método IWA é composto por sete etapas conforme fluxograma presente na Figura 3.

Figura 3 – Etapas de calculo do balanço hídrico.



Fonte: AUTOR.

Etapa 1

Volume de água que entra no sistema (VE). A CAERN (2017) por meio de seu setor operacional em Parnamirim cedeu boletins contendo os volumes produzidos pelos seis poços anteriormente citados.

Vale salientar que os volumes adotados foram obtidos primordialmente por leitura direta dos macromedidores, exceto para os casos em que o poço tubular não apresentava tal equipamento, sendo assim necessário estimar este volume por meio de uma relação indireta entre volume e consumo de energia dispendido pelo grupo motor-bomba.

Esta relação foi obtida a partir de três equações fundamentais da hidráulica referentes à vazão, potência e energia. De acordo com Porto (2006) para mensurar tais grandezas são utilizadas as Equações 1,2 e 3 respectivamente.

$$Q = \frac{V}{\Delta_t} \quad (1)$$

$$\text{Pot} = \frac{9,8.Q.H}{\eta} \quad (2)$$

$$E = \text{Pot}.\Delta_t \quad (3)$$

Onde:

Q é a vazão de escoamento (m^3/s); Δt o período de tempo de funcionamento do conjunto motor-bomba (s); Pot a potência elétrica fornecida pelo motor que aciona a bomba (kW); E a energia elétrica consumida pelo motor da bomba (kWh) ; η o coeficiente de rendimento global do conjunto elevatório (%); e H a altura total de elevação da bomba (mca).

Através do arranje dessas três equações é então obtida a correlação entre volume produzido e energia dispendida, exprimida pela Equação 4.

$$V = \frac{E \cdot \eta}{9,8 \cdot H} \times 3600 \quad (4)$$

Para os poços sem cadastro os valores de η e H são fixados de acordo com os boletins fornecidos pela CAERN em 30% e 60m respectivamente.

Etapa 2

Consumo Autorizado Faturado (CAF), dado pela soma entre Consumo Medido Faturado (CMF) e Consumo Não Medido Faturado (CNMF). Estes volumes foram obtidos através de boletins fornecidos pelo setor comercial da CAERN em Parnamirim. O valor do CAF refere-se à Água Faturada (AF) pela companhia.

Ressalta-se que os dados cedidos pelo prestador de serviço referem-se aos volumes das ligações ativas e cortadas, este fato deveu-se a não homogeneidade entre os períodos de medição e faturamento, no referido estudo para fins de simplificação dos cálculos foram considerados apenas os volumes referentes às ligações ativas.

Etapa 3

Volume de Água Não Faturada (ANF). Este indicador representa a diferença entre o volume que entra no sistema e o volume de água faturada.

Etapa 4

Consumo Autorizado Não Faturado (CANF), definido pela soma entre o Consumo Medido Não Faturado (CMNF) e o Consumo Não Medido Não Faturado (CNMNF). Para o CANF foi utilizado apenas o volume de imprecisão devido a ausência de hidrômetros, uma vez que no bairro de Cajupiranga não se constatou uso de água pelo corpo de bombeiros, por escritórios da companhia, para uso em eventos públicos e descargas na rede, dentre outras finalidades.

A estimativa para o valor da imprecisão do consumo diante da ausência de hidrômetros foi elaborada respeitando o seguinte critério: foram analisadas mensalmente os volumes e médias das economias ativas de água com e sem hidrômetros. Quando o consumo médio nas economias sem hidrômetros foi menor que a média de consumo nas economias com hidrômetros, calculou-se esta diferença e multiplicou-a pela quantidade de economias sem hidrômetros para se achar o volume mensal no período pesquisado. O total dessa soma mensal será o CNMNF que por consequência será também o CANF.

Etapa 5

Consumo Autorizado (CA), obtido pela soma de volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado e consumo autorizado não faturado.

Etapa 6

Perdas totais de Água (PA), dado pela diferença entre o volume de água que entra no sistema e o consumo autorizado.

Etapa 7

Perdas de Água Aparente (Pap), valor referente a soma dos volumes estimados de Consumo Não Autorizado (CNA) e Incertezas dos Medidores (IM).

Para quantificar o consumo não autorizado, foram disponibilizados pela companhia boletins fornecendo a quantidade total de ligações cadastradas e o número de ligações ativas, realizando a subtração entre os dois valores anteriormente citados foi obtido o número de ligações que potencialmente estariam irregulares, em seguida para estimar o número de ligações irregulares foram utilizados dados referentes à Macaíba/RN, município este com características semelhantes à cidade do estudo em questão, segundo Nascimento (2017) a porcentagem de ligações que apresentaram irregularidades em Macaíba foi de 57%. Aplicando-se essa porcentagem ao universo potencial de ligações em Parnamirim foi determinado então o número de ligações irregulares. Considerando-se então o consumo médio por ligação no bairro de Cajupiranga e aplicando-o ao número de ligações irregulares foi obtido o volume referente ao consumo não autorizado.

As incertezas dos medidores foram obtidas através do relatório de hidrômetros por idade, emitidos pela CAERN. Neste relatório foram exibidos quantitativos bem como porcentagens de micromedidores, economias e volumes consumidos por faixa de idade dos hidrômetros referentes a setembro de 2018. Na Tabela 5 são mostrados tais quantitativos e porcentagens de forma estratificada.

Tabela 5 - Estratificação de economias e volumes consumidos por faixa de idade do hidrômetro

Tempo de instalação do hidrômetro	Economias		Consumo	
	Quantidade	%	Volume (m ³)	%
até 5 anos	2391	85,36	20551	86,83
de 5 a 10 anos	404	14,42	3094	13,07
mais de 10 anos	6	0,21	22	0,10
total	2801	100	23667	100

Fonte: CAERN (2018).

Utilizando estas porcentagens no volume mensal médio faturado medido e no número médio de economias hidrometradas ambos fornecidos pelo prestador de serviço, encontrou-se o volume mensal médio faturado medido e o número médio de economias hidrometradas por faixa de idade no ano em questão, a razão entre estes dois representa o consumo mensal médio por economia por faixa de idade, os valores supracitados apresentam-se na Tabela 6.

Tabela 6: Economias, volumes faturados e consumo médio no ano de 2017.

Tempo de Instalação	Número médio de economias hidrometradas	Volume mensal médio faturado medido (m ³)	Consumo médio por economia (m ³)
0 a 5	1932	24.904,07	12,89
5 a 10	326	3.748,66	11,48
acima de 10	5	28,68	6,03

Fonte: AUTOR (2018).

De posse dos valores de consumo mensal médio por economia por faixa de idade no ano de 2017 é determinado o índice de submedição. Segundo Sanchez (2000), o índice de submedição para consumidores com faixa de consumo mensal entre 5 a 75m³ varia de 0,3% a 65,5% conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Índices de submedição dos hidrômetros (%), considerando categorias de consumo estratificadas.

Tempo de instalação (anos)	Consumo mensal de 5m ³	Consumo mensal entre 8 e 17m ³	Consumo mensal entre 17 e 24m ³	Consumo mensal entre 47 e 56m ³	Consumo mensal de 75m ³
0 a 5	62,5	28,6	23,0	15,2	5,9
5 a 10	65,5	31,8	25,7	17,2	4,7
acima de 10	54,0	15,5	15,5	9,5	0,3

Fonte: SANCHEZ (2000).

De acordo com Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE, 2015) conhecendo-se o volume micromedido que neste caso é o CMF e o índice de submedição, é possível através da Equação 5 determinar o Volume Consumido (VC).

$$\text{Volume Consumido} = \frac{\text{Volume Micromedido}}{1 - \% \text{Submedição}} \quad (5)$$

Este volume é o montante total de água entregue aos usuários com instalações hidrometradas, sendo composto pelos volumes micromedidos e submedidos. Para obter então o volume de submedição efetua-se a diferença entre VC e o CMF.

3.3. Subsetorização

Foi feito ainda um balanço hídrico em escala reduzida para cada uma das quatro áreas distintas do bairro de Cajupiranga, devido o não fornecimento de dados pela CAERN relativos a áreas menores a estimativa dos volumes computados na matriz hídrica foi realizada de duas formas diferentes.

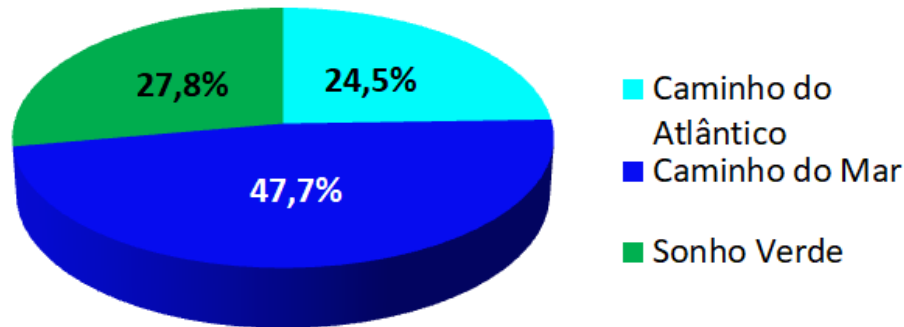
Na primeira utilizada para o balanço hídrico do Condomínio Jardins Amsterdã foi calculado o CAF referente às doze ligações não hidrometradas constituintes deste subsetor, em seguida foi encontrado o volume de água não faturado dado pela diferença entre o VE e o CAF, mais adiante foi estimada a PR do subsetor aplicando a porcentagem de perdas reais obtidas no setor 06 ao volume de entrada destinado ao condomínio, como não havia hidrometração nem mesmo ligações cortadas não foram fixados valores para as perdas aparentes, e por fim para a determinação do CANF foi subtraído da ANF o volume de PA.

Para o balanço hídrico dos demais subsetores foram aplicadas porcentagens aos dados gerais do setor 06, porcentagens estas obtidas pelas razões entre o numero de casas de cada localidade e a quantidade total de casas do bairro contadas de forma direta através do Street

View. Com os valores de CAF, CANF e Pap calculados para cada subsetor foi possível então determinar suas respectivas perdas reais somando as três parcelas anteriores e subtraindo do VE de cada subsetor esse total. A disposição das porcentagens referentes a cada subsetor pode ser vista na Figura 4.

Com essa sub setorização foi possível então identificar que tipo de contribuição era preponderante em cada área na composição do volume de água não faturado, visando assim direcionar esforços específicos na resolução das causas de cada problema.

Figura 4 – Porcentagem referente ao grau de adensamento residencial por localidade



Fonte: AUTOR (2018)

3.4. Perda econômica

Por fim foi possível determinar o real impacto financeiro gerado pelos desperdícios à CAERN, para tanto foram utilizadas duas tarifas distintas em R\$/m³ de acordo com o tipo de perda analisada. Para contabilizar o prejuízo ocasionado pelas perdas reais e consumo autorizado não faturado foi empregado o custo marginal de produção da água no ano em questão (1,87 R\$/m³), já para as perdas aparentes foi utilizada a tarifa média cobrada em 2017 (4,27 R\$/m³).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 8 apresenta-se a matriz volumétrica do balanço hídrico do SAA do bairro Cajupiranga-Parnamirim/RN, para o ano de 2017. De acordo com os dados da referida tabela, o volume total de perdas foi elevado (435.197,69 m³), o que corresponde a 55%. Este percentual corrobora com o índice de perdas totais do município de Parnamirim em 2016, que foi de 52,5% (SNIS, 2016). Em relação às frações, as perdas reais e aparentes foram de 55% e 44%, respectivamente. Considerando-se um per capita médio de 150 L/hab.dia, o volume perdido abasteceria uma população de 7.948 pessoas/ano.

Em relação às perdas aparentes (194.034,33 m³), como já esperado, 73% foram advindas da submedição do parque de hidrômetro. Por conseguinte, a eficiência da medição é imperativa ao combate dessas perdas, sendo necessária a substituição de hidrômetros quando cessados sua vida útil. Quanto à parcela do consumo não autorizado (27%), esta requer acompanhamento sistêmico da unidade de gestão comercial da empresa responsável pelo SAA, incluindo atualizações de cadastros de clientes e fiscalizações de ligações clandestinas e de fraudes nos hidrômetros.

Tabela 8 - Balanço hídrico do SAA de Cajupiranga – Parnamirim/RN jan/2017 a dez/2017

		CAF (m ³)	CMF (m ³)	
		354.154,00	344.177,00	AF (m ³)
	CA (m ³)		CNMF (m ³)	354.154,00
	355.647,38		9.977,00	
		CANF (m ³)	CMNF (m ³)	
		1.493,38	0,00	
VE (m ³)			CNMNF (m ³)	
790.845,07			1.493,38	
		Pap (m ³)	CNA (m ³)	ANF (m ³)
	PA (m ³)	193.034,33	51.948,41	436.691,07
	435.197,69		IM (m ³)	
		PR (m ³)	141.085,92	
		242.163,35	Vz (m ³)	
			242.163,35	

VE – Volume de entrada no sistema; CA – Consumo autorizado; PA – Perdas de água; CAF – Consumo autorizado faturado; CANF – Consumo autorizado não faturado; Pap – Perdas aparentes; PR – Perdas reais; CMF – Consumo medido faturado; CNMF – Consumo não medido faturado; CMNF – Consumo medido não faturado; CNMNF – Consumo não medido não faturado; CNA – Consumo não autorizado; IM – Imprecisão dos medidores; Vz - Vazamentos; AF – Água faturada; ANF – Água não faturada.

Fonte: AUTOR (2018).

Conforme destacado na metodologia, as perdas reais por vazamento não foram computadas de forma direta. Este problema foi gerado pela insuficiência de dados presentes nas Ordens de Serviço (OS) referentes aos vazamentos, bem como pela falta de critério na determinação do tempo de reparo. Nesse sentido, sugere-se a inclusão na OS, das seguintes informações: data e hora de início e término do vazamento, diâmetro do furo, seção nominal do tubo e material que o constitui, pressão na rede e tipo de rede (malhada ou ramificada).

Na Tabela 9 apresentam-se os percentuais de perdas para os subsetores Caminho do Mar, Caminho do Atlântico e Sonho Verde. De acordo com os dados, percebe-se predominância de perdas aparentes nos dois primeiros subsetores citados, com reversão dessa situação para o subsetor Sonho Verde. Nessa ótica, os investimentos necessários para a redução dessas perdas, deve essencialmente, corroborar com as especificidades de cada situação. As ações prioritárias para redução das perdas devem incluir substituição de hidrômetros e fiscalizações de fraudes nos subsetores Caminho do Mar e Caminho do Atlântico e substituição de redes/ramais para o subsetor Sonho Verde.

Tabela 9 – Percentual de Perdas de água dos subsetores Caminho do Mar, Caminho do Atlântico e Sonho Verde – Parnamirim-RN

Subsetor	Perdas Aparentes %	Perdas Reais %	Perdas Totais %
Caminho do Mar	31,25	11,16	42,42
Caminho do Atlântico	31,04	11,78	42,82
Sonho Verde	19,51	44,54	64,05

Fonte: AUTOR (2018).

Conforme explicitado na metodologia, o subsistema Jardins Amsterdã foi avaliado de forma diferenciado dos demais subsetores já citados e sua análise está sendo descrita

separadamente (ver Tabela 10). Os dados do balanço hídrico desse subsetor indicam excessivo consumo autorizado não faturado, equivalente a um volume anual de 50.062,14 m³, ou 70% do volume de entrada. Este consumo pode estar associado pela reja de jardins das áreas comuns e pelo uso excessivo em piscinas. Ressalta-se que esse subsetor apresenta apenas 12 economias cadastradas. Considerando-se, para efeito de cálculo, que cada economia abastece 4 pessoas, o volume de 72.330,27 m³ no ano equivale a um per capita de 4.128,44 L/hab.dia. Esse valor extrapola o uso da água pelas diferentes sociedades potiguar, nordestina e brasileira que possuem consumos médios em L/hab.dia respectivamente de 99, 116 e 155, sendo desta forma cogente a implantação imediata da micromedição.

Tabela 10 - Balanço hídrico do subsetor Jardins Amsterdã jan/2017 a dez/2017

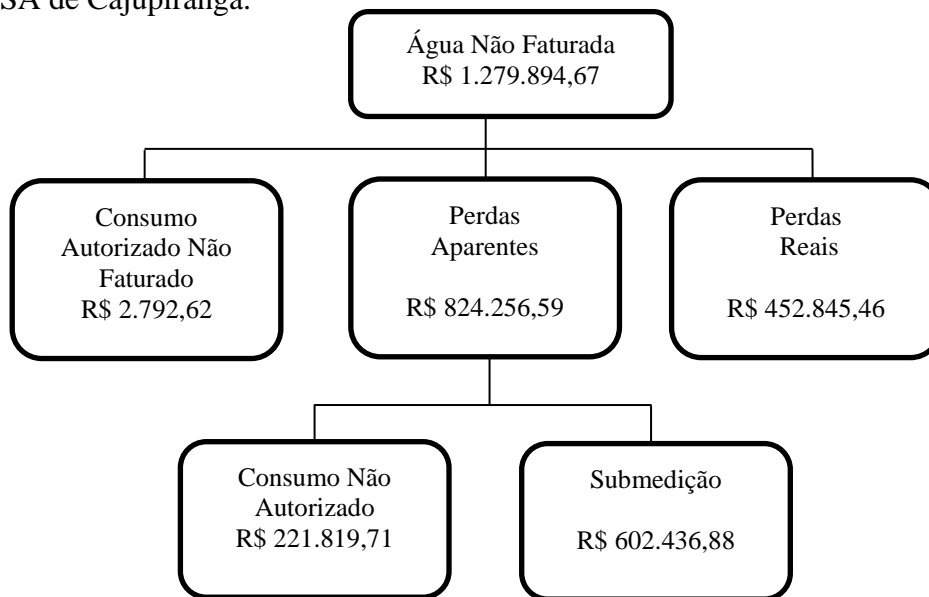
			CMF (m ³)	
		CAF (m ³)	0,00	AF (m ³)
	CA (m ³)	120,00	CNMF (m ³)	120,00
	50.182,13		120,00	
		CANF (m ³)	CMNF (m ³)	
		50.062,14	0,00	
VE (m ³)			CNMNF (m ³)	
72.330,27			50.062,14	
			CNA (m ³)	ANF (m ³)
	PA (m ³)	Pap (m ³)	0,00	72.210,27
	22.148,13	0,00	IM (m ³)	
			0,00	
		PR (m ³)	Vz (m ³)	
		22.148,13	22.148,13	

VE – Volume de entrada no sistema; CA – Consumo autorizado; PA – Perdas de água; CAF – Consumo autorizado faturado; CANF – Consumo autorizado não faturado; Pap – Perdas aparentes; PR – Perdas reais; CMF – Consumo medido faturado; CNMF – Consumo não medido faturado; CMNF – Consumo medido não faturado; CNMNF – Consumo não medido não faturado; CNA – Consumo não autorizado; IM – Imprecisão dos medidores; Vz - Vazamentos; AF – Água faturada; ANF – Água não faturada.

Fonte: AUTOR (2018).

Com a utilização das tarifas apresentadas anteriormente na metodologia, foi possível também, evidenciar o impacto financeiro gerado por cada componente constituinte do volume de água não faturado, conforme se visualiza na Figura 5.

Figura 5 - Impacto financeiro da água não faturada ao Sistema de Abastecimento de Água - SSA de Cajupiranga.



Fonte: AUTOR (2018).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Da realização deste estudo constatou-se um percentual total de perdas para o bairro de Cajupiranga da ordem de 55% correspondente a um desperdício hídrico anual de 435.197,69 m³. Volume este que, considerando um per capita de 150 L/hab.dia, seria capaz de abastecer no ano uma população de 7948 pessoas.

Notou-se também para cada subsetor do bairro, predominância de certo tipo de volume não faturado de água, prevalecendo às perdas reais no loteamento Sonho Verde, às perdas aparentes nos loteamentos Caminho do Mar e Caminho do Atlântico, e o consumo autorizado não faturado no condomínio Jardins Amsterdã. Fato este que pode melhor direcionar a CAERN na execução de ações corretivas no sistema de abastecimento de água de Cajupiranga.

Sendo assim recomenda-se prioritariamente para o subsetor Sonho Verde a substituição de redes e ramais, e para os subsetores Caminho do Mar e Caminho do Atlântico a substituição de hidrômetros e a intensificação nas fiscalizações de fraudes.

Para o caso em particular do condomínio Jardins Amsterdã fica como recomendação uma análise mais aprofundada dos volumes de entrada fornecidos pelo PT88 e das formas como esta água é realmente utilizada, uma vez que os resultados ali obtidos para o consumo autorizado não faturado destoam da realidade.

Fica clara então, a importância da avaliação das perdas através do balanço hídrico, pois é a partir desta avaliação que a companhia de saneamento pode de forma eficiente basear decisões com maior representatividade na recuperação de seus recursos financeiros.

REFERÊNCIAS

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Control and mitigation of drinking water losses in distribution systems**. Disponível em: <https://nepis.epa.gov>. Acesso em: 24/08/2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2050: **Water supplies to dwindle in parts of the world, threatening food security and livelihoods**. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/283255/icode/>. Acesso em: 10/11/2018.

TOMAZ, Plínio. **Rede de água**. São Paulo: Navegar, 2009.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3ª Ed. São Paulo, SP. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHEIRA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da ABES**. Disponível em: http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf. Acesso em: 20/10/2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Ministério das Cidades**. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 05/08/2018.

FONTANA, M. E. **Modelo de setorização para manobra de rede de distribuição de água baseado nas características das unidades consumidoras**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

PATRÍCIO, Robinson José. **Análise de perdas na rede de distribuição de água em subsetor da cidade de Presidente Prudente – SP**. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98051/patricio_rjo_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29/10/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO (AESBE). **Guia prático de procedimentos para estimativa de submedição no parque de hidrômetros**. In: AESBE. Série balanço hídrico. Brasília: AESBE, 2015. v. 3. Disponível em: http://www.aesbe.org.br/guias_praticos/. Acesso em: 09/07/2018.

_____. **Guia prático para determinação de consumos autorizados não faturados**. In: AESBE. Série balanço hídrico. Brasília: AESBE, 2015. v. 2. Disponível em: http://www.aesbe.org.br/guias_praticos/. Acesso em: 09/07/2018.

_____. **Guia prático para determinação de volume de entrada nos sistemas de abastecimento**. In: AESBE. Série balanço hídrico. Brasília: AESBE, 2015. v. 1. Disponível em: http://www.aesbe.org.br/guias_praticos/. Acesso em: 09/07/2018.

_____. **Guia prático para quantificação de balanços hídricos e indicadores de desempenho operacional**. In: AESBE. Série balanço hídrico. Brasília: AESBE, 2015. v. 5. Disponível em: http://www.aesbe.org.br/guias_praticos/. Acesso em: 09/07/2018.

ALMEIDA, Diogo Fonseca. **Controle e redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=1408. Acesso em 31/07/2018.

TARDELLI FILHO, J. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf. Acesso em: 30/08/218.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. Departamento de Hidráulica e Saneamento Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 4ª Ed. São Carlos, SP 2006.

NASCIMENTO, Rodrigo Melo. **Diagnóstico técnico das perdas hídricas e financeiras no sistema de abastecimento de água de Macaíba/RN**. Natal. 2017.

SANCHEZ, Jorge Gomez. **Estimativa de volume de água não medido em ligações residenciais por perda de exatidão nos hidrômetros, na cidade de Juazeiro – BA**. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/ii-051.pdf>. Acesso em: 10/10/2018.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). Regional Agreste Trairi. **Ficha de informação sobre quantidade de ligações e economias cadastradas e volume de água faturado**. Parnamirim, 2017.

_____. Regional Agreste Trairi. **Relatório de Hidrômetros por Idade**. Parnamirim, 2017.

_____. Unidade de Operação e Manutenção de Águas do interior do Litoral Sul. **Dados operacionais de poços tubulares**. Parnamirim, 2017.

AGRADECIMENTOS

A Professora Doutora Juliana Delgado Tinoco, pela orientação, análise cuidadosa e essencial contribuição técnica.

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande Norte (CAERN), em especial aos Técnicos de Engenharia Bruno Silva Mendes, Rodrigo Melo do Nascimento e Rivanilson Andrade de Lima, e ao Coordenador Comercial da Regional Agreste Trairi Joab Soares Lima pelo amplo apoio dado à realização desta pesquisa, fornecendo dados e informações indispensáveis ao desenvolvimento da mesma.