Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo.
RECONHECIMENTO DESDE 1933

MBA EM SANEAMENTO AMBIENTAL

NEITON SANTOS FERNANDES

Aplicação de conceitos da "Indústria 4.0", '*Internet of Things*' (*IoT*) e telemedição multimodal na gestão de redes de distribuição de água do sistema público de saneamento básico do município de Morungaba-SP

SÃO PAULO

2020

NEITON SANTOS FERNANDES

Aplicação de conceitos da "Indústria 4.0", '*Internet of Things*' (*IoT*) e telemedição multimodal na gestão de redes de distribuição de água do sistema público de saneamento básico do município de Morungaba-SP

Projeto de pesquisa aplicada apresentado à escola de Sociologia e Política de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de especialista em Saneamento Ambiental sob orientação do professor e economista Manuelito Pereira Magalhães Junior.

SÃO PAULO

2020

Biblioteca FESPSP Catalogação na Publicação (CIP)

628
F363a Fernandes, Neiton Santos

Aplicação de conceitos da "Indústria 4.0", '*Internet of Things'* (*IoT*) e telemedição multimodal na gestão de redes de distribuição de água do sistema público de saneamento básico do município de Morungaba-SP / Neiton Santos Fernandes – 2020.
31 f. : Il; 30 cm

Orientador: Prof. Manuelito Pereira Magalhães Junior.
Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Saneamento Ambiental) – Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo.
Bibliografia: p. 29-31

1. Internet of things (IoT); 2. Saneamento básico; 3. Inteligência Artificial; 4. Gestão pública; 5. Telemetria; 6. Redes de distribuição de água; 7. Internet das coisas; 8. Indústria 4.0 I. Magalhães Junior, Manuelito Pereira. II. Título

CDD 23.: Saneamento Público– Tecnologia e engenharia 628

Elaborada por Éderson Ferreira Crispim CRB-8/9724

NEITON SANTOS FERNANDES

Aplicação de conceitos da "Indústria 4.0", '*Internet of Things*' (*IoT*) e telemedição multimodal na gestão de redes de distribuição de água do sistema público de saneamento básico do município de Morungaba-SP.

Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Saneamento Ambiental) – Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo.

Data da aprovação:

____/____/_____

Banca examinadora:

_____
Nome do professor, titulação,
Instituição e assinatura

_____
Nome do professor, titulação,
Instituição e assinatura

_____
Nome do professor, titulação,
Instituição e assinatura

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir a realização de mais esse trabalho.

Agradeço também a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP e a toda a equipe da unidade de negócio Capivari-Jundiaí a qual compartilho meus últimos 14 anos de vida profissional voltada ao Saneamento Básico. Em especial, cito alguns profissionais que dedicam suas atividades profissionais e empenham atualmente seus conhecimentos e habilidades pessoais na realização de atividades diretamente relacionadas ao tema desse trabalho e sem os quais certamente não seria possível a realização desse projeto, são estes:

-Engº. Flavio Henrique Gomes,

-Engº. Daniel Bocalão Junior,

-Esp. Glauber Danilo Kirner Moro.

Aproveito também para agradecer e parabenizar o superintendente Engº. Antônio Carlos Teixeira e o gerente de departamento Engº. Mauricio Polezi pelo apoio e pelo pioneirismo na fomentação desse projeto de desenvolvimento tecnológico tão promissor para gestão de sistemas públicos de saneamento básico.

RESUMO

O projeto de pesquisa aplicada tem por objetivo apresentar os ganhos possíveis na gestão e na operação de redes de distribuição de água, através do monitoramento remoto em massa e em tempo real de parâmetros multimodais de acompanhamento do processo de produção e distribuição de água potável. Através da utilização na nova tecnologia conhecida como IoT, combinada com as atuais tecnologias de sensoriamento e telemedição já utilizadas no município de Morungaba, pretende-se apresentar uma análise quantitativa e comparativa dos resultados antes e depois da ampliação do monitoramento de variáveis em massa. O campo amostral do estudo se dará em ambiente real de produção no município de Morungaba-SP. Com o uso de conceitos de Inteligência Artificial, conceitos de indústria 4.0 e com emprego de algoritmos computacionais de análise de dados, espera-se obter redução de perdas de água, ganhos no faturamento e melhoria da qualidade dos serviços prestados à população, com consequente diminuição dos impactos ambientais gerados pela atividade. O projeto prevê a ampliação da quantidade de sensores já existentes em campo com uso de tecnologia de *Iot (Internet of Things)* através de contratação pela unidade de negócio da SABESP. Através do monitoramento de variáveis multimodais como: vazões de macromedição, pressão na rede, turbidez da água distribuída, turbidez da água produzida, pressões de recalque de bombas, vazões de micromedição, serão aplicados conceitos da indústria 4.0 e de inteligência artificial no tratamento e monitoramento em tempo real desses dados. O objetivo é avaliar os ganhos que o controle de um número maior de variáveis pode trazer à gestão das redes públicas de abastecimento de água, através do correlacionamento de dados e do uso de ferramentas computacionais no controle do sistema, buscando resultados que comprovem a hipótese de ganhos em redução de perdas e na qualidade dos serviços prestados.

Palavras-chave: *Internet of things (IoT)*; Saneamento básico; Inteligência Artificial; Gestão Pública; Telemetria; Redes de distribuição de água; Internet das coisas; Indústria 4.0.

ABSTRACT

The objective of this research is to present the possible improvements in the management and operation of water supply systems, through the mass and real-time remote monitoring of multimodal parameters to monitor the production and distribution of drinking water. Through the use of the new technology known as IoT combined with the current sensing and telemetering technologies already used in Morungaba city, it is intended to present a quantitative and comparative analysis of the results before and after the expansion of the monitoring of variables. The sample field of the study will take place in a real production system in Morungaba city, in Brazil, São Paulo state. With the use of Artificial Intelligence concepts, industry 4.0 concepts and the use of computational algorithms for mass data analysis, it is expected to achieve a reduction in water losses, improvements in revenues and an in the quality of public services, with consequent decrease in the environmental impacts generated by the activity. The project will make the expansion of the number of sensors already existing, employing Iot (Internet of Things) technology through contracting by SABESP's business unit. Through the monitoring of multimodal variables such as: macro-flow rates, pressure in the water suply system, turbidity of the distributed water, turbidity of the produced water, pump pressures, measurement flows consumers, concepts of industry 4.0 and artificial intelligence will be applied in the treatment and monitoring of this data in real time. The objective is to evaluate the gains that the control of a larger number of variables can bring to the management of public water systems, data correlation and using them in the control of the system, seeking results that prove the hypothesis of gains in loss water reduction and in the quality of services provided.

Keywords: Internet of things (IoT); Sanitation; Artificial intelligence; Public Management; Telemetry; Water Distribution Networks; Internet of things; Industry 4.0

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
2 PROBLEMA 10
3 MARCO DE REFERÊNCIA CONCEITUAL 12
4 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO 15
4.1 Projeto de implantação de IoT 16
4.2 Grupos amostrais e critérios de análise 18
4.3 Análise de dados 20
5 RESULTADOS ESPERADOS 20
5.1 Perfil de consumo do cliente 22
5.2 Pressão na rede de distribuição 24
5.3 Qualidade da água distribuída 26
5.4 Redução de perdas por controle de vazões em DMC 27
6 CRONOGRAMA 28
REFERÊNCIAS 30

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil possui cerca de 35 milhões de habitantes sem acesso a água tratada e aproximadamente 100 milhões de habitantes ser serviços de coleta de esgotos em suas residências, sendo que do esgoto coletado apenas 46% é tratado antes de ser lançado nos corpos hídricos (SENADO NOTÍCIAS, 2019). Tal cenário, juntamente com crescimento populacional dos núcleos urbanos, desafia o poder público na disponibilização de água tratada a sociedade. Agravado pelos crescentes problemas decorrentes das mudanças climáticas mundiais esses desafios fazem da água um dos bens mais preciosos do século XXI, pois este é um recurso indispensável para o desenvolvimento e sustentação das comunidades urbanas e da própria saúde humana.

Diante de tal cenário, é essencial o controle exaustivo do consumo e das perdas no processo de distribuição, bem como da qualidade da água distribuída à população. Na busca pela melhoria na qualidade dos serviços prestados, o setor de saneamento está iniciando uma transformação digital em seus processos de produção, operação e controle de serviços. Acompanhando a revolução industrial comumente chamada de "indústria 4.0, a SABESP atualmente já possui instalado mais de 10.000 hidrômetros com tecnologia Iot no município de São Paulo e atualmente expande o uso da tecnologia para as cidades de Santos e Morungaba no interior do estado de São Paulo.

Através da incorporação das atuais tecnologias de informática e de comunicação de dados, combinadas com sensoriamento multimodal de parâmetros de controle, torna-se possível a geração e tratamento de milhares de dados em tempo real, permitindo maior assertividade e velocidade nas tomadas de decisões. Tal tecnologia já é utilizada pela operadora dos serviços da cidade da São Francisco, na California- US, a California Water Service e em outros países.

Com o monitoramento e correlacionamento de dados de diversos parâmetros em tempo real e continua análise de dados históricos, pode-se criar algoritmos para geração de alertas. O uso, por exemplo, da inteligência artificial (IA) pode permitir análises contínuas de um enorme número de variáveis resultando em tempos menores para a tomada de decisão, permitindo ainda a geração automática de ordens de serviços às equipes de campo ou à equipe de gestão e engenharia. Com isso, torna-se possível o aumento da eficiência na operação, reduzindo os tempos de reparos e consequentemente as perdas de água e melhorando a qualidade da prestação dos serviços a sociedade.

O projeto de pesquisa aplicada terá como campo amostral o município de Morungaba-SP, no interior do estado de São Paulo, e prevê a instalação de aproximadamente 500 hidrômetros com telemedição, 30 sensores de pressão e 2 sensores de turbidez distribuídos na rede de distribuição de água do município, que possui hoje cerca de 4.400 ligações de águas ativas com arrecadação total mensal de aproximadamente R$ 428.500,00 (SIIS-NETA, 2020). Portanto serão monitoradas por sensores e telemedição aproximadamente 11,4 % do número total de ligações do município além de outros parâmetros da rede de distribuição. Tais novos pontos de medição serão combinados com parâmetros já monitorados no sistema do município.

Ao término da pesquisa pretende-se apresentar dados que demonstrem os ganhos obtidos na diminuição de perdas físicas e aparentes, as melhorias na qualidade dos serviços prestados ao cliente e a consequente diminuição de impactos ambientais gerados pelas perdas de água tratada.

2 PROBLEMA

A fim de ampliar a capacidade analítica dos dados e trazer melhorias ao processo de monitoramento e tomada de decisão é previsto: ampliar a quantidade de parâmetros monitorados, o correlacionamento com dados de parâmetros já coletados e o emprego rotinas computacionais para tratamento das informações. Seja por uso de softwares de inteligência artificial, ou seja por correlacionamento direto de variáveis históricas, acredita-se que o uso da tecnologia aplicada no projeto pode alcançar resultados significativos na redução de perdas além de ganhos de qualidade na prestação dos serviços mediante a possibilidade de diagnóstico de vazamento e de qualidade da agua antes da própria percepção do cliente.

O projeto de pesquisa prevê o uso de duas tecnologias distintas para obtenção de dados via sensores remotos *online*. A primeira, já implantada no município, é chamada de PIMS, sigla em inglês para *Plant Information Management System*. E a segunda, em fase de implantação no município é conhecida mundialmente por IoT, sigla em inglês para *Internet of Things*. Podemos entender por Iot a tecnologia de sensoriamento remoto de diferentes objetos ou parâmetros, que é feito com uso de sensores compactos, de baixo consumo de energia e baixo tráfego de dados, com armazenamento em “nuvem” e com redes de rádio frequência especificas, podendo estas serem públicas ou privadas.

A escolha do município se deu pelo fato deste ser um município de porte semelhante a muitos municípios do país já que 1.353 municípios do país têm entre 10.000 e 20.000 habitantes, de um total de 5070 municípios (IBGE: 2020). As características do município permitem a construção de grupos amostrais diversificados com grande representatividade perante o número total de ligações conforme detalhado na seção metodologia. Com isso será possível referenciais mais reais em estudos de extrapolação para implantação de programas semelhantes em outras cidades de porte similar.

Outro ponto favorável para a escolha desse município é que este possuí subsistemas de distribuição bem definidos e conhecidos, com cadastro georreferenciado de suas redes e ligações domiciliares, garantindo que os grupos amostrais definidos não sofram interferências de misturas de águas de Distritos de Medição e Controle (DMCs) diferentes, por exemplo. Ou ainda, que dados de pressão tenham variações causadas por interligações desconhecidas nas redes que alterem os valores obtidos para essa variável o que prejudicaria a análise efetiva dos resultados.

Na tabela a seguir são apresentados os principais dados comerciais do município de Morungaba:

TABELA 1 – Ligações e volumes faturados de Morungaba (SABESP: 2020)

DESCRIÇÃO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	PUBLICA	MISTA	TOTAL
Volume medido - Água	49.825	1.920	785	1.677	234	54.441
Volume faturado - Água	59.012	3.998	976	2.288	294	66.568
Volume medido - Esgoto	47.507	1.883	3.573	1.580	222	54.765
Volume faturado - Esgoto	56.426	3.901	3.709	2.087	273	66.395

DESCRIÇÃO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	PUBLICA	MISTA	TOTAL
Ligações faturadas - Água	3.985	312	37	67	12	4.413
Economias faturadas - Água	4.142	312	37	67	25	4.583
Ligações faturadas - Esgoto	3.856	303	36	54	11	4.260
Economias faturadas - Esgoto	4.008	303	36	54	23	4.424

O projeto de pesquisa prevê a ampliação da quantidade de dados obtidos em campo através do sistema IoT que serão correlacionados e comparados com os dados históricos que já são armazenados por mais de dois anos através do sistema PIMs (*Plant Information Management System)*. Atualmente dispõe-se de dados históricos de nível (volume disponível) de todos os centros de reservação do município, além de dados de: vazão de produção, vazão

de distribuição e dados dos principais parâmetros da água produzida na Estação de tratamento de água do município.

3 MARCO DE REFERÊNCIA CONCEITUAL

O gerenciamento de redes públicas de água no Brasil tem como seu maior desafio a redução de perdas. O cenário brasileiro de perdas de água no setor de saneamento é bastante problemático. A média brasileira de perdas de água é de aproximadamente 40% (incluindo perdas reais e aparentes), mas em algumas empresas de saneamento essas perdas superam 60%. PAULI (2015).

Conforme PAULI (2015) podemos classificar as perdas de água em:

> - perda de água "física" ou "real", quando o volume inicial de água disponibilizado no sistema de distribuição pelas operadoras de água é desperdiçado durante o processo de distribuição;
>
> - perda de água "comercial" ou "aparente", quando, apesar da distribuição de água atingir o consumidor final, o produto não é cobrado adequadamente tanto por problemas técnicos na medição dos hidrômetros quanto por fraude do consumidor.

A análise econômica para cada tipo de perda é diferente. Sobre as perdas reais recaem os custos de produção e distribuição da água. Sobre as perdas aparentes, recaem os custos de venda da água no varejo, acrescidos dos eventuais custos da coleta de esgotos além do incentivo ao consumo desnecessário.

Já do ponto de vista ambiental as perdas de água estão diretamente relacionadas a necessidade de maior extração de água dos mananciais e ao uso desnecessário de produtos químicos para o tratamento de água que ao não chegar ao seu destino final acaba se perdendo no subsolo.

No Brasil, os indicadores estão longe do observado em países desenvolvidos como o Japão. O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), aprovado em dezembro de 2013, definiu como meta de perdas para 2033 o valor de 31%, porém em regiões de baixa disponibilidade hídrica per capita, a situação tem forçado os prestadores de serviços de

saneamento a buscarem índices cada vez menores para garantir a sustentabilidade da prestação dos serviços e para adiar investimentos em novos sistemas produtores.

A corporação publica *Tokyo Metropolitan Water Bureau*, tida como referência em controle perdas e que disponibiliza o abastecimento de água para uma população de cerca de 12 milhões de habitantes, apresenta aproximadamente 5,8% de água não faturada (UEDA E BENOUAHI, 2009). Enquanto a realidade brasileira aponta um valor médio do índice de perdas de faturamento de 35,9% (SNIS, 2012), conforme relatado no "Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2010",

No combate as perdas, o controle das pressões na rede e das vazões dos sistemas são os dois principais referenciais para o sucesso na diminuição do índice. Em geral, no período da madrugada, o consumo humano apresenta vazões próximas a zero. É nesse período que se tem a mínima vazão de consumo na rede. São nesses momentos que a pressão de distribuição são mais elevadas e consequentemente as vazões das perdas físicas são maiores (LAMBERT & THORNTON, 2002).

Outro conceito importante já consolidado do meio técnico são os distritos de medição e controle (DMCs), que no Brasil também são chamados de Distritos Pitométricos. Os DMCs nada mais são que áreas perfeitamente delimitadas e isoladas (MOTA, 2010). O particionamento da rede de distribuição em DMCs permite o acompanhamento e controle de vazões e pressões por regiões, facilitando não só a análise dos dados, mas também delimitando os trabalhos de detecção e reparos de vazamentos a uma área menor, poupando recursos e diminuindo os tempos de reparo e do próprio vazamento

Com a evolução da tecnologia de telemetria e das redes de celulares e mais recentemente com o surgimento da tecnologia conhecida com *'Internet of Thing' (IoT)*, o controle e gestão dos parâmetros de acompanhamento dos DMCs tem passado a ser feito cada vez mais através de sensores e medidores remotos, sendo transmitidos em tempo real e armazenados e tratados com auxílio da informática.

Em 2018, a SABESP, lançou o edital para contratação da implantação em massa de hidrômetros ultrassônicos com transmissão de dados via tecnologia IoT no município de São Paulo, prevendo a instalação de 100 mil medidores com leitura a cada 12 horas (WNDGROUP: 2019).

A tecnologia do uso de sensores, transmissão remota e armazenamento de dados com gerenciamento computacional tem sido aplicado não só na distribuição de agua potável, mas também em diversos serviços públicos incluindo dados coletados dos dispositivos mobile dos cidadãos, dispositivos que são processados e analisados para monitorar e gerenciar sistemas de tráfego e transporte, usinas de energia, detecção de crimes, sistemas de informação, escolas, livrarias, hospitais e diversos outros serviços para a comunidade.

O conceito de Cidade Inteligente, ou em inglês *Smart Cities*, pode ser entendido como uma área urbana que usa tipos diferentes de sensores eletrônicos da Internet das Coisas (IoT) para coletar dados e usá-los para gerenciar recursos e ativos eficientemente.

Segundo KOMNINOS (2002 e 2006):

> Cidades inteligentes são aqueles territórios caracterizados pela alta capacidade de aprendizado e inovação, que já é embutida na criatividade de sua população, suas instituições de geração de conhecimento, e sua infraestrutura digital para comunicação e gestão do conhecimento. A característica distintiva de uma cidade inteligente é o grande desempenho no campo da inovação, pois a inovação e a solução de novos problemas são recursos distintivos da inteligência.

De fato, é indiscutível que a medição remota de parâmetros em tempo real, tratados com auxílio computacional trazem uma nova realidade para gestão dos serviços públicos permitindo otimizar em muito os usos de recursos disponíveis nas cidades e trazendo melhorias significativas a qualidade de vida das pessoas.

O trabalho em pauta, por se tratar de pesquisa realizada em ambiente de produção, com interface a clientes da SABESP buscou seguir as normas e boas práticas já aplicada pela maior empresa prestadora de serviços de Saneamento da América Latina, a SABESP. Bem como atende a legislação vigente tendo como referência os documentos relacionados a seguir:

a) Manual de Especificações Técnicas, Regulamentação de Preços e Critérios de Medição - SABESP;
b) Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego instituídos pela Portaria n.º 3.214/78 e suas alterações posteriores;
c) Procedimento PE-SA0001 – Arquivamento de Documentos Administrativos e Técnicos;
d) NTS 161 – Cavalete - ligação de água (DN 20 - hidrômetro de 1,5m3/h ou 3,0 m3/h);

e) NTS 165 – Instalação da Unidade de medição de Água – UMA (DN 20 - Hidrômetro de 1,5m3/h ou 3,0m3/h);
f) NTS 166 – Caixa metálica para unidade de medição de ligação de água;
g) NTS 195 – Dispositivo de medição simples - DN 20;
h) NTS 281 – Critérios para gestão dos hidrômetros (exceto 1ª ligação);
i) ABENDI NA-020 ABENDI – Qualificação e certificação de pessoas em serviços de redes de distribuição e ramais de água;
j) Lei no. 9.503 de 23/09/97 - Código de Trânsito Brasileiro;
k) ISO 27001 - norma sobre segurança da informação; e
l) Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

4 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Quando falamos do uso de telemedição e automatismo no saneamento estamos falando de uma atividade atende diversos processos de gestão e que abrange não só os sistemas de distribuição de agua muncipais, mas também atinge e permeiam na gestão de diversos outros serviços públicos urbanos como transporte, transito, aguas pluviais, resíduos sólidos e está presente num número significativos de municípios nacionais impactando atualmente em todos os setores produtivos, tanto público quanto privado.

A implantação de uma solução integrada de aplicação e componentes de IoT possibilitará a ampliação em massa do número de sensores bem como a conexão remota destes dados operacionais a um software de gerenciamento e armazenamento de informações para posteriores análises através de algoritmos computacionais ou mesmo por correlacionamento direto, acompanhamento de gráficos e alarmes.

Nesse projeto de pesquisa aplicada é previsto o uso de dados já em monitoramento no município através do sistema PIMs, combinados com os novos dados de sensores a serem implantados através de tecnologia IoT. Sendo que o mesmo prevê o tratamento e divulgação de resultados relacionados aos seguintes subtemas: perfil de consumo do cliente; pressão na rede de distribuição, qualidade da água distribuída, redução de perdas por controle de vazões em DMC.

Os ganhos esperados se darão em função da maior quantidade de pontos que passarão a ser monitorados no município, combinado com o aumento da capacidade analítica que a tecnologia computacional proporciona através de seus hardwares, softwares comerciais e algoritmos específicos que serão desenvolvidos para monitoramento e geração de alertas e acompanhamento.

A aferição dos resultados esperados será demonstrada através da análise das seguintes variáveis:

a) R_{as} = Número de reclamações de clientes dos últimos 12 meses referentes a água suja;
b) V_{dmc} = Vazão Macro medida no DMC durante 30 dias, em m3/mês;
c) IPDt = índice de perdas totais por ramal de distribuição em L/ramal.dia, dado pela formula:

$$IPDt = \left[\frac{VPanual-(VCManual+VOanual)}{(NRmédia\ anual)}\right] x \frac{1000}{365}, \text{ onde}$$

VP_{anual} = volume produzido anual, em m^3/ano,

VCM_{anual} = volume de consumo medido anual, em m^3/ano,

VO_{anual}= volume de outros usos como bombeiros consumos próprios e outros, em m3/ano,

$NR_{média\ anual}$ =número de ramais ativos, em unidades.

A seguir serão apresentados de forma sintética a descrição de como se dará a ampliação do número de pontos monitorados por IoT, bem como a metodologia de agrupamento e análises previstas.

4.1 Projeto de implantação de IoT

A ampliação do número de variáveis monitoradas prevê a utilização de recursos de telemetria, infraestrutura de TI e dados históricos já em operação na SABESP, Unidade de Negócio da Capivari/Jundiaí – RJ. Além do uso dos sistemas já em funcionamento, a unidade de negócio da SABESP irá implantar sistema de coleta de dados por IoT, sistema de análise e diagnóstico de dados com geração de alertas e geração de gráficos em tempo real.

O projeto de pesquisa proposto depende da geração desses novos dados da tecnologia Iot para poder concluir os estudos e análises propostas. A seguir são citados as principais atividades, métodos e características técnicas desejadas na implantação dessa tecnologia, são essas:

- Medição por meio de comunicação remota dos dados de volumes de 500 hidrômetros com periodicidade de 8 (oito) transmissões de dados por dia, porém com dados registrados de hora em hora;

- Integração com as atuais plataformas do Historiador (GE), Supervisórios existentes e PIMS, permitindo visualização sintética de dados em painel de acompanhamento computacional e extração de dados em formato com extensão ".xls" (Microsoft Excel);

- Visualização do histórico e em tempo real dos dados de todas as variáveis monitoradas em campo;

- Identificação de inversão de sentido de fluxo nos hidrômetros de cada cliente, com alarmes que permitam identificação de fraudes que possam as análises;

- Os acessórios e componentes instalados necessários à comunicação e coleta de dados deverão possuir homologação junto a Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações e atender os procedimentos empresariais e comerciais da SABESP;

Para a ampliação de sensores de monitoramento acima, todos os hidrômetros serão fornecidos pela Sabesp e sinalizarão fluxo direto (fluxo de água no sentido normal de medição) e reverso (fluxo de água no sentido contrário ao de medição) por meio de pulsos, para que a solução de medição disponibilize em seus relatórios dados sobre volumes consumidos idênticos aos apresentados nos mostradores dos hidrômetros. A especificação básica e recursos disponíveis desses hidrômetros deve considerar: diâmetro nominal 20mm (DN20); vazão nominal: Q3=2,5 (m^3/h); 2 saídas duplas pulsadas com Solid State Relay (SSR); largura de pulso: 100 (msec); resolução do pulso: 10 litros por pulso;

4.2 Grupos amostrais e critérios de análise

Atualmente a SABESP/RJ possui um sistema amplo de monitoramento contínuo de dados remoto como: nível do centro de reservação, status de funcionamento de bombas, parâmetros do tratamento de água e alguns pontos de pressão nas saídas de estações pressurizadoras. A pesquisa em pauta prevê ampliação do monitoramento remoto acrescentando ao atual sistema PIMS um número significativo de novos parâmetros. Em especial três novos parâmetros são pretendidos, sendo esses: pontos de pressão na rede de distribuição, micro medição em hidrômetros de consumidores finais, pontos de turbidez e macro medição de DMC.

A definição dos critérios e escolha dos pontos de monitoramento, bem como a definição de todos os clientes a serem monitorados contou com o apoio da área comercial da unidade de negócio, bem como com a gerência do município e equipe de automação. Abaixo relaciona-se a quantidade de pontos a serem medidos por grupo, bem como a metodologia e variáveis de análise que serão empregadas em cada um deles:

- Micro medição de edifícios públicos: foram selecionados 100% das ligações públicas do município, atualmente são 67 ligações nessa categoria. O principal objetivo nesse grupo é avaliar o perfil de consumo de cada um desses estabelecimentos possibilitando a identificação do perfil de consumo (intervalo de horário ou dias de maior consumo por tipo de atividade). Os resultados possibilitarão que se avalie eventuais perdas internas nos prédios públicos como escolas e rodoviárias, permitindo que a SABESP informe o poder público municipal para melhorias bem como indicarão possíveis fraudes ou deficiências na micromedição o que reflete diretamente no VCM_{anual};

- Micro medição e macromedição do DMC Jardim Repouso: Esse grupo contará com implantação de macromedição de todo setor e micromedição de todas as 61 ligações de água contidas nessa região. Por se tratar de bairro bem definido do sistema de abastecimento de água, com a medição dos parâmetros citados pretendem-se fazer um acompanhamento real das perdas de água comparando-se continuamente o volume macro medido total na entrada do bairro com a somatória das micromedições. Isso possibilitará a aferição contínua das perdas no DMC e permitirá atuação imediata, mesmo antes da percepção do cliente, através do monitoramento contínuo dos desvios dos padrões históricos.

- Micro medição de consumos médios (entre 30 e 50 m3/mês): Nesse grupo de 127 ligações (100% dos existentes nessa categoria) pretende-se traçar o perfil de consumo dessa faixa de clientes identificando fraudes e também mapeando qual o horário e dia de maiores demandas. Os resultados possibilitarão avaliar a possibilidade de implantação de fornecimento com horários e dias definidos o que permitiria a ampliação da capacidade de atendimento sem ampliação de redes. Isso torna-se possível deslocando-se os picos de consumo desses clientes para horários não coincidentes com consumo de clientes convencionais permitindo que cálculos que se trabalhe com a vazão do horário de maior consumo, principal parâmetro de dimensionamento da rede de distribuição,

- Micro medição de consumidores com suspeita de Fraudes: Foram selecionados 30 consumidores através de imagem aérea e histórico de consumo onde se pretende medir com maior frequência (a cada uma hora) o volume consumido permitindo-se traçar o perfil de consumo e identificar se há coerência no consumo, eventuais inversão de hidrômetro ou travamento do mesmo por mecanismos de fraude. A escolha pautou-se em casas com piscinas e de terrenos com área superior a 1000m2 e onde o consumo médio histórico é inferior ao consumo mínimo tarifado (10m3). A apresentação dos ganhos previstos será através da comparação do consumo médio mensal antes e após a implantação da tecnologia;

- Pontos de pressão na rede: foram selecionados 25 pontos de monitoramento de pressão na rede de distribuição, sendo esses pontos críticos de pressão, ou seja, pontos de pressão mínima (cota geométrica elevada ou extremidades de rede) e pontos de pressão máxima (cota geométrica baixa). Através do histórico de pressão nesses pontos notáveis é possível identificar possíveis vazamentos ou consumo atípicos que venham a ocorrer na rede antes mesmo que o cliente perceba o que permite ação mais rápida no reparo de vazamentos diminuindo o volume perdido;

- Pontos de turbidez na rede de distribuição: serão implantados 2 pontos de monitoramento de turbidez na rede de distribuição escolhidos sob os segundos critérios. Determinou-se dois pontos extremos da rede de distribuição da região central da cidade, um na zona alta e outro na zona baixa. A escolha desses pontos coincide com as localidades onde observou-se maior número de reclamações pelo cliente quanto a “água suja”. A análise desses dados ocorrerá após 12 meses de registro desses dados de modo que possamos correlacionar o número de reclamações de clientes registrados 12 meses antes e 12 meses depois da implantação do monitoramento parâmetros de turbidez. Através da comparação direta dos parâmetros de

turbidez medidos na saída da ETA com parâmetros de turbidez medidos na rede pretende-se buscar relação de tempo de dispersão da água produzida na rede trazendo referências ao gestor para tomada de decisão para situações atípicas na produção.

- Pontos de Micro medição geral: nesse grupo amostral serão avaliados os impactos dos 500 pontos de micromedição por Iot que serão instalados no município e qual o aumento trarão para o VCM_{anual} em função da redução das perdas aparentes previstas. A quantidade de ligações monitoradas representa aproximadamente 11% do total de ligações do município e os resultados serão medidos através do IPDt geral do município antes e depois da implantação.

4.3 Análise de dados

Os dados para realização da pesquisa serão obtidos diretamente do banco de dados da Sabesp registrados no historiador de dados Historian, da GE (General Eletrics Co.). O software está instalado em servidor da própria unidade de negócio da SABESP responsável pela operação do município. A coleta de dados de campo por tecnologia IoT deverão ser coletadas e transferidas para o historiador para compor a base de dados já disponível e coletada por tecnologia GPRS. Além dos dados de telemedição, serão consultados os sistemas comerciais da Sabesp.

Os dados recebidos de campo (volumes totalizados de água, direto e reverso, e alarmes) e os dados resultados de análises deverão ser disponibilizados forma de arquivos XML com DTD (Document Type Definition).

Para elaboração dos gráficos e tratamento destes, será necessário exportar os relatórios dos bancos de dados da SABESP para planilhas de Excel, permitindo assim o cruzamento de dados e melhor apresentação dos resultados das análises em pauta nesse estudo.

5 RESULTADOS ESPERADOS

O uso da medição remota de parâmetros de campo já trouxe um avanço significativo na gestão de redes de distribuição do município permitindo a redução de perdas de 350 L/ramal.dia em 2010 para menos de 200 L/ramal.dia em 2020. Com a nova tecnologia IoT, que permite um

acréscimo significativo de pontos e parâmetros monitorados, uma nova era na gestão das redes de água se apresenta a frente. O estudo pretende demonstrar através de uma análise técnica os possíveis avanços, permitindo no futuro a extrapolação para outros sistemas de saneamento e fornecendo ao gestor público parâmetros importantes para tomada de decisões.

São previstos ganhos: de recuperação de volumes de perdas físicas e aparentes de água, de qualidade da prestação de serviços ao cliente, de qualidade da água fornecida e a diminuição de impactos ao meio ambiente. A diminuição do impacto ao meio ambiente será obtida e medida através da redução de perdas, já que com isso diminui-se a necessidade de captação de agua bruta, bem como o uso de produtos químicos adicionados ao tratamento e perdidos no subsolo.

O uso de telemedição de variáveis por IoT permitirá a ampliação do monitoramento remoto de dados do município em estudo e promoverá o aprimoramento dos processos de gestão comercial, operacional e de perdas do município. Promoverá melhoria da eficiência operacional, com gestão detalhada de consumo dos clientes e ainda permitirá a identificação prematura de vazamentos, conferindo agilidade na identificação destes e de possíveis fraudes. Também permitirá a identificação de padrões de consumo por tipologia de clientes. Através do acompanhamento de parâmetros de qualidade da água na rede, será possível alterar rotinas de descargas na rede e antecipar eventuais transtornos aos usuários.

A grande quantidade de dados obtidos permitirá diferentes tipos de abordagens e resultados como as já descritas para cada grupo amostral. Porém outros ganhos são esperados com a ampliação da telemedição e da aplicação do tratamento computacional dos dados, como:

- geração de dados históricos em grupos de clientes específicos que possibilitem análise do perfil de consumo de cada tipologia de cliente (comercial, residencial e público);

- criação de referenciais numéricos através do monitoramento da pressão na rede, que possibilitem a ação de reparo em tempos menores, antes que o cliente perceba ou o mesmo antes que o vazamento se torne visível, diminuindo-se a quantidade de água perdida em vazamentos não visíveis e visíveis;

- mudança na rotina de descargas e limpeza da rede de água, já que com a aferição continua e remota da turbidez na rede de distribuição há possibilidade que tal ação seja executada apenas quando necessário e consequentemente haja uma redução do volume perdido;

- diminuição do número total de reclamações pelo cliente já que a telemedição de parâmetros tornará possível a idenficação de vazamentos ou água suja, antes da percepção do usuário;

- obtenção de percentual de recuperação de água perdida através da medição do índice de perdas totais (IPDt) do DMC e através do comparativo com dados históricos do próprio DMC e dos índices gerais do município, sendo este o indicie de recuperação de água que o emprego da tecnologia pode trazer aos DMCs com vazões de entrada e consumo monitoradas em tempo real;

- garantia da eficiência do sistema de distribuição através da medição de pressão contínua na rede de distribuição assegurando os parâmetros de pressão normatizados pela NBR 12218:2017 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

- melhor direcionamento dos serviços de pesquisas de vazamentos por métodos sonoros por hastes e geofones, através das variações de pressão de cada setor.

Através do compartilhamento de informações por meio de publicações pretende-se ampliar a discussão e a consolidação do uso da tecnologia Iot no país. Os resultados e estudos serão divulgados através de artigos e publicações científicas individualizadas por tema. A fim de delinear os objetivos desse projeto de pesquisa aplicada e de descrever as análises e resultados que serão divulgados, a seguir serão apresentados 4 temas específicos.

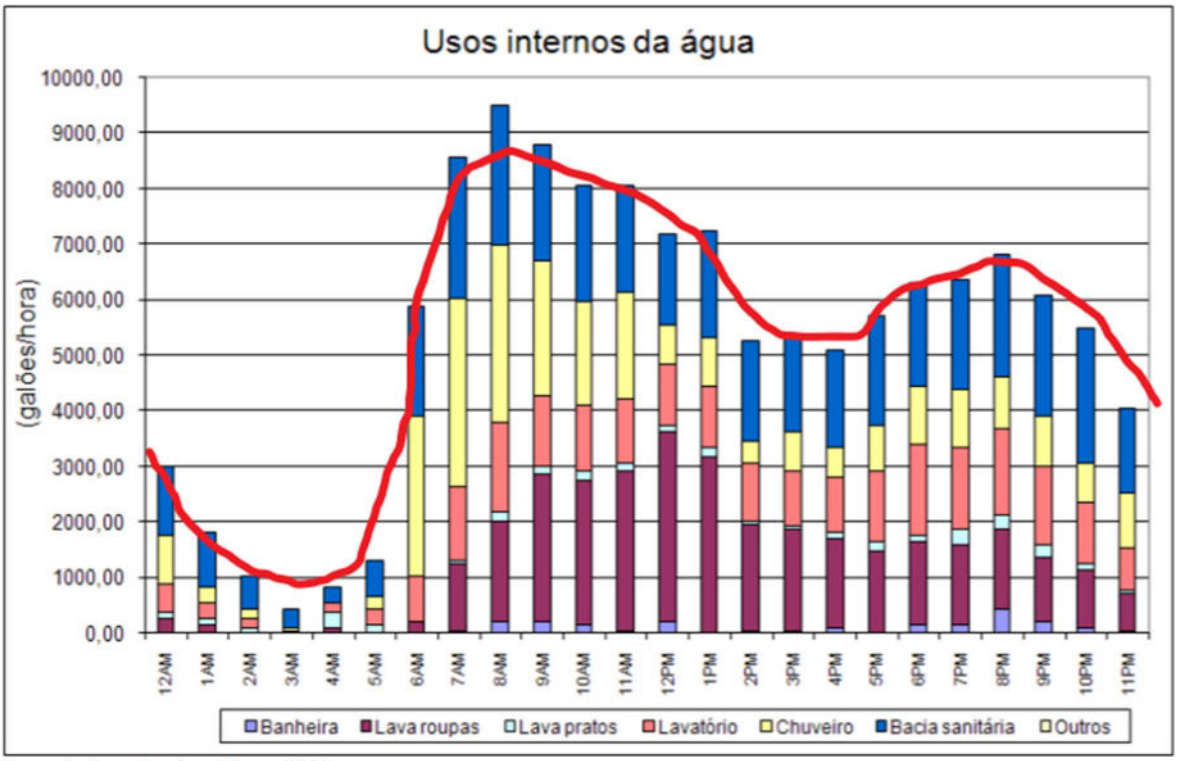
5.1 Perfil de consumo do cliente

Com a medição do consumo de clientes dos diferentes grupos citados anteriormente (públicos, consumidores entre 30 e 50m3/mês, suspeitos de fraude, e clientes comuns do Jd. Repouso), serão elaborados gráficos do consumo por hora permitindo-se identificar desvios no padrão de consumo horário histórico de cada residência ou de grupos de clientes. Ao todo serão 500 pontos de consumo monitorados, sendo: 67 ligações públicas, 61 ligações no DMC Jardim Repouso, 25 ligações de clientes com consumo superior a 50 m^3/mês, 127 ligações com consumo entre 30 e 50 m^3/mês, 30 ligações com consumos inferiores a 10m3/mês com suspeita de fraude, e 190 ligações entre 0 e 30m3/mês divididos em comerciais e residenciais.

Através do gráfico adaptado DeOreo e Mayer (1999), podemos ter uma referência, através da linha vermelha (inserida) do que se pretende produzir. No estudo de DeOreo e Mayer o que se apresenta é o consumo diário de um agrupamento de usuários de 12 municípios dos Estados Unidos, onde se buscou identificar além do perfil, quais eram os percentuais de consumos de cada equipamento interno do imóvel. Serão produzidos nesse projeto de pesquisa, os perfis de consumo total por tipo de cliente e individual por usuário por um período de 1 mes, similar a linha vermelha traçada no gráfico da figura 1, ou seja, volume de consumo, em m^3, total do imóvel em função do tempo (h) ao longo do dia.

Acompanhando a curva histórica em tempo real do consumo individual, podemos facilmente identificar alterações atípicas da medição e investigar possíveis fraudes através de pesquisas diretas ao usuário ou inspeções em campo. O próprio rigor no controle de volumes fornecidos ao longo do tempo, gerará no cliente a tendência de diminuir fraudes, caso as cometa atualmente. Fraudes como inversão do Hidrômetro ou travamento por arames ou imãs, tornam-se facilmente detectáveis através desse tipo de gráfico em tempo real com escala de hora em hora, explicitando alterações grosseiras no padrão de consumo.

FIGURA 1 – GRÁFICO ADAPTADO DE PERFIL DE CONSUMO



Fonte: DeOreo, Lander e Mayer (1999)

A comparação entre o volume medido recuperado pós implantação da tecnologia será feita comparando um período histórico anterior a instalação dos sensoriamentos nos hidrômetros com um período histórico pós controle por medição remota em um grupo de usuários.

Conforme (SILVA, PADUA & BORGES, 2015) as perdas aparentes podem representar 50 % das perdas totais de um sistema de abastecimento de agua em função das características do parque de hidrômetros e da situação sociocultural da população, sendo que o Tokyo Metropolitan Water Bureau, que é referência as prestadoras de serviço no mundo, tem índice de 5,8% (Ueda e Benouahi,2009). O que mostra que o potencial na redução de perdas aparentes pode representar valores bastante expressivos na recuperação de faturamento no Brasil.

5.2 Pressão na rede de distribuição

Atualmente a grande maioria dos reparos em redes de água são alertados pelo cliente após observarem o afloramento de água no passeio ou nas vias públicas. O monitoramento remoto com registro histórico de pressão nos pontos críticos (pressão máxima e pressão mínima) de um subsistema de distribuição, pode facilmente apontar eventuais alterações dos padrões e ser utilizado para dar início e direcionar os trabalhos de investigação do gestor da rede de maneira mais assertiva e antecipada.

Esse ganho na velocidade da idenficação e reparo do vazamento significa na prática menos tempo de água vazando e consequentemente menor volume perdido. A ação também evita o incomodo ao cliente final, que nesse caso sequer toma conhecimento do vazamento. Pretende-se a implantação de software de inteligência artificial que analise os dados históricos acumulados e dispare alarmes que apontem comportamentos atípicos dos pontos monitorado e no futuro até dispare ordens de reparo em campo conforme conceitos empregados na indústria 4.0.

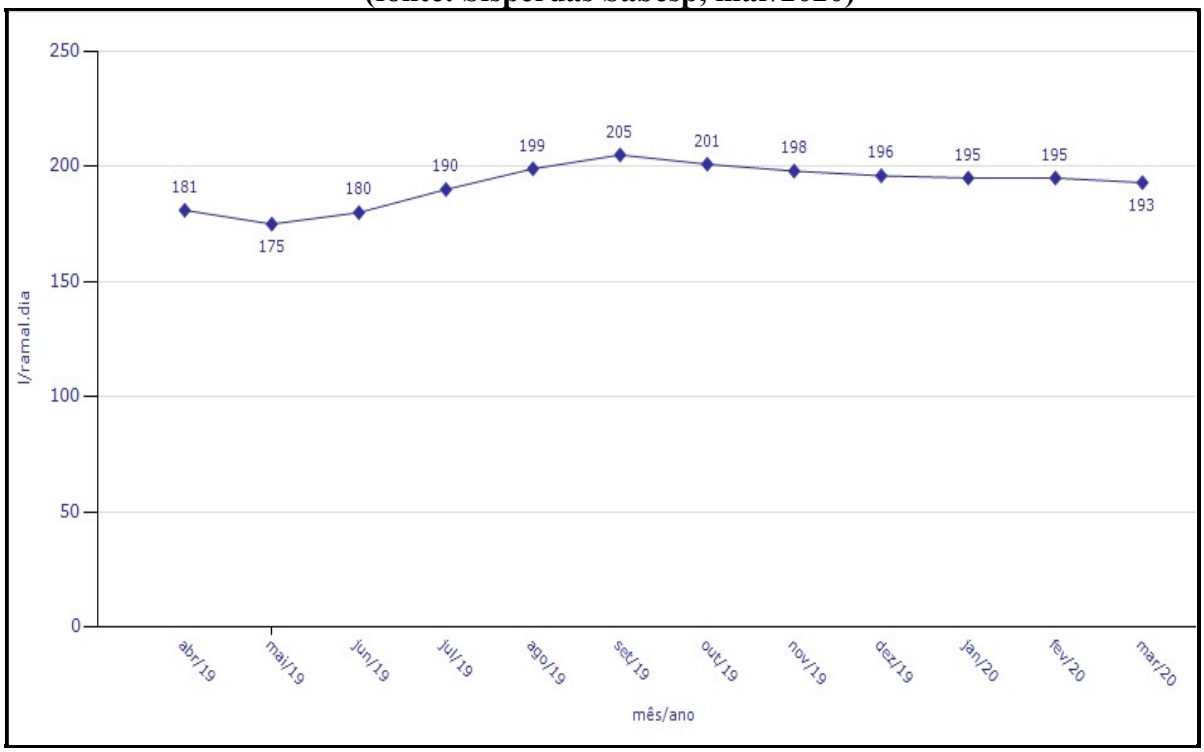
Nesse caso, o resultado esperado é a apresentação dos gráficos de pressão em função do tempo, nos quais pretende-se destacar graficamente os pontos de queda de pressões atípicas correlacionando com o trabalho de campo executado, demonstrando-se a eficiência no processo de identificação dos vazamentos através da gestão remota da pressão.

Outro aspecto importante para o qual se espera redução das perdas físicas de água através do controle de pressão, se dá pelo fato de muitas vezes as redes de abastecimento sofrerem com

manobras de abastecimento que alteram significativamente a setorização de pressão concebida pelo projeto, elevando as pressão acima do estabelecido pela NBR 12218:2017, que limita a pressão máxima da rede de distribuição de agua em 50 mca. Outro fator que comumente altera as pressões das redes de distribuição são a alteração dos equipamentos de bombeamento de setores que trabalham pressurizados por bombas. Podemos afirmar que a vazão de um determinado vazamento é diretamente proporcional a vazão, ou seja, o aumento da pressão média de um subsistema de distribuição por si só amplifica os vazamentos não visíveis aumentando a perda de água. Além desse aumento da vazão de vazamentos provocado pelo aumento da pressão, quando esses valores ultrapassam os limites de norma e por consequência os limites dos materiais aplicados principalmente em ramais e cavaletes, surgem novos vazamentos potencializando significativamente as perdas

Por fim, para se mensurar os resultados obtidos nesse último aspecto, pretende-se comparar o Índice de Perdas Totais em litros/ramal.dia um ano antes da implantação dos novos pontos de IoT e um ano pós implantação dos mesmos. Atualmente pode-se observar no gráfico da figura 2 que as perdas registradas para o município são estáveis variando entre 175 e 205 L/ramal.dia, sendo que se espera alcançar valores abaixo do mínimo histórico registrado um ano antes.

FIGURA 2 – GRÁFICO HISTÓRICO DE PERDAS DE MORUNGABA
(fonte: Sisperdas Sabesp, mar/2020)



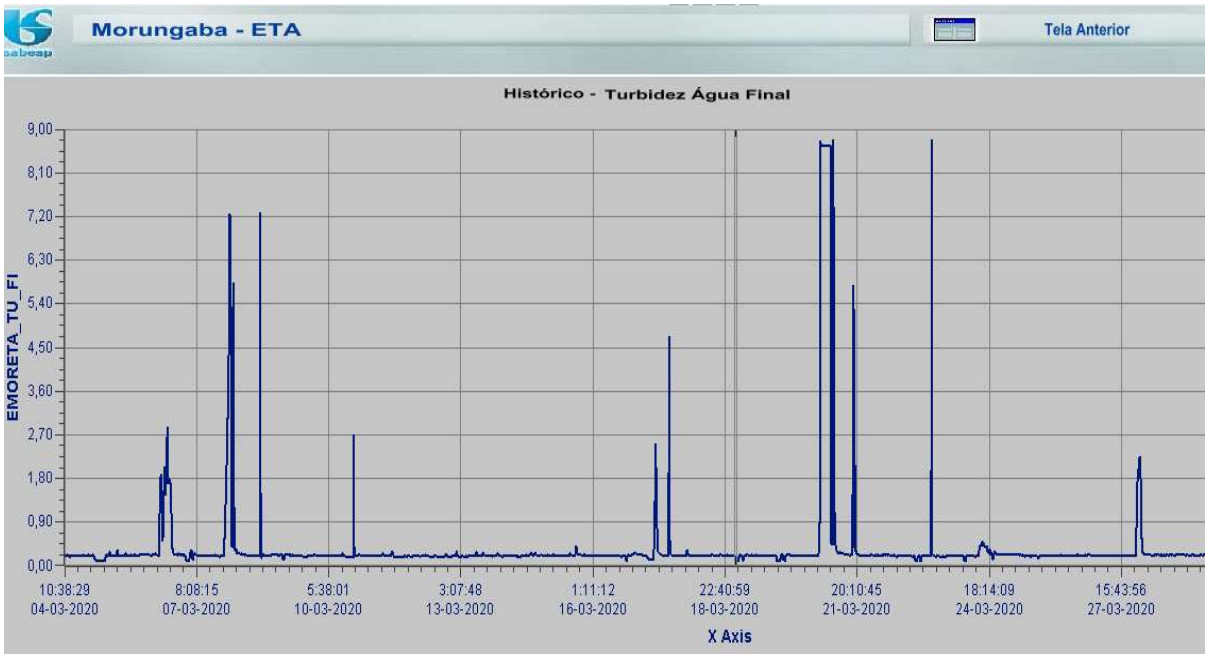
5.3 Qualidade da água distribuída

Na figura 3, apresenta-se o gráfico histórico do parâmetro turbidez da água final produzida na ETA Morungaba, apontando que ocorrem eventos de produção de água com turbidez fora dos parâmetros desejáveis.

Com a implantação de sensores de turbidez na rede de distribuição tornar-se-á possível a obtenção de gráfico de turbidez em dois pontos da rede de distribuição que se encontram nos extremos da rede, ou seja, pontos mais distantes da Estação, permitindo a correlação entre os eventos atípicos da ETA e os impactos na distribuição. Com a comparação entre os dois gráficos será possível estimar o tempo de dissipação da água com turbidez elevada na rede e a aferição dos impactos que alteração do parâmetro na saída da Estação causam no sistema. Os picos de turbidez apresentados no gráfico não são necessariamente percebidos na distribuição, sendo importante conhecer quais os valores e por quanto tempo tal parâmetro estando inadequado na produção tem-se a necessidade de esvaziamento da rede.

Com a implantação dos sensores de turbidez, pretende-se alterar as rotinas de descarga com base nesse parâmetro evitando a atual rotina de descarga periódica, algumas vezes desnecessária e possibilitando a ação de descarga somente na ocorrência de eventos atípicos e antes da percepção do cliente.

FIGURA 3 – GRÁFICO HISTÓRICO DA TURBIDEZ DA ÁGUA PRODUZIDA (fonte: sistema PIMS, ABR/2020)



No caso a comparação dos resultados se pautará na análise do número de reclamações de clientes referentes a "água suja" antes e depois da implantação da medição remota de turbidez.

5.4 Redução de perdas por controle de vazões em DMC

O conceito de distrito de medição e controle (DMC) é extremamente importante quando se deseja um controle maior das variáveis em estudo. Segundo TARDELLI FILHO (2006) o controle de variáveis em setores de abastecimento muito extensos fica prejudicado devido ao grande número de ocorrências que podem interferir nas variáveis em questão, prejudicando a análise.

No presente trabalho, definiu-se um DMC com 61 ligações ativas em bairro cuja entrada de água ocorre por tubulação única e que possui macro medidor, possibilitando assim a aferição da vazão mínima noturna real. Nesse setor com a implantação de medição remota em todas as ligações, tornar-se-á possível diariamente a aferição das perdas. O acompanhamento desse valor, além de explicitar os eventuais aumentos nos índices de perdas permitindo intervenção operacional imediata, permitirá um estudo em escala real dos parâmetros propostos por LAMBERT E THORNTON (2002) quanto ao calculo de perdas através dos conceito de vazão mínima noturna (VMN) e fator noite e dia (FND), amplamente utilizados para se estimar volumes perdidos na distribuição.

Como resultado dessa frente da pesquisa, pretende-se através da aferição direta da vazão de entrada do DMC e da micromedição aferir os modelos de cálculos propostos atualmente na literatura. Além disso, esse grupo amostral permitirá que analisemos os volumes mensais antes e pós implantação da tecnologia IoT na medição individual por meio dos dados históricos registrados no macromedidor de entrada do DMC, esperando-se nesse caso uma redução nos volumes necessários para o abastecimento do bairro.

6 CRONOGRAMA

O presente trabalho já conta com grande número de informações e dados e aguarda a ampliação do número de sensores em campo de modo a reunir os dados complementares necessários as análises propostas.

A ampliação do número de sensores, bem como o incremento de registro das novas variáveis necessárias ao projeto de pesquisa aplicada se dará através de contratação de empresa especializada pela SABESP e tem início previsto para agosto de 2020.

O período programado para implantação completa dos sensores com tecnologia IoT é de 480 (quatrocentos e oitenta) dias, porém como parte dos dados já estão disponíveis nos servidores e há previsão de termos os dados de IoT a partir do terceiro mês de andamento, acredita-se que os primeiros resultados sejam divulgados a partir de Dez/2020, ou mais tardar a partir de Jan/2021, conforme cronograma apresentado na TABELA 2.

TABELA 2 – CRONOGRAMA

Descrição	***Meses a partir de Agosto de 2020***							
	1	**2**	**3**	**4**	**...**	**16**	**17**	***18***
Plano de Trabalho de campo para ampliação de sensores via IoT								
Instalação dos sensores adicionais na rede publica								

Instalação de acessórios de comunicação de dados e da rede pública de dados sem fio								
Ajustes e manutenção aos acessórios de comunicação e sensores								
Análises de resultados e produção de artigos e divulgação dos estudos propostos								

REFERÊNCIAS

ABENDI. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÕES, **NA-020 – Qualificação e certificação de pessoas em serviços de redes de distribuição e ramais de água.**

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – **NBR 12218:2017:** projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro; ABNT, 2017.

_____. **NBR 10520:** informação e documentação: citação em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

_____**. NBR 14724:** informação e documentação: trabalhos acadêmicos: documentação. Rio de Janeiro, 2011.

DeOREO, W. B.; MAYER, P. W. (Ed.) **Residential end uses of water**. Denver: AWWA Research Foundation, 1999.

FARLEY, M. **Leakage Management and Control** – A Best Parctice Traning Manual. World Health Organization, Geneva, 2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Números do Censo.** Disponível em: <https://censo20f20.ibge.gov.br/ sobre/numeros-do-censo.html.>. Acesso em: 01/07/2020

ISO 27001 - **Sistema de Gestão da Segurança da Informação**, International Organization for Standardization, 2005.

KOMNINOS, N. **Intelligent Cities: Innovation, knowledge systems and digital spaces**. London and New York, Routledge. 2002.

KOMNINOS, N. **The Architecture of Intelligent Cities**, Conference Proceedings Intelligent Environments 06, Institution of Engineering and Technology, 2006.

LAMBERT, A.O.; THORNTON, J. **Avaliação de Perdas Reais.** Consultoria Técnica apresentada à vice-presidencia Metropolitana de Distribuição – M. Sabesp. São Paulo, 2002.

MOTA, R.G. **Importância de setorização adequada para o combate as perdas reais de água de abastecimento público**. Tese mestrado USP, São Paulo, 2010.

PAULI, D. R. – **Perdas de água**. ABES, 2015. Disponível em <http://www.abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes/6713-artigo-perdas-de-agua>. Acesso em fev/2020.

SABESP - **Manual de Especificações Técnicas, Regulamentação de Preços e Critérios de Medição.** 3ª. Edição, revisão 2.36. São Paulo, 2018.

SABESP – Norma técnica **NTS 161:** Cavalete - ligação de água (DN 20 - hidrômetro de 1,5m3/h ou 3,0 m3/h);

_____.**NTS 161:** cavalete - ligação de água (DN 20 - hidrômetro de 1,5m3/h ou 3,0 m3/h);

_____**.NTS 165** :instalação da Unidade de medição de Água – UMA (DN 20 - Hidrômetro de 1,5m3/h ou 3,0m3/h);

_____**.NTS 166:** caixa metálica para unidade de medição de ligação de água;

_____**.NTS 195:** Dispositivo de medição simples - DN 20;

_____**.NTS 281:** Critérios para gestão dos hidrômetros (exceto 1ª ligação);

SABESP – Procedimento empresarial **PE-SA0001:** arquivamento de Documentos Administrativos e Técnicos;

SABESP - **SIIS/Neta 2020**: Sistema de informação computacional e acompanhamento de serviços comerciais;

SILVA, C.M.; DE PÁDUA, V.L. & BORGES, J.M. - **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE MEDIDAS PARA REDUÇÃO DA PERDA APARENTE DE ÁGUA EM ÁREAS URBANAS**, Brasil, 2015. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n3/pt_1809-4422-asoc-19-03-00249.pdf>. Acesso em jan./2020.

SENADO NOTÍCIAS. **Brasil tem 48% da população sem coleta de esgoto, diz Instituto Trata Brasil.** Publicação on line. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/09/25/brasil-tem-48-da-populacao-sem-coleta-de-esgoto-diz-instituto-trata-brasil> Acesso em: 12/07/2020

TARDELLI FILHO, J. **Controle e Redução de Perdas**. In: TSUTIYA, MILTON T. et al. Abastecimento de Agua. 3ª. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidraulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

UEDA, S.; BENOUAHI, M. **Accountable water and sanitation governance: Japan's experience**. In: JAGANNATH, N. V; MOHAMED, A. S; KREMER, A. Water in the Arab World: Management Perspectives and Innovations. The International Bank of Reconstruction and Development/The World Bank, 2009.

WNDGROUP. **Sabesp implanta tecnologia iot usando tecnologia sigfox em medidores de agua na região metropolitana de São Paulo.** Disponível em: <https://www.wndgroup.io/2019/11/22/sabesp-implanta-tecnologia-IoT-usando-tecnologia-sigfox-em-medidores-de-agua-na-regiao-metropolitana-de-sao-paulo/>. Acesso em:10/05/2019.