



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



ALVARO MACIEL SCHMIDT
ARIELE APARECIDA BAUMANN
JORGE RICARDO GOEBEL LAERTE SILVA
LUIZ EGBERTO WASSMANSDORF

**SISTEMA DE MONITORAMENTO EM RESERVATÓRIOS HÍDRICOS
DE CONDOMÍNIOS**

CURITIBA
2022

ALVARO MACIEL SCHMIDT
ARIELE APARECIDA BAUMANN
JORGE RICARDO GOEBEL LAERTE SILVA
LUIZ EGBERTO WASSMANSDORF

SISTEMA DE MONITORAMENTO EM RESERVATÓRIOS HÍDRICOS DE CONDOMÍNIOS

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2022**

RESUMO

A crise hídrica de 2020 e 2021, no Brasil, alerta para conscientização no uso da água e melhor planejamento do uso dos recursos hídricos. Durante a crise, a cidade de Curitiba passou por período de racionamento no abastecimento de água. No caso de condomínios residenciais, quando não há priorização do uso, o desperdício individual afeta o abastecimento coletivo. Monitorar o nível da caixa de água auxilia no planejamento de consumo: com todos os condôminos cientes da quantidade de água disponível e da importância de reduzir o consumo, com o(a) síndico(a) ciente da correta operação do sistema interno de abastecimento e preparação para possível contratação de caminhões pipa. Realizar este monitoramento utilizando dispositivos IoT (*Internet of Things*) permite acompanhar em tempo real as condições. O presente trabalho apresenta o estudo de caso do condomínio Edifício Aspen, localizado em Curitiba-PR, como projeto e estudo de viabilidade para instalação do sistema de monitoramento de nível e qualidade da água nos reservatórios.

Palavras-chave: Água. Crise hídrica. Monitoramento. IoT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Controle de nível de reservatórios.....	8
FIGURA 2 - Gráfico com volume Mês de Chuvas 2019 /2021 e média 1998 - 2021	11
FIGURA 3 - Gráfico com nível das Barragens Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba	12
FIGURA 4 - Represa Passauna.....	12
FIGURA 5 - Componentes de sistemas hidráulicos	13
FIGURA 6 - Células de Reservatórios Superiores, e reserva de Incêndio para hidrantes	14
FIGURA 7 - Cisterna subterrânea e sistema de filtro e bombeamento.....	14
FIGURA 8 - Componentes do sistema hídrico predial, água fria	16
FIGURA 9 - Turbidez da água	17
FIGURA 10 - Sensor para medir parâmetros de qualidade da água, Embrapa e USP.....	18
FIGURA 11 - Sonda Aqua TROLL 600	19
FIGURA 12 - Blocos básicos IOT	20
FIGURA 13 - Fachada Condomínio Edifício Aspen	24
FIGURA 14 - Subsolo Garagem, portão e bicicletário.....	25
FIGURA 15 - Porta de acesso ao reservatório Inferior.....	25
FIGURA 16 - Parte interna reservatório inferior	25
FIGURA 17 - Quadro de automação sala de maquinas	26
FIGURA 18 - Bombas de recalque sala de máquinas.....	26
FIGURA 19 - Pavimento Térreo.....	27
FIGURA 20 - Modelo pavimento andar 1, 2 e 3	27
FIGURA 21 - Terraço, lavanderia, salão de festas e churrasqueiras	28
FIGURA 22 - Sala de transição reservatórios superiores e abastecimento.....	28
FIGURA 23 - Reservatórios superiores, parte externa.....	29
FIGURA 24 - Representação dos componentes monitorados e aplicação.....	31
FIGURA 25 - Arquitetura do projeto.....	32

FIGURA 26 - Sensor ultrassônico HC-SR04.....	33
FIGURA 27 - Ponto de instalação da sonda de qualidade de água	34
FIGURA 28 - Sonda AcquaProbe-AP3	35
FIGURA 29 - Arduino UNO.....	36
FIGURA 30 - Ambiente de programação Arduino IDE	37
FIGURA 31 - Relação de distância lida pelo sensor com a disponibilidade de água.....	38
FIGURA 32 - Representação com indicação do nível dos reservatórios e os alertas.....	41
FIGURA 33 - Funcionalidades e usuários.....	45
FIGURA 34 - O modelo MVVM.....	46
FIGURA 35 - Protótipo.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Equações utilizadas no software	40
TABELA 2 - Funções de monitoramento / alertas do sistema	43
TABELA 3 - Relação de dispositivos necessários e valor	48
TABELA 4 - Valor base, aplicado para um reservatório	48

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.3. JUSTIFICATIVA.....	8
1.4. OBJETIVO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. CRISE HÍDRICA	11
2.2. COMPONENTES DE SISTEMAS HIDRÁULICOS EM CONDOMÍNIOS PREDIAIS.....	13
2.3. QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL	16
2.4. IoT (<i>Internet of Things</i>).....	20
3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
3.1. METODOLOGIA	22
3.2. MÉTODO DE PESQUISA	22
3.3. COLETA E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE DADOS	22
4. O CASO.....	24
4.1. O CONDOMÍNIO	24
4.2. SITUAÇÃO ATUAL	29
4.3. DEFICIÊNCIAS.....	30
4.4. CENÁRIO PROPOSTO - APLICAÇÃO	31
4.4.1. Sensores	32
4.4.1.1. Monitorar nível dos reservatórios	33
4.4.1.2. Monitorar qualidade da água.....	33
4.4.2. Servidor / Microcontrolador.....	36
4.4.3. Interface Web	44
4.5. Viabilidade financeira	47
5. RESULTADOS ESPERADOS.....	49
6. CONCLUSÕES	50
6.1. Sugestões de trabalhos futuros.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A água representa, aproximadamente, dois terços Planeta Terra, área de 360 milhões de km². Apenas 2% dessa água é pronta para consumo (MARENGO, 2008). De acordo com o relatório Mundial da ONU sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos de 2016, entre 2011 e 2050, estima-se que a população mundial crescerá 33%, aumentando de 7 bilhões para 9,3 bilhões de pessoas. Além disso, a projeção é de que a população das áreas urbanas irá crescer de 3,6 bilhões em 2011 para 6,3 bilhões em 2050, com perspectiva de 2,3 bilhões de pessoas vivendo em áreas com grave restrição hídrica (WWAP, 2016).

Diante desse quadro duas abordagens para enfrentar o problema da demanda de água se destacam. Uma é orientada a oferta, chamada *Supply Oriented*, propõem a identificação e exploração de novas fontes para obtenção de água no planeta. A segunda, na qual o presente trabalho aborda, é orientado à demanda, chamada *Demand Oriented*, com a proposta de exploração dos recursos hídricos já disponíveis de maneira mais racional, visando conscientização e responsabilidade de cada cidadão em gerenciar esse bem (TURCU et al., 2012).

A partir dessa abordagem, ações governamentais estão em implantação para novas construções. Entretanto, para condomínios antigos, ações para conscientizar, melhor distribuir os custos e aumentar a eficiência de seu sistema hídrico, estão sendo praticadas individualmente, focado na estrutura e necessidade de cada construção. (OLIVEIRA; HENKES, 2016).

O desenvolvimento de novas tecnologias em equipamentos e conectividade, redução nos custos e aumento na usabilidade dessas tecnologias, origina o cenário em que imensa quantidade de aparelhos, tais como TVs, celulares e computadores estão conectados à Internet. Além disso, novas categorias de dispositivos estão se conectando à rede mundial, como geladeiras, fornos micro-ondas, máquinas de lavar, carros, alarmes de incêndio, lâmpadas, sensores diversos e outros sistemas. A conectividade entre esses equipamentos faz parte do conceito Internet das Coisas (em inglês: *Internet of Things* – IoT). Diversas tecnologias, tais como sensores, atuadores, processadores, micros controladores, servidores e hardwares para comunicar entre si e outros dispositivos através da Internet, em aplicações industriais, comerciais e residenciais (TURCU et al., 2012).

A crise hídrica afeta toda a sociedade, impactando o cotidiano das pessoas, comércios e indústrias. Em 2020 e 2021 a cidade de Curitiba passou por período de revezamento de suprimento de água, com cortes e racionamentos na distribuição de água. A limitação no uso de água atinge toda a cadeia produtiva da região, com efeitos adversos sobre os níveis de produção e emprego. Perda de 0,58% no PIB, e redução de 1,03% no emprego (CARVALHO; VALE; SOUZA, 2022).

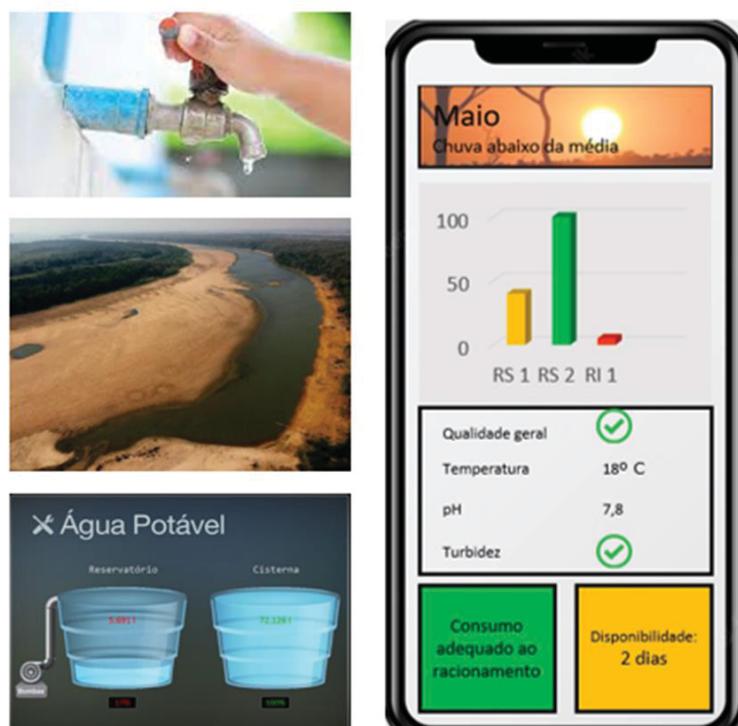
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O revezamento de distribuição de água ocasionou a falta de água em casas e condomínios. O uso sem priorização e desconhecimento do nível da caixa de água acentuam este cenário. A racionalização do uso, somado ao planejamento de contratação de caminhão pipa para suprir a demanda, propicia a disponibilidade controlada. Através de informações sobre o sistema hídrico é possível tomar decisões que evitem ou reduzam o tempo com falta de água.

A ausência de sensores e medidores acarreta em falta de informação sobre a qualidade e disponibilidade de água no condomínio. Dificultando a aplicação de manutenção e ações preventivas para evitar a falta de água. Além disso, para o condomínio alvo da pesquisa, a ausência de medidores nos reservatórios acarreta em consumo irresponsável e desigual entre os moradores.

A presente pesquisa pretende identificar como, através da automação de sistemas hídricos, é possível aprimorar o controle de consumo e reduzir o desperdício/perda de água em condomínios. Com um sistema acessível e de baixo custo, para monitorar e alertar sobre os níveis de água dos reservatórios de armazenamento e qualidade da água do condomínio. Utilizando o conceito da Internet das Coisas na obtenção de dados em tempo real, com um sistema de monitoramento.

FIGURA 1 - Controle de nível de reservatórios



FONTE: Adaptado de AUTOR (2022) e ELIPSE SOFTWARE (2022)

1.3. JUSTIFICATIVA

Ao disponibilizar essas informações sobre os níveis de água nos reservatórios à administração do condomínio, poderá compreender os níveis e a qualidade da água armazenada nos reservatórios internos além das questões alheias a racionamentos estabelecidos pela fornecedora de água. Tanto em casos de crise hídrica e até em casos de manutenções da rede de fornecimento, ao bairro onde o condomínio se localiza, chegando a casos de panes mecânicas das bombas de água, boias e elétrica no sistema de comando do acionamento do bombeamento.

Estes dados serão utilizados para buscar entender melhor a dinâmica de gerenciamento hídrico do condomínio em estudo e até na tomada de decisões preventivas na periodicidade de limpeza dos reservatórios.

É possível utilizar as informações, de nível dos reservatórios e qualidade de água, como ferramentas de conscientização. Para incentivar o consumo consciente e em relação aos desperdícios existentes na utilização de água nas áreas comuns, como da lavanderia, conservação dos jardins, limpeza de pátios.

1.4. OBJETIVO

Aplicar soluções IoT para monitorar a disponibilidade e a qualidade da água nos reservatórios internos, minimizando assim os riscos de interrupção do abastecimento e buscando uma maior qualidade da água fornecida, dada a frequência de limpeza dos reservatórios.

O sistema proposto pretende antecipar e alertar 100% das ocasiões de interrupção no fornecimento de água aos moradores, nível crítico dos reservatórios. Com a segurança de que a água disponibilizada está dentro de parâmetros de qualidade, com assertividade de $\pm 2\%$.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Algumas regiões do Brasil, apresentam gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos. Associado ao uso irracional da água, têm afetado a oferta desta para o abastecimento público (SILVA; ROCHA; MACHADO; GUTIERREZ; SANTOS; GUTIERREZ, 2017). A Seção 2.1 irá abordar a Crise hídrica, em especial a crise de 2020/2021, que motivou o desenvolvimento deste trabalho.

Esta escassez fez da água um bem que precisa ser administrado. O consumo de água é parte de um problema ambiental, que vai exigir nova ética para se alcançar o consumo sustentável. Consumir água, de maneira consciente, implica em rever hábitos e padrões de consumo (FEITAL; SPERS; NETTO; SPERS; PONCHIO, 2008).

De acordo com Feital, Spers, Netto, Spers e Ponchio (2008), muitos fatores podem influenciar o comportamento do consumidor, dentre os quais: motivações, necessidades físicas (sede ou desconforto) e psicológicas (autoestima), personalidade, características psicológicas que conduzem a uma resposta relativa ao ambiente, e percepções, processo pelos quais as pessoas interpretam informações e determinam sua decisão de consumo.

Dessa forma, a percepção de que a água é um bem inesgotável e com ampla oferta, causa tendência de maior consumo de água. Uma pesquisa realizada por Feital, Spers, Netto, Spers e Ponchio (2008) apresenta que a falta de informação em relação a água e seu valor econômico interfere na consciência do consumo de água.

O consumidor não percebe que a água tratada e entregue no domicílio é caro e escasso, que está sujeito a muitos fatores (FEITAL; SPERS; NETTO; SPERS; PONCHIO, 2008). A Seção 2.2 apresenta alguns elementos e pontos de atenção na distribuição de água no condomínio. Além de disponibilidade é necessário qualidade no tratamento e distribuição de água, a Seção 2.3 apresenta parâmetros de qualidade necessários para água potável.

E para auxiliar no fator percepção, informações sobre as condições da água no condomínio ou casa, interferem no comportamento de consumo. A automação permite medir, salvar e destacar dados relevantes. A Seção 2.4 comenta sobre os dispositivos IoT, a tecnologia presente nestes dispositivos.

2.1. CRISE HÍDRICA

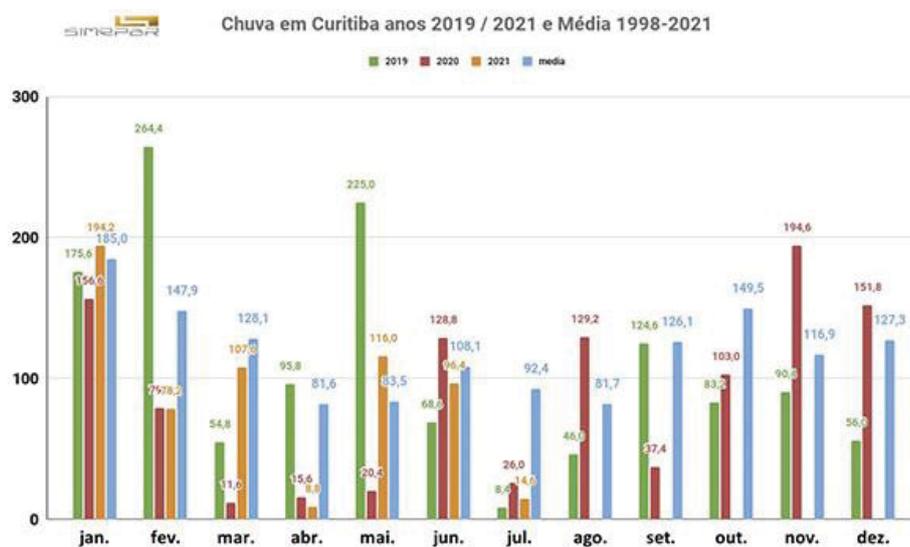
Crise hídrica, de acordo com Hora e Martines (2017), pode ser definida como “alteração no ciclo hidrológico da água gerando no desequilíbrio de sua condição, seja de quantidade, seja de qualidade”, também de acordo com o autor “esta situação pode levar a um cenário de falta de segurança hídrica, isto é, de escassez de água.”

De acordo com relatório de Richard Connor (2020) publicado pela Unesco, atualmente 1,6 bilhão de pessoas enfrentam escassez econômica de água, este mesmo relatório destaca que “estudos preveem que a escassez de água continuará a aumentar no futuro, com cerca de 52% da população mundial vivendo em regiões com escassez de água até 2050”.

No passado recente a cidade de Curitiba e Região Metropolitana sofreram com a escassez de água em decorrência de uma crise hídrica no estado do Paraná, o que afetou consideravelmente o nível de água dos reservatórios. Conforme notícia citada no artigo de Rodrigues (2021) “desde 1997 o estado não sofre tanto com a falta de chuvas, o que inclusive fez com que o governador, Ratinho Jr., decretar situação de calamidade hídrica em maio de 2020”.

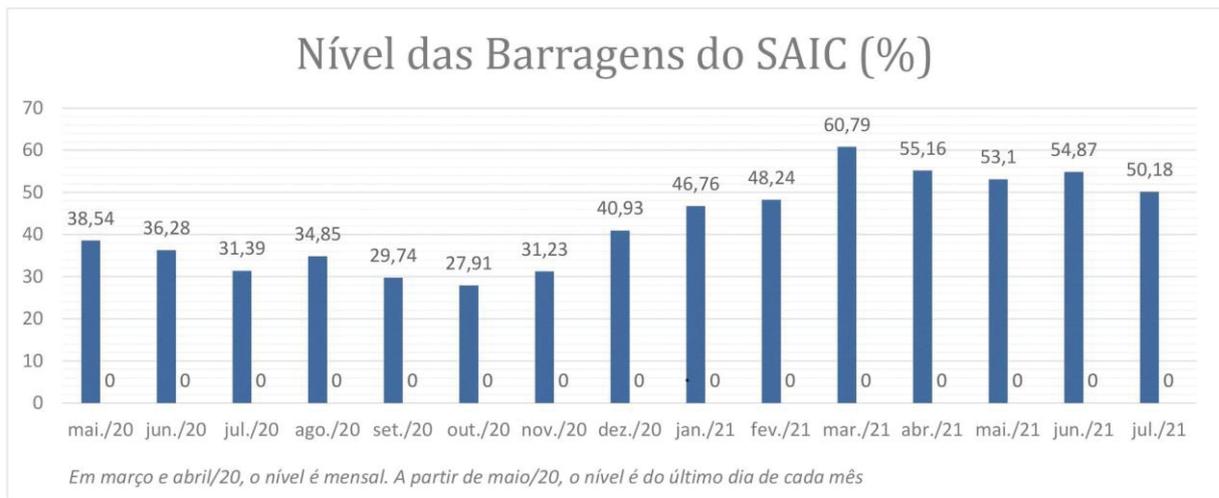
A Sanepar, empresa que cuida do abastecimento de água do estado do Paraná, durante o período de escassez de água, chegou a adotar o rodízio de abastecimento para Curitiba e Região Metropolitana, onde regiões e bairros específicos teriam 36 horas com fornecimento de água seguidos de 36 horas sem água (AGENCIA DE NOTICIAS SANEPAR, 2021).

FIGURA 2 - Gráfico com volume Mês de Chuvas 2019 /2021 e média 1998 - 2021



FONTE: GONCHOROSKY (2021)

FIGURA 3 - Gráfico com nível das Barragens Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba



FONTA: GONCHOROSKY (2021)

FIGURA 4 - Represa Passauna



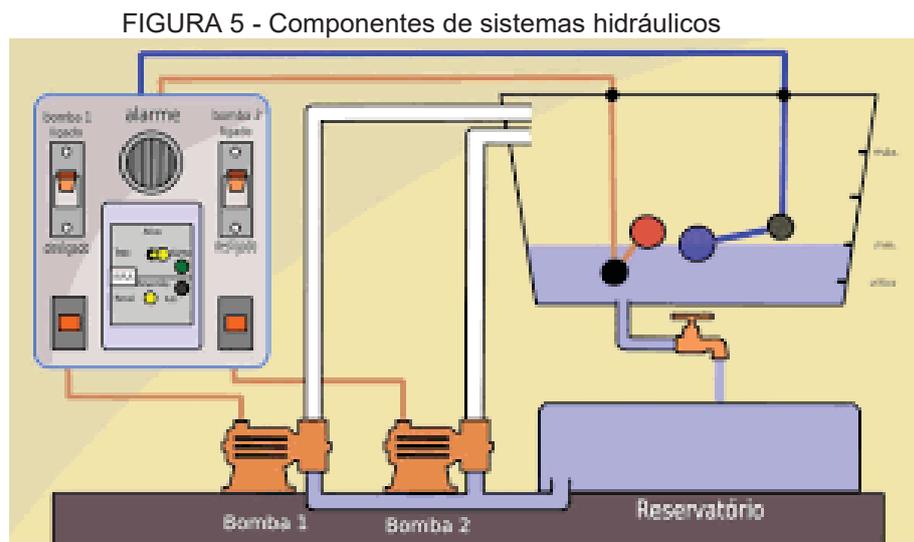
FONTA: THIAGO (2021)

O revezamento exigiu das famílias mudança de hábito e consumo consciente de água. Em condomínios residenciais multifamiliares as ações individuais causam impacto coletivo, principalmente em condomínios onde não há medidores individuais. Sem o motivador econômico, os moradores não têm comprometimento com consumo consciente, negligenciam vazamentos e desperdícios (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2022).

2.2. COMPONENTES DE SISTEMAS HIDRÁULICOS EM CONDOMÍNIOS PREDIAIS

Ao iniciar um projeto hidráulico, é preciso definir qual a porcentagem da reserva de água necessária à edificação, obtida do produto entre o consumo diário e a quantidade de dias de reserva, será distribuída no reservatório inferior e superior lançados no projeto hidráulico a fim de que o programa dimensione o volume de cada reservatório adequadamente (SUZUKI, 2008).

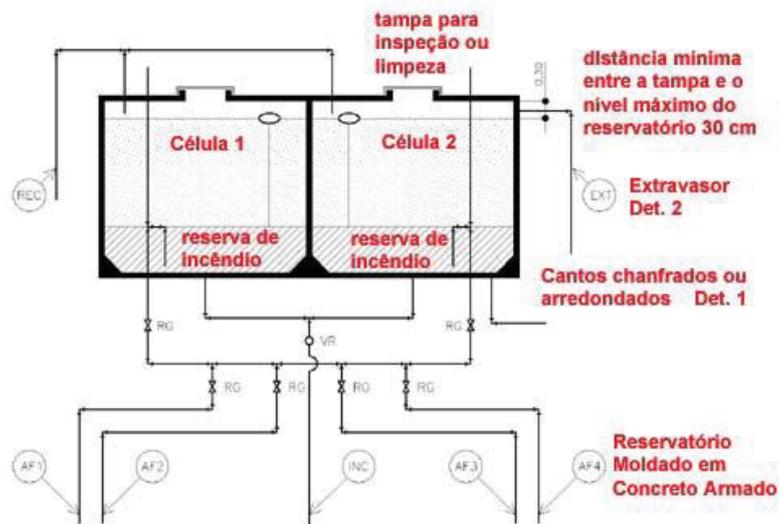
O reservatório inferior recebe a água proveniente da rede pública de abastecimento, é utilizado quando a pressão da rede pública é insuficiente para abastecer o reservatório superior. Isso ocorre geralmente em edificações com alturas superiores a 9 metros. Deve ser previsto um local para a instalação da casa de bombas que conterà as bombas que serão utilizadas para o sistema elevatório de água (SUZUKI, 2008).



FONTE: MATUZAK (2022)

O reservatório superior garante o fluxo de pressão na rede de abastecimento de água internamente das edificações. Como está localizado com maior altura nas edificações, normalmente na cobertura, a água chega com a devida pressão aos pontos de utilização, como também é a fonte de abastecimento da rede de hidrantes contra incêndio das edificações (PEREIRA, 2019).

FIGURA 6 - Células de Reservatórios Superiores, e reserva de Incêndio para hidrantes

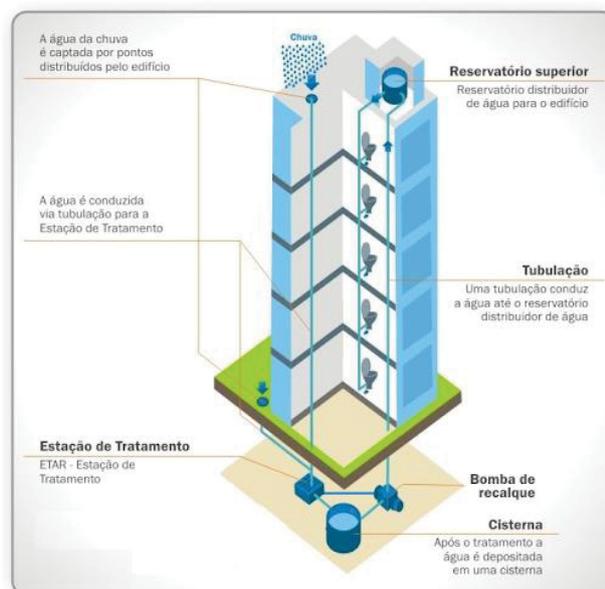


FONTE: SUZUKI (2008)

O reservatório cisterna se destina a captação e armazenamento da água de origem pluvial, da chuva. É um conjunto de equipamentos economicamente sustentável e seguro, que normalmente é recomendado no uso da limpeza das áreas internas e externas irrigação de plantas como nas bacias sanitária chegando a quando tratadas na lavagem de roupas (VALSECHI, 2021).

É considerada uma das melhores e mais eficazes opções em relação à redução no consumo de água, podendo ser instalada em apartamentos, condomínios e casas. Com ela, é possível economizar até 50% do valor da conta de água (VALSECHI, 2021).

FIGURA 7 - Cisterna subterrânea e sistema de filtro e bombeamento



FONTE: VALSECHI (2021)

A bomba de recalque é um equipamento versátil que tem como principal função transferir fluidos de um ponto ao outro. Podendo ser usado em diversas partes em projetos hidráulicos, mas essencialmente fazendo com que a água do reservatório inferior chegue ao reservatório superior, para o recalque de combate de incêndio, alagamento, esgotos, como de lençol freático em casas, edifícios, na indústria ou qualquer área de despejo (ALMEIDA, 2018).

A tubulação de uma instalação hidráulica conecta os componentes, de forma a direcionar o fluxo de água. As válvulas podem ser direcionais, para controlar o sentido do fluxo de água, de vazão, para controlar a velocidade do fluxo, e as válvulas de pressão, que controlam a pressão do sistema (ALMEIDA, 2018).

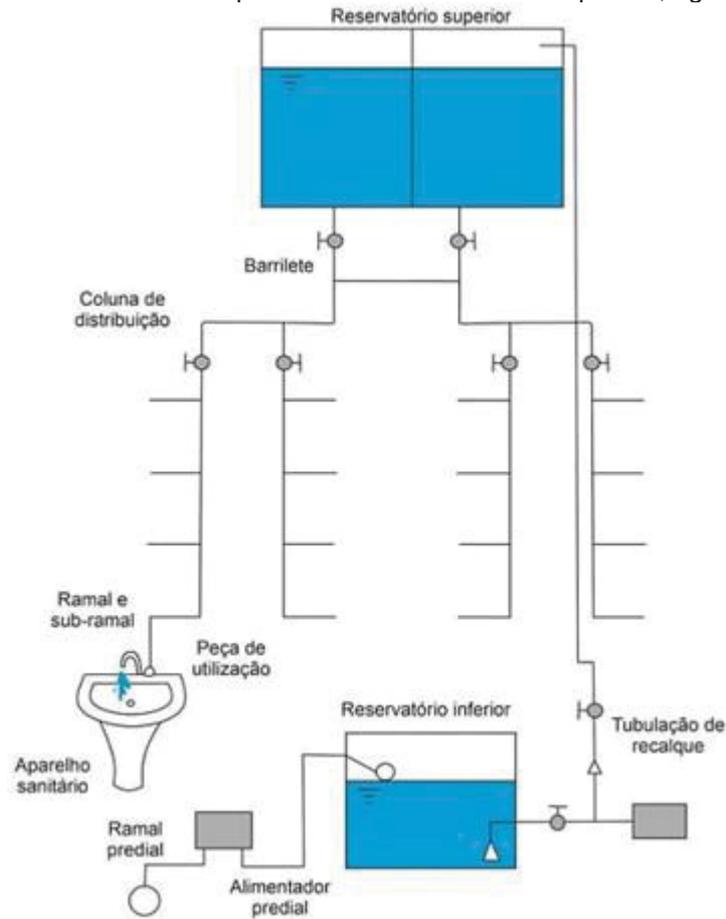
Os registros hidráulicos são componentes empregados nas instalações de água fria e quente dos sistemas hidráulicos prediais e são divididos em três tipos: de gaveta, pressão e esfera (ALMEIDA, 2018).

Um aspecto de importância ambiental e financeira dentro da administração de condomínios é a gestão hídrica. É fato que o consumo per capita em condomínios verticais é cinquenta por cento maior do que uma casa, isso dado que a medição e a cobrança não são individuais e sendo assim não existe possibilidade de controle de eliminação de desperdícios (SODRÉ, 2021).

Segundo a ONU, o consumo per capita deve ser próximo de 1.500 m³ por habitante/ano, suficiente para atender às necessidades básicas da população sem que haja desperdício (GONSALVES, 2020).

Chamamos de perdas de água ao desperdício não intencional de água potável que ocorre em um sistema de abastecimento. É importante compreender que as perdas de água potável ocorrem, na maioria dos casos, por conta de vazamentos em diferentes pontos do sistema de abastecimento, em virtude de ligações clandestinas e irregulares (os chamados “gatos de água”) e por falhas de leitura ou leituras imprecisas, devido aos hidrômetros estarem muito antigos e necessitarem de substituição (GONSALVES, 2020).

FIGURA 8 - Componentes do sistema hídrico predial, água fria



FONTE: VIANA (2019)

2.3. QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL

A qualidade da água é questão de saúde pública. Agentes patogênicos, como bactérias, protozoários e vírus, quando presente na água e ingeridos, podem causar doenças. Além da qualidade microbiológica, a qualidade química é fundamental, pois contaminantes químicos podem prejudicar a saúde (TONON; BRANCO; PIERETTI; SELOIN; BERGAMASCO; MADRONA; MOURA; SCAPIM, 2013).

A ANVISA, através da portaria n° 518/2004, define a água com parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que atendem ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde como água potável. Esta portaria dispõe também, sobre parâmetros de controle da qualidade de água para consumo (BRK, 2020).

Estes parâmetros são utilizados para caracterizar a água, através de grandezas mensuráveis e índices que indiquem a qualidade e assegurem potabilidade. Os indicadores podem ser agrupados em parâmetros físicos, químicos e biológicos (FERNANDES; SCALIZE, 2015).

Em 2003 a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Program – UNEP*) iniciou estudos para determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) potável de abrangência global. O modelo utiliza análises de nove parâmetros: cloro residual livre, turbidez, cor aparente, pH, teor de flúor, ferro total, alumínio residual, coliformes totais e *Scherichia Coli* (FERNANDES; SCALIZE, 2015).

Cloro residual livre é a quantidade de íons que não reagiram com os elementos presentes na água. Quanto maior a quantidade de substâncias químicas, orgânicas ou inorgânicas, maior o consumo de cloro residual livre, oferecendo menor garantia de desinfecção no ponto de consumo, além de maiores dosagens de cloro na estação. Deve-se manter, no mínimo, a concentração de 0,2 mg/L de cloro residual livre ou de 2 mg/L de cloro residual (FERNANDES; SCALIZE, 2015).

FIGURA 9 - Turbidez da água



FONTE: TECLAB - TECNOLOGIA EM ANÁLISES LABORATORIAIS (2018).

A turbidez é uma medida fotométrica, que analisa a matéria em suspensão na água. A redução da turbidez ocorre pela presença de sólidos em suspensão, como as partículas de solo, areia e argila, partículas de matéria orgânica, como plâncton e algas, e minerais, como ferro e manganês. A OMS sugere um valor-guia de turvação inferior a 1 NTU (BONIFÁCIO; NÓBREGA, 2021). Relacionada a turbidez, cor aparente é o parâmetro que pode indicar presença de substâncias dissolvidas, como o ferro, manganês ou presença de algas (BRK, 2020).

Outro parâmetro medido é o pH, concentração dos íons hidrogênio H⁺. Indica sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a escala varia de 0 a 14. Deve-se manter o pH entre 6 e 9, com tendência alcalina, devido à presença de

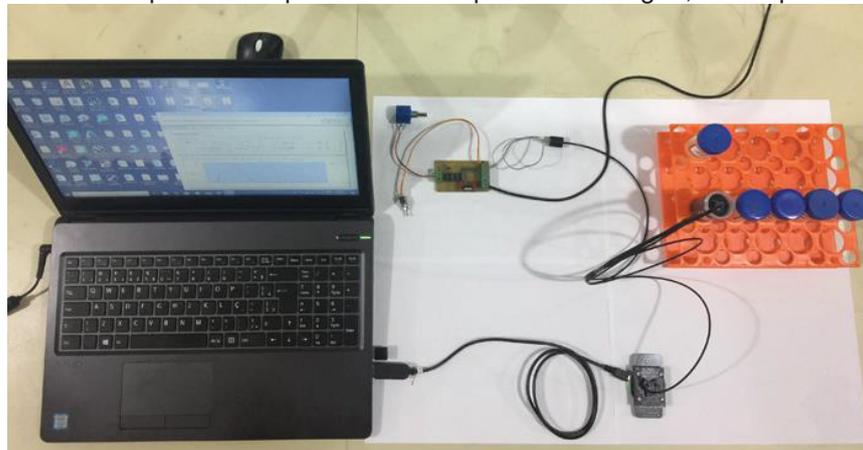
carbonatos e bicarbonatos, dissolvidos das rochas e solos associados (BONIFÁCIO; NÓBREGA, 2021).

Os coliformes totais são micro-organismos presentes naturalmente na água, no solo e na vegetação. Quando há presença de coliformes totais na água, não significa risco imediato à saúde, mas é um sinal de contaminação, ou seja, que a água não está potável. Já a bactéria *Escherichia Coli* (*E. Coli*) na água representa um ponto de atenção para presença de micro-organismos patogênicos, indicando que a água não está própria para consumo (BRK, 2020).

As análises, em estações de tratamento de água, são realizadas através de testes, onde uma amostra é submetida a reagentes químicos, após estas reações é possível mensurar uma característica e convertê-la, para atribuir valor ao parâmetro em análise. Pois não é possível medir algumas características com sensores, como a presença de coliformes totais (BRK, 2020).

Alguns parâmetros são obtidos apenas através de análises laboratoriais, mas há parâmetros que podem ser detectados por sondas. É possível obter dados em tempo real, com a confiabilidade do equipamento. Em 2019 a Embrapa divulgou o desenvolvimento de um sensor capaz de medir parâmetros de qualidade da água como clorofila, oxigênio dissolvido e turbidez, sem a necessidade de reagentes químicos. Sensores optoeletrônicos presentes na sonda conseguem captar ondas de luz de diferentes comprimentos (multiespectrais) e, assim, detectam e quantificam a clorofila presente na água mesmo em baixas concentrações (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2019). Este sensor está em fase de testes, não é possível encontrar comercialmente.

FIGURA 10 - Sensor para medir parâmetros de qualidade da água, Embrapa e USP



FONTE: TRATAMENTO DE ÁGUA (2020).

Em uma pesquisa realizada por Carneiro (2009), foram coletadas 50 amostras de água, antes de chegar no reservatório e amostras diretamente da torneira. A pesquisa constatou 13 amostras contaminadas por protozoários, destas apenas 3 amostras são provenientes da rede de tratamento de água (antes da caixa de água), as outras 10 amostras contaminadas provêm de água direto da torneira, após passar pela caixa de água. Esta pesquisa chama atenção para a relevância da limpeza da caixa de água, a relação desta ação com a qualidade de água disponibilizada (CARNEIRO,2009).

No condomínio, informações obtidas através dos sensores asseguram a qualidade da água, e podem alertar para possíveis vazamentos ou contaminações.

É possível identificar sondas específicas, dedicadas para cada parâmetro, aplicadas para medir pH, somente para o parâmetro condutividade, e outros modelos para turbidez. Empresas de tecnologia também aperfeiçoaram e disponibilizam sondas dedicadas a qualidade da água. A sonda Aqua TROLL 600, da empresa Sigma Sensors, por exemplo, detecta o pH, turbidez, condutividade, temperatura e pressão (SIGMA SENSORS, 2022).

FIGURA 11 - Sonda Aqua TROLL 600



FONTE: SIGMA SENSORS (2022).

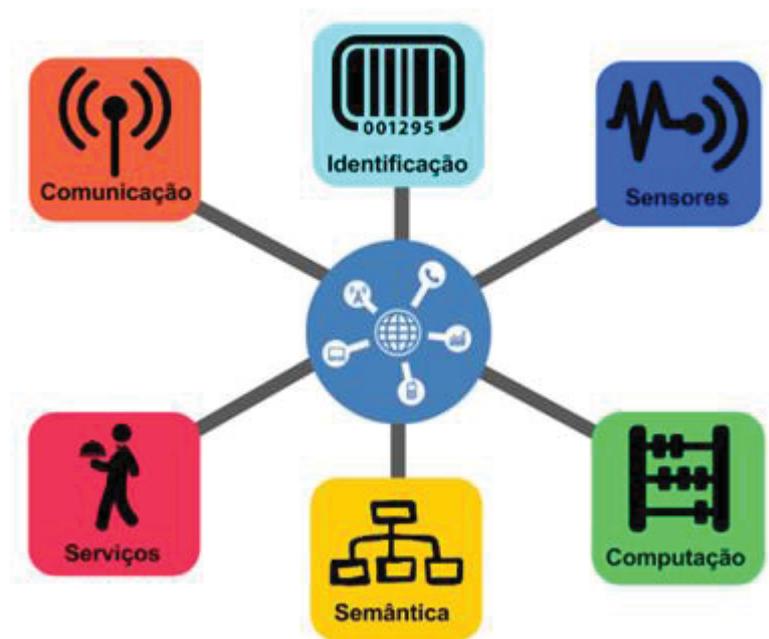
A sonda dedicada a qualidade de água também possui fácil instalação. Conexão Bluetooth para envio dos dados e acompanhamento em tempo real. O aplicativo móvel fornece configuração automática, calibração simplificada, análise de dados direcionados e criação automática de relatórios. De maneira simples e eficaz todos podem ter acesso às informações (SIGMA SENSORS, 2022). Sondas como esta exemplificam confiabilidade e a flexibilidade através dos dispositivos IoT.

2.4. IoT (*Internet of Things*)

A Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things*, IoT) faz referência ao conjunto de soluções que combinam dados capturados de sensores atuadores e sistemas. O autor Santos et al. (2016) resume a Internet das Coisas da seguinte maneira “nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet”.

Ainda de acordo com o artigo de Santos et al. (2016), a IoT sintetiza a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração do ambiente físico ao virtual, a Figura 12 apresenta os blocos básicos de construção da IoT sendo eles:

FIGURA 12 - Blocos básicos IOT



FONTE: SANTOS et al. (2016).

- Identificação: para o autor Santos et al. (2016) este é um dos blocos mais importantes, com o uso de tecnologias como RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP é possível identificar os objetos unicamente na internet.

- Sensores/Atuadores: o autor Santos et al. (2016) descreve que os sensores são responsáveis para coleta de dados, e que os atuadores permitem manipular o ambiente ou reagir de acordo com as informações obtidas pelos sensores.
- Comunicação: neste bloco o autor Santos et al. (2016) destaca o uso das tecnologias como WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4 e RFID, e que a escolha da tecnologia mais adequada é importante pois se diferenciam bastante no consumo de energia, sendo considerado um fator crítico.
- Computação: na definição do autor Santos et al. (2016) são consideradas as unidades de processamento com responsabilidade de executar algoritmos locais nos objetos inteligentes como, por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs (*field-programmable gate array*, sendo matriz de portas programáveis).
- Serviços: o autor Santos et al. (2016) detalha que a IoT dispõe de diversas classes de serviços, sendo os que mais se destacam são os Serviços de Identificação, Serviços de Agregação de Dados; Serviços de Colaboração e Inteligência e Serviços de Ubiquidade.
- Semântica: Santos et al. (2016) refere-se à semântica como a habilidade de extrair conhecimento dos objetos IoT, dando destaque as técnicas como *Resource Description Framework* (RDF), *Web Ontology Language* (OWL) e *Efficient XML Interchange* (EXI).

Os sensores de acordo com Wildauer (2020) “são formas econômicas de medir variáveis como temperatura, umidade, qualidade do ar, movimento e vibração, entre outros”. A utilização de sensores possibilita em muitos casos a eliminação do monitoramento humano.

3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

3.1. METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo a apresentação da metodologia científica empregada para a validação da proposta de estudo, e também a delimitação das etapas seguidas para a construção da presente pesquisa.

3.2. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza pelo seu objetivo exploratório, que visa ampliar o entendimento sobre objeto de estudo através de uma revisão teórica, permitindo assim qualificar a proposta a ser aplicada em um contexto específico. Por este motivo o procedimento adotado para a pesquisa é o estudo de caso.

Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (FONSECA, 2002, p. 33).

3.3. COLETA E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE DADOS

O estudo de caso efetuado neste trabalho consistiu na construção da proposta de adoção de soluções IoT no sistema hidráulico de um condomínio predial. Na sequência são descritas as atividades realizadas como procedimento para a elaboração do estudo de caso.

No empreendimento da análise exploratória, foram delimitados os temas vistos como necessários para o embasamento teórico utilizado na construção e validação da proposta. A coleta de informações para esta atividade foi realizada através da leitura de livros e artigos acadêmicos de diversos autores pertinentes a cada tema, além da pesquisa de fatos recentes em matérias jornalísticas.

Para melhor compreender o atual sistema hidráulico do condomínio Edifício Aspen, foi realizada a coleta de informações através da análise do projeto hidráulico dos reservatórios hídricos, visita as instalações do condomínio e conversa com o síndico. Com base na coleta das informações, foi descrito o funcionamento do atual sistema hidráulico a fim de melhorar a percepção das deficiências em relação a teoria investigada na análise exploratória.

Em contrapartida as deficiências pontuadas, foi proposto o desenvolvimento de uma solução para o monitoramento do sistema de reservatórios hídricos do condomínio, nesta proposta foi detalhada a escolha de sensores e micro controladores, a definição de softwares, e a estimativa de custo para a execução da solução proposta.

4. O CASO

4.1. O CONDOMÍNIO

Condomínio Edifício Aspen foi edificado em 1995 com a conclusão em 1996, pela construtora PG SHIMIT. Situado na rua Ferdinando Darif, esquina com a Rua André Kaviski no bairro Campina do Siqueira na Cidade de Curitiba – PR, Figura 13.

FIGURA 13 - Fachada Condomínio Edifício Aspen

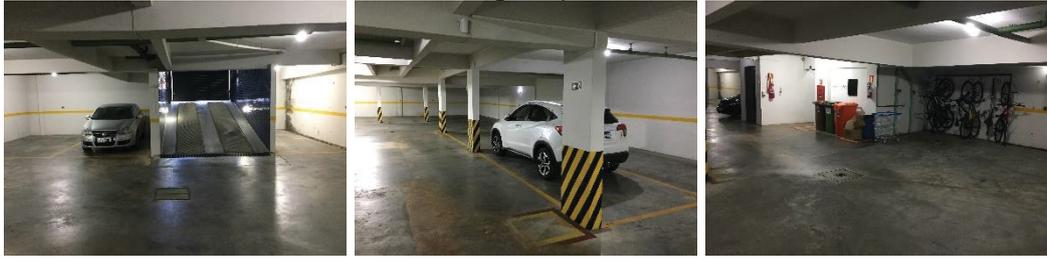


FONTE: AUTOR (2022)

O condomínio é constituído de um só bloco. Possui subsolo, pavimentos, terraço e ático:

- O Subsolo é delimitado com 13 vagas de garagem (Figura 14), fosso de elevador, bicicletário, área de descarte de resíduos e sala de máquinas. A sala de máquinas contém o quadro de automação (Figura 17) e duas bombas de recalque (Figura 18) e reservatório inferior (Figura 15 e Figura 16) com a capacidade de armazenagem de 9.630 litros, (nove mil seiscentos e trinta litros).

FIGURA 14 - Subsolo Garagem, portão e bicicletário



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 15 - Porta de acesso ao reservatório Inferior



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 16 - Parte interna reservatório inferior



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 17 - Quadro de automação sala de máquinas



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 18 - Bombas de recalque sala de máquinas



FONTE: AUTOR (2022)

- Há quatro pavimentos sendo o térreo subdividido pelo hall de entrada e 3 unidades habitacionais (Figura 19). Os pavimentos 1, 2 e 3 possuem oito unidades habitacionais, cada (Figura 20). Totalizando vinte e sete unidades habitacionais.

FIGURA 19 - Pavimento Térreo



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 20 - Modelo pavimento andar 1, 2 e 3



FONTE: AUTOR (2022)

- Terraço, apresentado na Figura 21, constitui a área de acesso aberto a moradores e se localiza a cima do último piso residencial. É delimitada por área de lavanderia, salão de festas, sala de ginastica e churrasqueiras.

FIGURA 21 - Terraço, lavanderia, salão de festas e churrasqueiras



FONTE: AUTOR (2022)

- Ático, constitui áreas de acesso restrito funcionários e equipe de manutenção. É composta por sala de máquinas do elevador, dois reservatórios superiores (Figura 22) e sala de transição reservatórios (Figura 23) e abastecimento condomínios. Cada reservatório possui a capacidade de armazenagem de água de 7.570L (sete mil e quinhentos e setenta litros) cada totalizando 15.140 (quinze mil cento e quarenta litros).

FIGURA 22 - Sala de transição reservatórios superiores e abastecimento



FONTE: AUTOR (2022)

FIGURA 23 - Reservatórios superiores, parte externa



FONTE: AUTOR (2022)

4.2. SITUAÇÃO ATUAL

Atualmente, não há monitoramento de nível de água nos reservatórios, somente é realizado visualmente e sob demanda, quando algum condômino relata a falta de água. É verificado inicialmente o nível do reservatório inferior, caso este esteja desabastecido é verificado junto a fornecedora de água. Caso o nível do reservatório inferior esteja de acordo, é verificado se existe algum problema no sistema de bombeamento de água.

O sistema de bombeamento é composto por duas bombas de recalque, sendo utilizadas em revezamento mensal. Quando há suspeita de problema no sistema de bombeamento, a bomba de recalque que estava sendo utilizada é desligada e a outra é acionada, caso o problema seja resolvido é solicitada a manutenção da bomba que estava com problema. Em situações em que nenhuma das bombas esteja funcionando, é verificado se existe problema no painel de força.

Também não há monitoramento da qualidade da água. Contudo, como medida de segurança, é adotada a limpeza do reservatório inferior e reservatórios superiores com a frequência de uma vez ao ano, preferencialmente a ser realizado no mês de novembro, o qual é realizado por empresas especializadas.

Em resumo, há dispositivos mecânicos para controle de nível dos reservatórios, mas não há a informação. Para identificar se há água ou não, é necessário inspecionar visualmente o reservatório. Também não há informação em relação a qualidade da água.

4.3. DEFICIÊNCIAS

Como não há monitoramento do nível de água dos reservatórios, não há como identificar previamente se há problema no sistema. Sendo percebido pelo condômino quando ocorre a falta de água. A falta de monitoramento dos reservatórios também gera maior dificuldade e demanda na identificação do problema, pois é necessário verificar as diversas possibilidades de falha no sistema, sendo elas: falta de abastecimento da fornecedora, problema no sistema de bombeamento.

Esta ação de investigar possíveis falhas, além da a demanda de informar sobre a situação dos reservatórios durante o desabastecimento, recai sobre o síndico. Os moradores não tem acesso e baseiam-se nas informações do síndico.

Como não ocorre o monitoramento da qualidade de água, a frequência de limpeza da caixa de água ocorre em intervalos determinados. A frequência sugerida para limpeza dos reservatórios de água é de duas vezes ao ano. Atualmente esta atividade é realizada somente uma vez ao ano, pode haver períodos em que a potabilidade da água fique comprometida, no condomínio alvo do estudo.

“De acordo com o Art. 68, a higienização do reservatório deve ser executada conforme métodos recomendados por instituições qualificadas, realizada a cada 6 meses, ou na ocorrência de acidentes que possam contaminar a água, tais como queda de animais, sujeira, enchentes, entre outros (SANITÁRIA, 2020).

Considerando que a limpeza será feita de forma preventiva e não preditiva, existe a possibilidade de haver a despesa da limpeza dos reservatórios sem realmente haver a necessidade.

4.4. CENÁRIO PROPOSTO - APLICAÇÃO

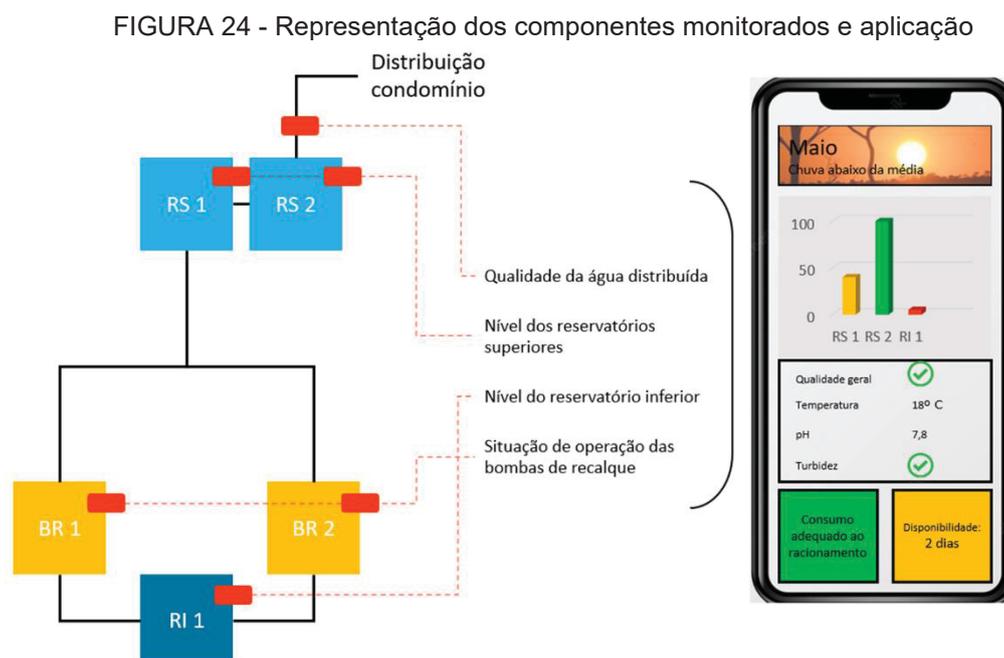
Como descrito nos itens anteriores, a tomada de decisão, em relação a manutenção dos componentes do sistema hidráulico e a distribuição da água, depende do síndico ou dos moradores.

O Condomínio Edifício Aspen não possui medidores individuais, isto acarreta em maior desperdício, por parte dos moradores, e desconhecimento do padrão de consumo de água. Também não há informações sobre o nível dos reservatórios, os moradores são comunicados através do síndico, quando a condição de abastecimento está interrompida.

Para aprimorar a comunicação entre moradores e síndico, considerando que a ciência da condição dos reservatórios e do abastecimento irá influenciar as ações dos moradores, propõe-se o sistema de monitoramento do nível de reservatórios e qualidade de água. Com interface WEB para acesso via computador ou mobile, com administração de acesso pelo síndico.

O sistema irá informar, em tempo real, o nível do reservatório inferior e dos reservatórios superiores. Com notificações para níveis críticos de água e possíveis situações de falhas na operação das bombas.

Também haverá o monitoramento da qualidade da água distribuída, após a água sair do reservatório, com indicativos de temperatura, pH e turbidez. Com alarmes para indicar qualidade não adequada ao consumo.



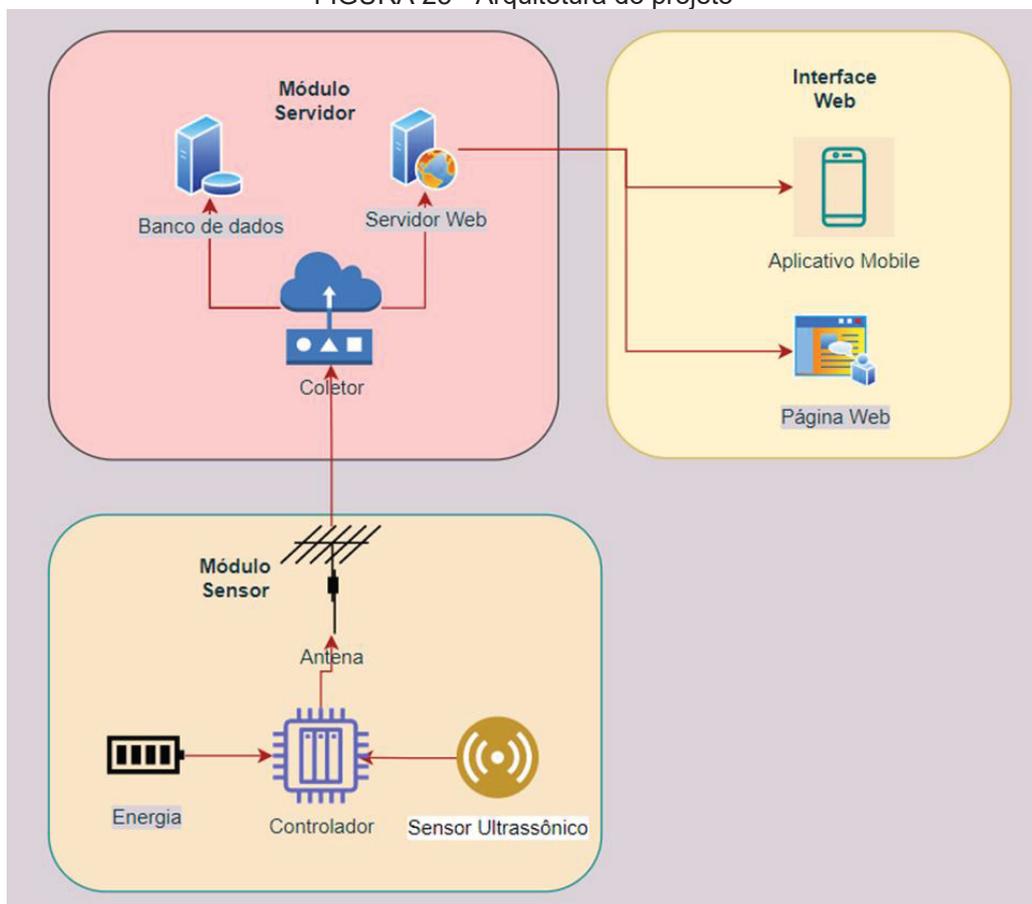
FONTE: AUTOR (2022).

A Figura 24 representa o sistema hidráulico do Condomínio Edifício Aspen e os componentes monitorados.

O sistema proposto é composto de três módulos principais: sensor, para realizar as leituras, servidor, que irá coletar tratar os sinais lidos e traduzir em informações de nível de reservatórios e de qualidade da água, e interface web, que irá permitir acesso à aplicação e aos dados.

Este conjunto permite monitorar, salvar e informar o síndico e os moradores sobre a situação, em tempo real, dos reservatórios e qualidade da água no condomínio.

FIGURA 25 - Arquitetura do projeto



FONTE: AUTOR (2022).

4.4.1. Sensores

O módulo de sensores compreende os elementos básicos para leitura do estado. Estes são os elementos que traduzem o estado real, de nível por exemplo, em sinais elétricos que serão recebidos pelo controlador.

4.4.1.1. Monitorar nível dos reservatórios

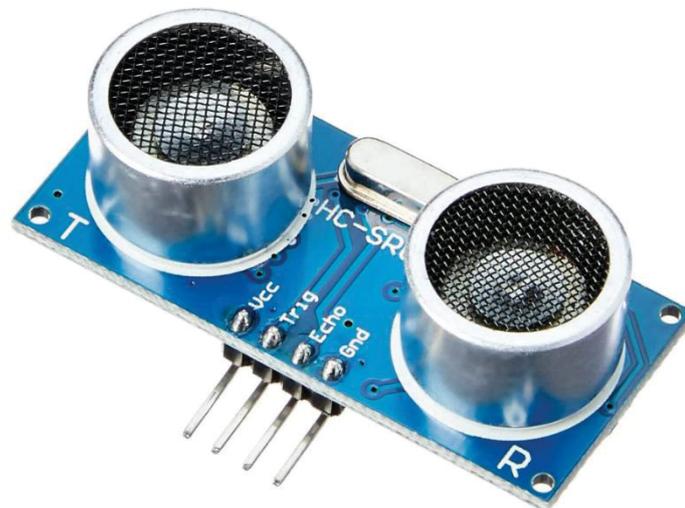
A primeira seção do projeto busca monitorar o nível da água nos reservatórios do edifício.

Monitorar o nível irá permitir identificar quando os reservatórios estiverem em nível baixo. Também irá auxiliar na identificação de falhas nas bombas, se ocorre a condição onde há água disponível no reservatório inferior e os reservatórios superiores estão com nível baixo, indica que há alguma falha no acionamento das bombas.

Esta parte do sistema é formada por hardware e software e estará em contato direto com o reservatório a ser monitorado. A proposta é um sensor ultrassônico, escolhido o HC-SR04, na parte superior interna realizando a leitura da altura da linha d'água. Este sensor será ligado a um microcontrolador com uma antena para conexão com o servidor.

O controlador é conectado ao HC-SR04 e ao coletar a distância entre o sensor e a linha da água, o controlador enviará os dados para o coletor do Servidor, através de uma conexão Wi-Fi, utilizando o método POST do HTTP.

FIGURA 26 - Sensor ultrassônico HC-SR04



FONTE: FLIPFLOP (2022)

4.4.1.2. Monitorar qualidade da água

A segunda seção do projeto visa monitorar a qualidade da água disponibilizada. Através de dispositivos instalados na tubulação que sai do reservatório.

A água que alimenta o reservatório possui tratamento, a qualidade da água distribuída pela SANEPAR é reconhecida, com parâmetros adequados (TRATA

BRASIL, 2020). Além da qualidade da água distribuída, como apresentado na Seção 2.3. Qualidade da Água, a limpeza e manutenção periódica dos reservatórios tem consequência na qualidade da água distribuída. A falta de limpeza na caixa de água pode acarretar em acúmulo de resíduos sólidos, como lodo, e tornar o ambiente propício à proliferação de bactérias e protozoários (Carneiro, 2009).

Quando ocorre a limpeza do reservatório sabe-se que a água utilizada durante a limpeza deve ser descartada, assim como a água utilizada nos enxágues seguintes. Mesmo realizando este procedimento, após retomar o abastecimento, é possível que a água tenha resíduos ao chegar na torneira (Carneiro, 2009). Essa água turva é imprópria pra consumo, não deve ser utilizada em equipamentos como filtros e máquina de lavar.

A limpeza do reservatório programada, dessa forma os moradores possuem ciência das possíveis condições da água neste período. Mas após ocorrer interrupção do fornecimento de água, quando a água volta a ser distribuída há resíduos e, normalmente, essa água é barrenta. Da mesma maneira é água imprópria para consumo e inadequada para ser utilizada em eletrodomésticos.

Em ambas situações, não há nenhum indicador de qualidade de água, após sair do reservatório do prédio. O morador, por inspeção visual, decide se a água está adequada para uso ou não.

Uma sonda, instalada na saída do reservatório, pode verificar níveis de turbidez e pH, e através do sistema de controle os níveis serão avaliados. Notificações são enviadas para os moradores, em caso de água imprópria para utilização e consumo. A Figura 27 indica o local para instalação da sonda.

FIGURA 27 - Ponto de instalação da sonda de qualidade de água



FONTE: AUTOR (2022)

Uma opção de sonda para medir as variáveis desejadas é a AcquaProbe-AP3, fabricante nacional Acqua Nativa. Esta realiza medições de pH, temperatura, ORP, condutividade elétrica, salinidade, TDS, Oxigênio Dissolvido e Turbidez. De fácil instalação, totalmente submersível, esta sonda possui conexão Wi-Fi (ACQUA NATIVA MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2018).

FIGURA 28 - Sonda AcquaProbe-AP3



FONTE: ACQUA NATIVA MONITORAMENTO AMBIENTAL (2018).

Os parâmetros de interesse, para verificar a qualidade da água, são a turbidez, pH e temperatura. A sonda AcquaProbe-AP3 possui precisão de $\pm 2\%$ para turbidez, $\pm 0,002$ para variações de pH e $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ para temperatura. Através da utilização da sonda, será possível gerar alarmes quando a temperatura da água for superior a 15°C , nível de turbidez alterado e quando houver alterações no pH. Informando sobre a qualidade da água que sai do reservatório.

A sonda conecta-se diretamente com o controlador do sistema. Este é um dispositivo IoT, é um transdutor com conexão WiFi, com inteligência para realizar a conversão do sinal físico, tensão ou corrente no sensor, para valores dos parâmetros desejados, de pH, temperatura e turbidez.

4.4.2. Servidor / Microcontrolador

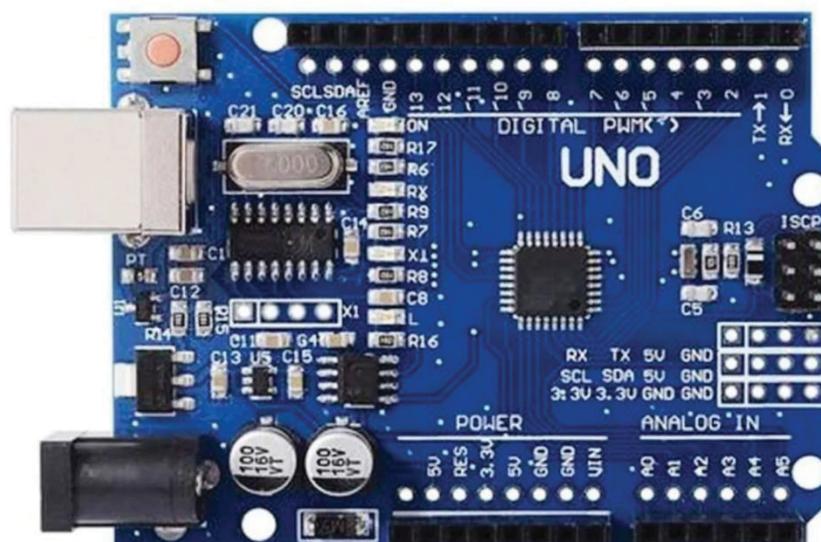
Os sensores definidos são conectados ao controlador, este módulo é o computador, composto por software e banco de dados. O computador recebe as leituras dos sensores, realiza transformações que traduzem o valor de tensão lido em parâmetros físicos.

Com o sensor ultrassônico, utilizado para leitura de nível, o valor de tensão é transformado em distância e, a partir das dimensões dos reservatórios e do local de instalação do sensor, é possível determinar o volume de água dentro do reservatório no instante da leitura. Três sensores serão instalados: no reservatório inferior, no reservatório superior 1 e no reservatório superior 2.

A sonda de leitura de qualidade de água envia as informações através de canais. Esta sonda já envia os valores traduzidos em parâmetros físicos para o controlador. Ao instalar a sonda, é necessário calibrar e configurar para o correto funcionamento, selecionando os parâmetros desejados de leitura. Como mencionado anteriormente, a aplicação no Condomínio Edifício Aspen irá utilizar os parâmetros de turbidez, pH e temperatura.

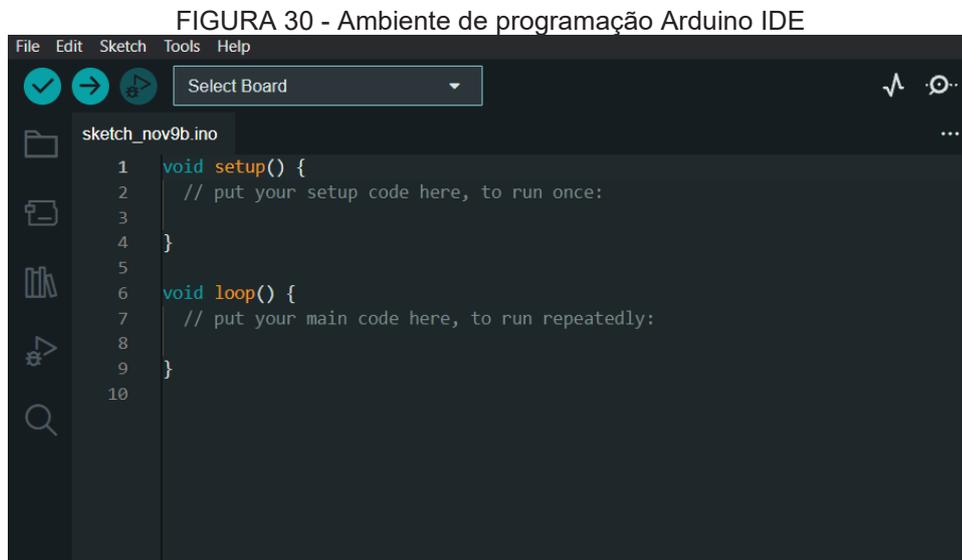
O microcontrolador selecionado para realizar as leituras e conversões é o Arduino UNO. Microcontroladores desta plataforma são utilizados em aplicações similares como em Silva e Lima (2014) e Souza e Oliveira (2018). A plataforma tem se destacado nas áreas de Robótica e Sistemas Embarcados devido ao baixo custo, fácil instalação e programação simples.

FIGURA 29 - Arduino UNO



FONTE: BELVEDERE (2017).

O *software* utilizado para programação é o Arduino IDE, Apresentado na Figura 30. É um editor *online*, gratuito, com mais de 40 milhões de *downloads*, de acordo com a plataforma (ARDUINO.CC,2022).



FONTE: AUTOR (2022).

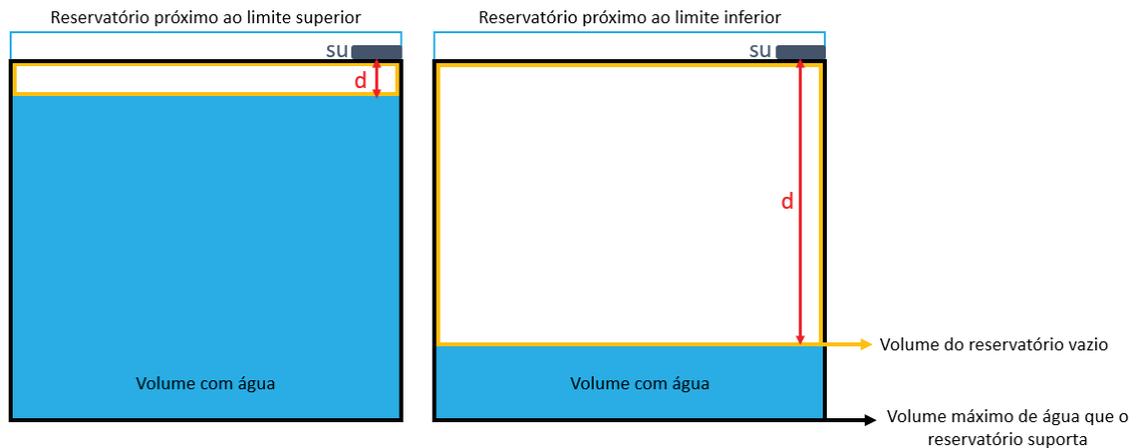
De forma geral, o software desenvolvido terá a função de realizar o monitoramento do nível dos reservatórios e monitoramento da qualidade de água. A partir destes dados será necessário notificar os usuários.

Para que as notificações sejam adequadas há requisitos de programação do projeto, informados a seguir de acordo com a aplicação:

- Apresentar, em tempo real, a disponibilidade em percentual (%) e em litros(L) dos três reservatórios

Ao realizar a leitura do sensor ultrassônico (na Figura 31 representado por su) e conversão dos sinais, como abordado anteriormente, o controlador irá obter a variável correspondente a distância (d) em milímetros. Esta é a distância do sensor até a superfície da água. Dessa forma, quando a distância for menor o reservatório estará próximo do limite superior (cheio) e quando a distância for maior, a superfície da água estará abaixo, indicando que o reservatório está próximo do limite inferior (vazio).

FIGURA 31 - Relação de distância lida pelo sensor com a disponibilidade de água



FONTE: AUTOR (2022).

O código irá identificar o volume disponível de água ($V_{\text{água disp}}$) através do volume total de cada reservatório ($V_{\text{total R}}$) e do volume vazio no reservatório (V_{vazio}). Os reservatórios possuem geometria de um paralelepípedo, com base retangular. Obtém-se o volume através da Equação (1):

$$(1) \quad V_{\text{água disp}} = V_{\text{total R}} - V_{\text{vazio}}$$

O volume do paralelepípedo é obtido através da área da base multiplicado por altura.

$$(2) \quad V_{\text{água disp}} = V_{\text{total R}} - (A_{\text{base R}} \cdot h_{\text{vazio}})$$

Para os cálculos de cada reservatório a área da base é constante ($A_{\text{base R}}$), o volume total do reservatório ($V_{\text{total R}}$) também é constante. Varia a altura h_{vazio} , de acordo com o nível de água no reservatório. Este valor é obtido através da leitura do sensor ultrassônico.

Através das informações construtivas de cada reservatório é possível determinar a equação utilizada no *software*:

- Reservatório inferior

$$V_{\text{total R}} = 9,63\text{m}^3$$

$$A_{\text{base R}} = 3,12\text{m}^2$$

Com as informações de volume total e área da base, pode-se obter o volume disponível em m^3 :

$$(3) \quad V_{\text{água disp}} (mm^3) = 9,63 - (3,12 \cdot h_{\text{vazio}})$$

Para obter o volume em litros (L) é necessário multiplicar por 0,000001:

$$(4) \quad V_{\text{água disp}} (L) = [9,63 - (3,12 \cdot h_{\text{vazio}})] \cdot 0,000001$$

É possível obter o valor correspondente a disponibilidade, em percentual, através da Equação abaixo:

$$(5) \quad Disp (\%) = \frac{V_{\text{água disp}} (mm^3) \cdot 100}{V_{\text{total R}}} = 10,38 \cdot V_{\text{água disp}} (mm^3)$$

- Reservatório superior 1 e reservatório superior 2

$$V_{\text{total R}} = 11,45m^3$$

$$A_{\text{base R}} = 10,08m^2$$

De maneira similar, através das informações de volume total e área da base, pode-se obter o volume disponível em m³:

$$(6) \quad V_{\text{água disp}} (mm^3) = 11,45 - (10,08 \cdot h_{\text{vazio}})$$

Para obter o volume em L é necessário multiplicar por 0,000001:

$$(7) \quad V_{\text{água disp}} (L) = [11,45 - (10,08 \cdot h_{\text{vazio}})] \cdot 0,000001$$

É possível obter o valor correspondente a disponibilidade, em percentual, através da Equação (8):

$$(8) \quad Disp (\%) = \frac{V_{\text{água disp}} (mm^3) \cdot 100}{V_{\text{total R}}} = 8,73 \cdot V_{\text{água disp}} (mm^3)$$

Em resumo as equações utilizadas para obter o volume em L e a disponibilidade em percentual são exibidas abaixo:

TABELA 1 – Equações utilizadas no software

Reservatório	Cálculo disponibilidade em litros (L)	Cálculo disponibilidade em percentual (%)
Reservatório inferior	$V_{\text{água disp}}(L) = [9,63 - (3,12 \cdot h_{\text{vazio}})] \cdot 0,000001$	$Disp (\%) = 10,38 \cdot V_{\text{água disp}} (mm^3)$
Reservatório superior 1	$V_{\text{água disp}}(L) = [11,45 - (10,08 \cdot h_{\text{vazio}})] \cdot 0,000001$	$Disp (\%) = 8,73 \cdot V_{\text{água disp}} (mm^3)$
Reservatório superior 2	$V_{\text{água disp}}(L) = [11,45 - (10,08 \cdot h_{\text{vazio}})] \cdot 0,000001$	$Disp (\%) = 8,73 \cdot V_{\text{água disp}} (mm^3)$

- Apresentar alerta quando o nível do reservatório estiver muito baixo:

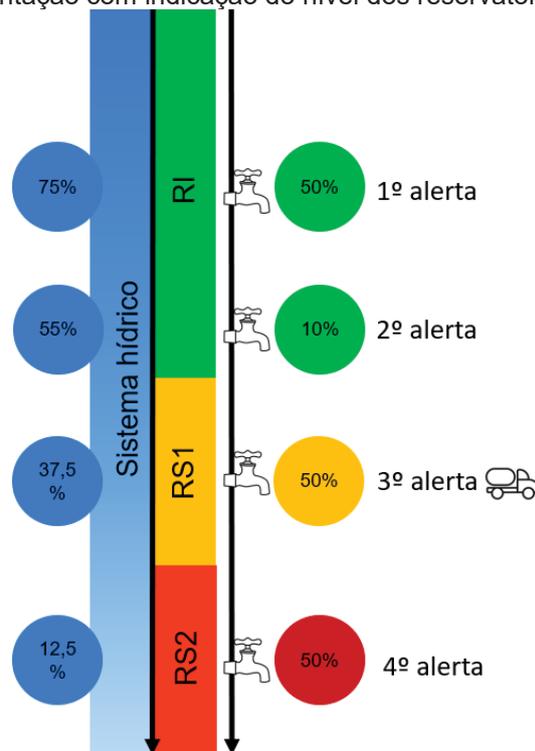
O reservatório inferior abastece os reservatórios superiores. Quando este estiver com nível de 50% da capacidade total, será acionada a notificação de que o abastecimento foi interrompido, avisando aos moradores sobre a importância de consumir de forma consciente. Neste instante o sistema hídrico (conjunto de reservatório inferior, reservatório superior 1 e reservatório superior 2) estará com 75% de capacidade.

Quando o reservatório inferior atingir 10% da capacidade será acionada a segunda notificação de alerta para o desabastecimento. Neste instante o sistema hídrico estará com 55% de capacidade.

O terceiro alerta será enviado quando o reservatório superior 1 estiver com 50% da capacidade total. Neste instante o sistema hídrico irá possuir 37,5% de capacidade. Ao optar por contratar caminhão pipa para abastecimento, este será o momento para solicitar sem taxas adicionais para abastecimento prioritário.

O quarto e último alerta será enviado quando o reservatório superior 2 estiver com 50% da capacidade total, o sistema hídrico estará com 12,5% da capacidade.

FIGURA 32 - Representação com indicação do nível dos reservatórios e os alertas



FONTE: AUTOR (2022).

- Apresentar alerta relacionado a bomba de recalque:

Em operação normal, quando há água disponível no reservatório inferior (RI) e os reservatórios superiores não estão cheios, a bomba de recalque é acionada para direcionar água para o reservatório superior 1.

Atualmente, quando há alguma falha no acionamento da bomba de recalque, os moradores identificam a falha quando toda a água dos reservatórios superiores acaba e o reservatório inferior mantém-se cheio.

A correta operação da bomba de recalque é essencial para manter a disponibilidade de água para os moradores.

É possível ativar uma notificação quando o nível dos reservatórios superiores estiver caindo e o nível do reservatório inferior manter-se alto. Dessa forma o síndico pode investigar possíveis falhas no acionamento e corrigi-las antes do desabastecimento de água.

No *software*, quando os reservatórios superiores 1 ou 2 apresentarem nível inferior a 50% e o reservatório inferior apresentar nível superior a 50%, será indicada a condição de falha na bomba de recalque.

- Apresentar alerta quando a qualidade da água não estiver adequada:

A sonda AcquaProbe-AP3 realiza o monitoramento em tempo real da qualidade da água. Como mencionado anteriormente, esta sonda possui capacidade de monitorar pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos e turbidez (ACQUA NATIVA MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2018). E para condomínio optou-se por realizar o monitoramento de pH, temperatura e turbidez.

O pH e a turbidez são indicativos importantes, principalmente após a limpeza da caixa de água e após reabastecimento. Em ambos os casos, impurezas que estavam presente nas tubulações e nas paredes do reservatório podem ser direcionadas para os pontos de uso (torneiras, chuveiros, máquina de lavar).

Os valores adequados de pH estão entre 6.0 e 9.0 (BRK, 2020), para valores fora desta faixa será acionada a notificação de alerta em relação a potabilidade da água.

Para turbidez, o valor indicado é inferior a 1.0 NTU, de acordo com a OMS. Dessa forma, se a sonda AcquaProbe-AP3 realizar a leitura de 1.0 NTU será acionada a notificação de alerta. Para valores acima de 1.5 NTU será acionada a notificação para o administrador, neste caso o síndico, para interromper a distribuição de água e verificar a necessidade de limpeza dos reservatórios.

Os valores de temperatura obtidos não interferem no fornecimento de água, são apenas valores informativos.

O banco de dados, com os as informações de qualidade de água, irá auxiliar também no planejamento da limpeza dos reservatórios. Alertar a necessidade de manutenção corretiva se houver alguma contaminação, por queda de animais ou sujeira, por exemplo.

De forma simplificada a Tabela 2 apresenta as funções de monitoramento disponíveis no sistema. Estas funções serão apresentadas aos usuários através da interface Web, apresentada a seguir.

TABELA 2 – Funções de monitoramento / alertas do sistema

Alerta / Notificação	Condição para acionar o alerta	Condição para retirar o alerta
Monitoramento nível dos reservatórios	Apresentar, em tempo real, a disponibilidade em percentual (%) e em litros(L) dos reservatórios.	
1º Alerta - Disponibilidade de 75%	Quando o sensor identificar que não houve aumento no nível do reservatório inferior, no período de duas horas (indica que o sistema não está sendo abastecido) e o nível do sistema é de 75%.	Quando o sensor identificar aumento do nível no reservatório inferior.
2º Alerta - Disponibilidade de 55%	Quando o sensor identificar que não houve aumento no nível do reservatório inferior, no período de duas horas (indica que o sistema não está sendo abastecido) e o nível do sistema é de 55%.	Quando o sensor identificar aumento do nível no reservatório inferior.
3º Alerta - Disponibilidade de 37,5%	Quando o nível do sistema é de 37,5%.	Quando o sensor identificar aumento do nível no reservatório inferior. Ou quando o nível do sistema for superior a 37,5%.
4º Alerta - Disponibilidade de 12,5%	Quando o nível do sistema é de 12,5%.	Quando o sensor identificar aumento do nível no reservatório inferior. Ou quando o nível do

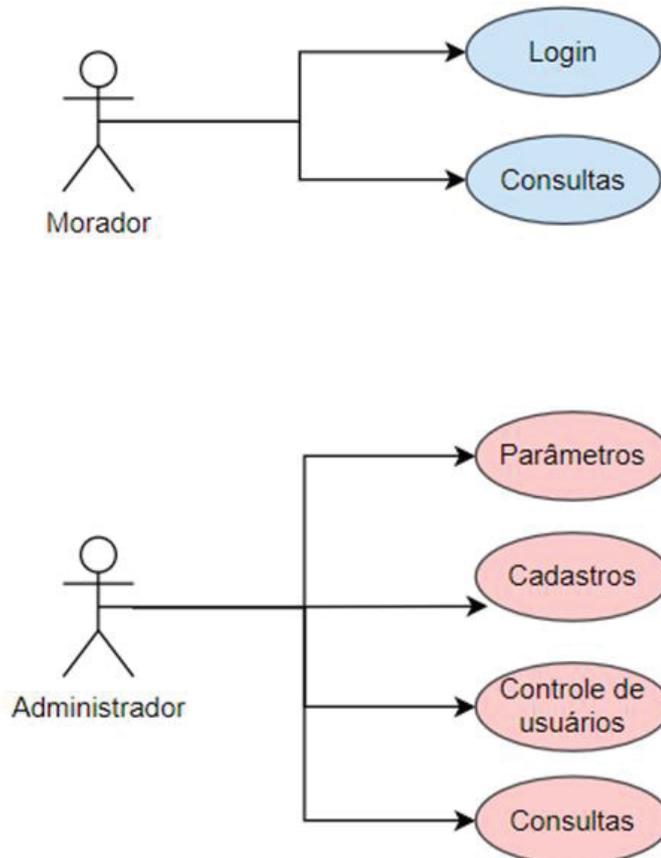
		sistema for superior a 12,5%.
Alerta bomba de recalque	Se o nível do reservatório inferior está acima de 50% e os reservatórios superiores 1 ou 2 estão com nível inferior a 50%. Indica que a bomba deveria ter sido acionada. Alerta somente para o Admin - Síndico	Quando a condição do sistema indicar que o nível dos reservatórios superiores está subindo.
Qualidade da água	Indicar na tela, em tempo real, o valor de temperatura, pH e turbidez.	
Alerta pH	Para valores de pH abaixo de 6.0 e acima de 9.0. Água não potável devido ao pH.	Quando o valor lido estiver na faixa de referência.
Alerta Turbidez	Para valores de turbidez acima de 1.0 NTU. Alerta para turbidez elevada.	Quando o valor lido estiver na faixa de referência.
Condição crítica Turbidez	Para valores de turbidez acima de 1.5 NTU. Água não potável devido a turbidez. Interromper a distribuição.	Quando o valor lido estiver na faixa de referência.

4.4.3. Interface Web

Esta é a parte onde o usuário irá interagir com o sistema. Será composto de uma página HTML e um aplicativo *mobile* (Android/IOS) onde haverá a parte de administração, para o cadastro dos parâmetros como identificação do edifício, dimensões dos reservatórios, vazão média, número de consumidores, controle de acesso, entre outros. Esta função será restrita.

Para os moradores em geral, também será disponibilizada página HTML e aplicativo *mobile* (Android/IOS) com os indicadores, previsão de consumo, nível em tempo real e alarmes de possível falta de água etc.

FIGURA 33 - Funcionalidades e usuários



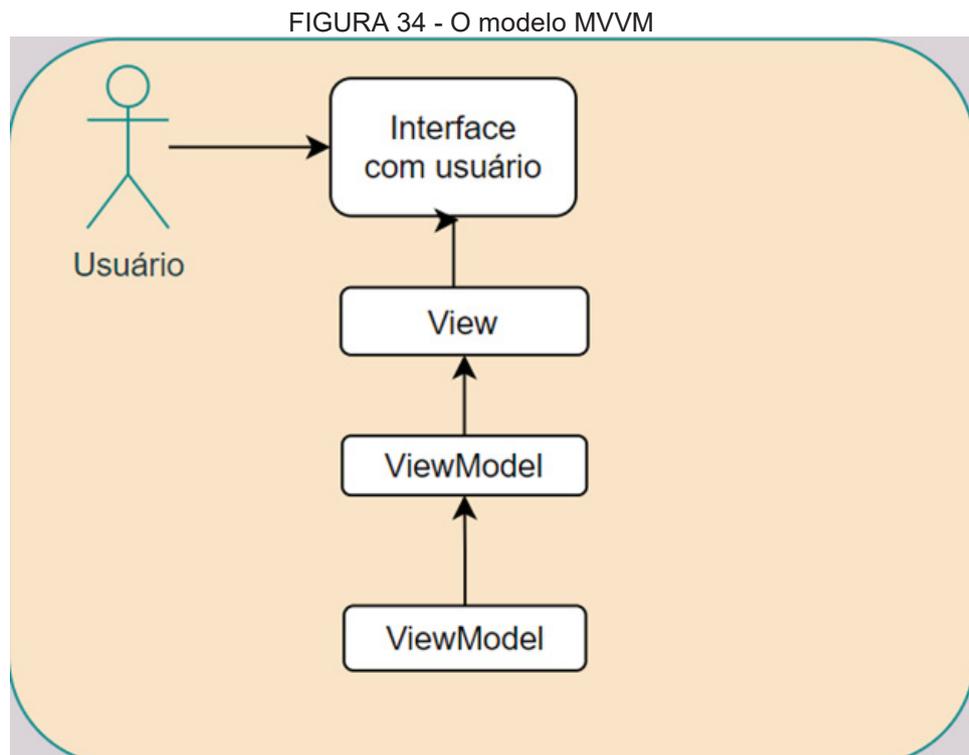
FONTE: OS AUTORES (2022).

O artigo propõe uma interface WEB, que é uma aplicação *Frontend* e *Backend* responsável por realizar toda a interação com o usuário final, que seja responsiva e amigável, utilizando os conceitos de “experiência do usuário”, de forma escalável, linguagem com vasta documentação e facilidade de consultorias e profissionais para suporte, manutenção e evolução (SOUZA, 2016).

O modelo de programação definido é o *Model-View-ViewModel* (MVVM), que foi criado em 2005, por John Gossman, um dos arquitetos do WPF e Silverlight na Microsoft. O MVVM é semelhante em alguns aspectos ao MVC (*Model View Controller*) e ao MVP (*Model View Presenter*), pode-se considerar que o MVVM é uma especialização do MVP adaptado para a arquitetura do WPF e Silverlight. O MVVM, visa estabelecer uma clara

separação de responsabilidades em uma aplicação WPF e Silverlight, criando blocos chamados contextos entre o Modelo de objetos e a *View* que é camada de interação com o usuário (DEVMIIDIA, 2022).

A Figura 34 representa o modelo MVVM e sua integração com os diversos componentes computacionais.



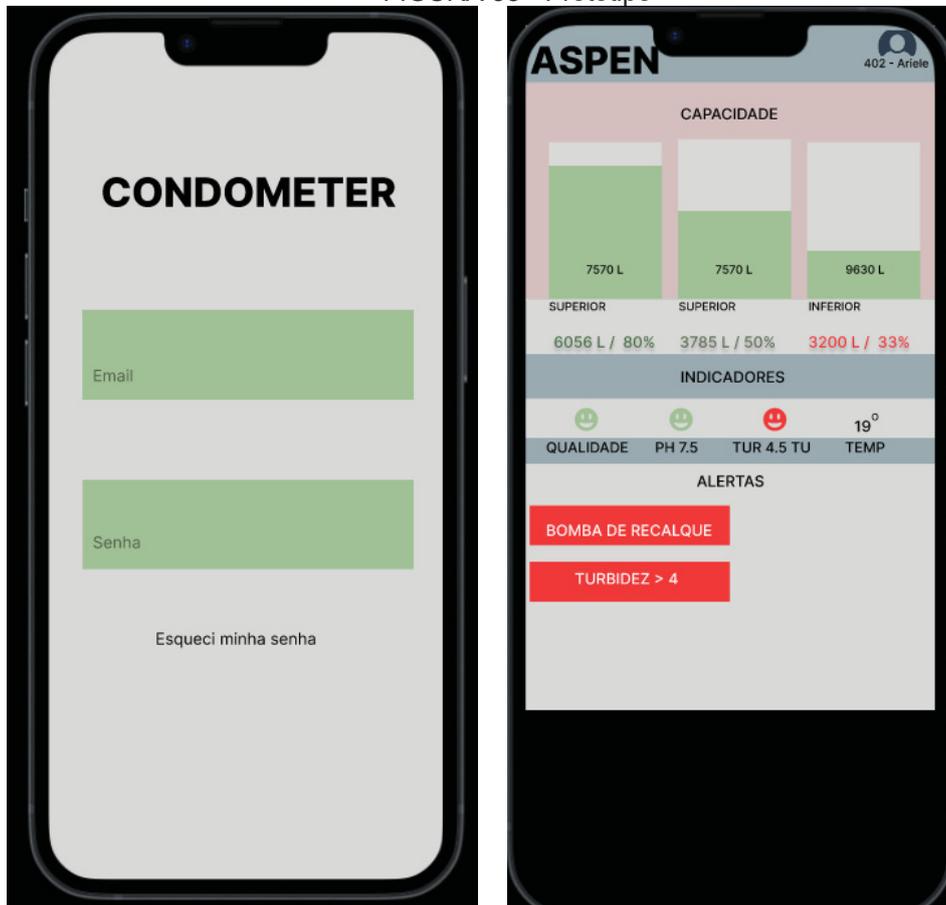
FONTE: AUTOR (2022)

A linguagem proposta é Java por ser uma das linguagens de programação mais populares e eficazes. É principalmente uma linguagem de programação *server side* e é usada para criar servidores *back-end* robustos, mas também é utilizada no desenvolvimento de aplicativos Android, sendo muito popular em aplicativos *mobile*, além de sua característica de integração multiplataforma para aplicações IOS e Android.

Java é uma linguagem orientada a objetos e baseada em classes, projetada de forma a ter o mínimo possível de dependências de implementação, o conceito de “gravar uma vez, executar em qualquer lugar”, Java *Codeshare*, no core do Java significa que ele tem vários usos, incluindo *software* de negócios, implantações web e móveis, etc. Java é conhecido principalmente por sua portabilidade, flexibilidade e capacidade de reutilização de código (BACKFORAPP, 2022).

A Figura 35 apresenta o protótipo de telas principais do aplicativo, mostrando os reservatórios, informações como qualidade da água, temperatura, turbidez, PH e alarmes seguindo o modelo proposto pelo artigo.

FIGURA 35 - Protótipo



FONTE: AUTOR (2022)

4.5. Viabilidade financeira

Para análise de viabilidade econômica, o artigo propõe o custo de implantação do sistema, custo fixo que será gerado e custos de *rollouts*.

Os valores encontrados para cada componente *hardware* e *software* estão descritos na Tabela 3, que mostra o investimento inicial para implementação no Edifício Aspen. O valor inicial abrange as horas de programação do sistema.

TABELA 3 – Relação de dispositivos necessários e valor

IMPLANTAÇÃO			
Componente	Unitário	Qtd	Total
Arduino UNO	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00
AcquaProbe-AP3	R\$ 300,00	1	R\$ 300,00
Sensor ultrassônico HC-SR04	R\$ 22,00	3	R\$ 66,00
Cabeamento	R\$ 10,00	8	R\$ 80,00
Programador WEB Hora	R\$ 120,00	40	R\$ 4.800,00
Programador Backend Hora	R\$ 130,00	60	R\$ 7.800,00
Hospedagem Cloud	R\$ 50,00	1	R\$ 50,00
			R\$ 13.196,00

Para as futuras instalações não estão previstas mais horas de programação, sendo o custo de implantação variando de acordo com a quantidade de reservatórios a serem monitorados e se a funcionalidade de monitoramento da qualidade da água também estará contemplada. A Tabela 4 mostra o valor base para uma nova instalação completa com 1 reservatório de água.

TABELA 4 – Valor base, aplicado para um reservatório

NOVAS INSTALAÇÕES			
Componente	Unitário	Qtd	Total
Arduino UNO	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00
AcquaProbe-AP3	R\$ 300,00	1	R\$ 300,00
Sensor ultrassônico HC-SR04	R\$ 22,00	1	R\$ 22,00
Cabeamento	R\$ 10,00	8	R\$ 80,00
Hospedagem Cloud	R\$ 50,00	1	R\$ 50,00
			R\$ 552,00

O modelo de contratação do serviço é baseado na compra dos equipamentos pelo cliente, e todo o suporte, hospedagem e tratamento dos dados serão monetizados mensalmente por assinatura, com valor inicial estimado para monitoramento de nível ou qualidade em R\$100,00, acrescido de 10% para cada reservatório adicional. Para o pacote completo, é estimada a assinatura no valor de R\$ 130,00 com adicional de 10% para cada reservatório adicional.

Considerando uma taxa de retorno de 40% de lucro sobre o valor das assinaturas, visando o retorno do investimento em 12 meses, serão necessários 30 clientes pagantes de assinatura mínima por 12 meses.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Contribuir para melhor planejamento e tomada de decisão, em relação a disponibilidade e qualidade de água, no Condomínio Edifício Aspen.

Obter a previsibilidade de 100% dos casos de desabastecimento, seja este decorrente de racionamento, interrupção no fornecimento da concessionária ou falha nos dispositivos de acionamento e controle do sistema hídrico.

Permitir o planejamento e acionar o caminhão pipa no momento adequado. Solicitar o abastecimento via caminhão pipa apenas quando necessário, em período hábil para que o condomínio não fique totalmente sem água. E para que não seja necessário o pagamento de taxas adicionais, para solicitar prioridade no atendimento.

Em todo instante ter informações referente a qualidade da água distribuída promove segurança em consumir e utilizar a água do condomínio em eletrodomésticos. As informações podem indicar possível contaminação (por sujeira, queda de animais, enchentes, entre outros) e necessidade de limpeza dos reservatórios, mesmo antes do período agendado.

Incentivar a mudança no comportamento de consumo dos moradores, principalmente durante período de racionamento ou período de desabastecimento. Com informações sobre a disponibilidade do sistema hídrico do condomínio, há expectativa de que o período para esvaziar as reservas hídricas seja 10% maior.

6. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu realizar a pesquisa sobre a crise hídrica e os impactos do racionamento em condomínios residenciais. Bem como a pesquisa sobre os elementos IoT e os blocos básicos que compõem a tecnologia. Foi possível identificar os elementos do sistema hidráulico de um condomínio para analisar a melhor maneira de monitorar e, futuramente, automatizar os acionamentos deste.

Relacionado a crise hídrica, foi realizado o estudo de caso para o Condomínio Edifício Aspen, com a proposta de projeto para monitorar o nível e a qualidade da água. Através do projeto, é possível antecipar 100% das ocasiões de desabastecimento de água, com alertas para informar sobre a disponibilidade dos reservatórios e motivar o consumo consciente. A fim de expandir o período de reserva de água e de auxiliar no planejamento para solicitar caminhões pipa.

A informação, em tempo real, sobre a disponibilidade de água nos reservatórios e a qualidade da água distribuída, permite que todos os moradores do condomínio conheçam a situação. Acompanhar a disponibilidade de água nos reservatórios incentiva o consumo consciente, pois a ação individual de reduzir o consumo beneficia o coletivo do condomínio. E verificar, através da plataforma, que o conjunto de ações está impactando a disponibilidade irá incentivar ainda mais.

O sistema de monitoramento proposto também irá auxiliar no planejamento e tomada de decisão do síndico. É possível identificar falhas em acionamento ou mecanismos de controle de nível dos reservatórios. Também será possível monitorar a disponibilidade de água e planejar ações para reduzir impactos negativos aos moradores. Utilizar as informações e o banco de dados concede maior credibilidade à administração do condomínio.

6.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Utilizar algoritmos para identificar o padrão de consumo do condomínio para estimar o tempo de reserva de água, de acordo com a disponibilidade, e gerar alertas em relação a possíveis vazamentos;
- Instalação de medidores individuais. Para auxiliar na coleta de dados e para sinalizar se há disparidade entre o consumo dos moradores, principalmente em período de racionamento
- Automatizar o acionamento das bombas de recalque de acordo com os sensores de nível utilizados no projeto.
- Monitorar demais dispositivos do condomínio, em categorias como instalações elétricas, conjunto de equipamentos relacionados ao elevador. Para auxiliar na manutenção e identificação de falhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUA NATIVA MONITORAMENTO AMBIENTAL (São Paulo - Sp). **Sonda Multiparâmetros para Água AcquaProbe-AP3**. Disponível em: <https://www.acquanativa.com.br/produtos/sonda-multiparametros-acqua-probe.html>. Acesso em: 03 nov. 2022.

ALMEIDA, Giovanni Maraschine de. **SISTEMAS HIDRÁULICOS PREDIAIS: UM NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22576/3/SistemasHidr%C3%A1ulicosPrediais.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

ARDUINO.CC (org.). **Arduino IDE 1**. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1>. Acesso em: 02 nov. 2022.

BAPTISTA, Octávio Glauco Soares; NASCIMENTO, Lucio Fabio Cassiano. **Água potável: escassez e gestão do consumo em condomínios residenciais metropolitanos / drinking water**. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 8384-8397, 1 fev. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n1-563>. Disponível em: https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Artigo_Agua-potavel_escassez-e-gestao-do-consumo-em-condominios.pdf. Acesso em: 23 set. 2022.

BELVEDERE, Paulo. **ARDUINO UNO: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES**. 1ª ed. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2017.

BONIFÁCIO, Cássia Maria; NÓBREGA, Maria Teresa de. **PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA NO MONITORAMENTO AMBIENTAL**. Recursos Hídricos: gestão, planejamento e técnicas em pesquisa, [S.L.], p. 219-232, 2021. Editora Científica Digital. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.37885/210805810>. Acesso em: 14 out. 2022

BRK (org.). **Quais são os critérios da potabilidade da água para um consumo seguro?** 2020. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/potabilidade-da-agua/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

CARNEIRO, Lilian Carla. Vita et Sanitas, Trindade-Go, jan.-dez./2009. **Estudo Parasitológico em caixas d'água e torneiras residenciais na cidade de Morrinhos-Go.** Vita Et Sanitas, Trindade - Go, v. 3, p. 110-121, 01 dez. 2009. Disponível em: <http://fug.edu.br/revistas/index.php/VitaetSanitas/article/view/94/77>. Acesso em: 11 out. 2022.

CARVALHO, Terciane Sabadini; VALE, Vinicius de Almeida; SOUZA, Kênia Barreiro de. Impactos Econômicos da Crise Hídrica na Região Metropolitana de Curitiba em 2020. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba - Pr, v. 42, n. 140, p. 107-122, junho, 2022.

CLARK, Mariana. **As 10 melhores linguagens de programação para fazer aplicações.** Disponível em: <https://blog.back4app.com/pt/linguagens-de-programacao-para-fazer-aplicativos/#Javanbsp>. Acesso em: 04 nov. 2022.

DEVMEDIA (org.). **Entendendo o Pattern Model View ViewModel MVVM.** Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/entendendo-o-pattern-model-view-viewmodel-mvvm/18411>. Acesso em: 04 nov. 2022.

ECCOCLEAN (São Paulo). **LIMPEZA DE CAIXA D'ÁGUA DE CONDOMÍNIOS SP.** Disponível em: <https://www.eccocleandedetizacao.com.br/limpeza-caixa-dagua-condominios-sp.php>. Acesso em: 04 nov. 2022.

ELIPSE SOFTWARE (Santa Catarina. Brasil). **ELIPSE E3 PROPORCIONA MAIOR ECONOMIA DE ÁGUA E ENERGIA NO OFFICE GREEN, EM PALHOÇA (SC).** Disponível em: <https://www.elipse.com.br/case/elipse-e3-proporciona-maior-economia-de-agua-e-energia-no-office-green-em-palhocasc/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

FEITAL, João Carlos de Campos; SPERS, Eduardo Eugênio; NETTO, Arsênio F. de Novaes; SPERS, Valéria Rueda Elias; PONCHIO, Mateus Canniatti. **O Consumo Consciente da Água: um Estudo do Comportamento do Usuário Doméstico.** Curitiba - Pr: Ema, 2008. 16 p. Disponível em: <https://spers.pro.br/site/wp-content/uploads/2021/05/2008-O-Consumo-Consciente-da-Agua.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

FERNANDES, Neemias Cintra; SCALIZE, Paulo Sergio. COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA. **Ciência & Engenharia.** Goiânia, p. 85-93. jul. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301599563_Comparacao_entre_dois_metodos_para_determinacao_da_qualidade_da_agua_tratada . Acesso em:04 out. 2022.

FILIPEFLOP. Portal Maker. **Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04.** Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>. Acesso em: 09 nov. 2022.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GONCHOROSKY., Julio. **Com previsão de chuvas abaixo da média, Primavera começa com dois terços do Paraná em estiagem.** 2021. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-previsao-de-chuvas-abaixo-da-media-Primavera-comeca-com-dois-tercos-do-Parana-em>. Acesso em: 20 jun. 2022.

GONSALVES, Anderson. **Paraná tem quase 40% de municípios com déficit de fornecimento de água.** 2020. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/parana/relatorio-deficit-fornecimento-agua-parana/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

HORA, Karla Emmanuela Ribeiro; MARTINES, Maurício Sales. **Artigo: Crise Hídrica ou Escassez de Água? Quem sofre com a falta d'água?** 2017. Disponível em: <https://jornal.ufg.br/n/100573-artigo-crise-hidrica-ou-escassez-de-agua-quem-sofre-com-a-falta-d-agua>. Acesso em: 20 set. 2022.

MARENGO, José Antônio. **Água e mudanças climáticas**. Estudos Avançados 22. São Paulo. 2008. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2008/Marengo_x1a.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

MATUZAK, Thais. **Tudo o que o síndico precisa saber sobre bombas d'água**. 2018. Disponível em: <https://www.sindiconet.com.br/informese/tudo-sobre-bombas-d-agua-em-condominios-manutencao-bombas-dagua>. Acesso em: 20 out. 2022.

OLIVEIRA, Ana Paula Nunes de; HENKES, Jairo Afonso. CONDOMÍNIOS SUSTENTÁVEIS: DESAFIOS DA ESCASSEZ DOS RECURSOS NATURAIS. **Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 602-625, 1 mar. 2016. Semestral. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3227/2300. Acesso em: 05 out. 2022.

PEREIRA, Caio. **Instalações Hidráulicas**. 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/instalacoes-hidraulicas/>. Acesso em: 21 out. 2022.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA (Brasil). **Sensor de última geração mede qualidade da água sem usar químicos**. 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/sensor-qualidade-agua-sem-quimicos/>. Acesso em: 28 ago. 2022.

RICHARD CONNOR (ed.). **ÁGUA E MUDANÇA CLIMÁTICA**: relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2020. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020. 2020. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372876_por. Acesso em: 20 set. 2022.

RODRIGUES, Janelize. **Vamos debater? A atual crise hídrica em Curitiba e reflexões sobre o Plano de Urbanização de 1943.** 2021. Disponível em: <https://www.observatoriodoespacopublico.com/post/crise-h%C3%ADdrlica-em-curitiba-e-reflex%C3%B5es>. Acesso em: 20 set. 2022.

SANITÁRIA, Centro de Vigilância. **A Portaria CVS nº 5/2013 e a limpeza de caixa d'água e higienização de reservatórios, o que você precisa saber?** 2020. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/servicos-de-higiene-em-sistemas-de-agua/a-portaria-cvs-no-5-2013-e-a-limpeza-de-caixa-dagua-e-higienizacao-de-reservatorios-o-que-voce-precisa-saber/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20Art,sujeira%2C%20enchentes%2C%20entre%20outros..> Acesso em: 20 out. 2022.

SANTOS, Bruno P. *et al.* **Internet das Coisas: da teoria à prática. da Teoria à Prática.** 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

SIGMA SENSORS (São Paulo). **Sonda Multiparamétrica de Qualidade de Água com Bluetooth Operável Via Celular Android Aqua Troll 600.** 2022. Disponível em: <https://sigmasensors.com.br/produtos/sonda-multiparametrica-de-qualidade-de-agua-com-bluetooth-operavel-via-celular-android-aqua-troll-600>. Acesso em: 28 ago. 2022.

SILVA, Agny Diego Cunha da; ROCHA, Leonardo Viana; MACHADO, Andrea Pereira; GUTIERREZ, Dione Margarete Gomes; SANTOS, Leonardo Sousa dos; GUTIERREZ, Carlos Benedito Barreiros. **Sistema de automação para captação de águas pluviais e gerenciamento hídrico residencial utilizando aplicativo móvel.** *Espacios*, v. 38, n. 19, p. 31-43, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n19/a17v38n19p31.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

SILVA, J. T. da; LIMA, G. F. de. **CONTROLE E MONITORAMENTO DE NÍVEL UTILIZANDO O ARDUINO UNO**. In: **IX CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA**, 2014, São Luís - MA. Iniciação científica. Natal - RN, 2014. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/producao-cientifica/2014/connepi/artigo>. Acesso em: 06 nov. 2022.

SODRÉ, Virgínia Dias de Azevedo. **Conscientização sobre os recursos hídricos nos condomínios**. 2021. Disponível em: <https://condomeeting.com.br/conscientizacao-sobre-os-recursos-hidricos-nos-condominios/>. Acesso em: 21 set. 2022.

SOUZA, Ivo Martins de; OLIVEIRA, Rodolfo Francisco de. **SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA - AQUAMEASURE**. 2018. TCC - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Hortolândia - Sp, 2018. Disponível em: https://hto.ifsp.edu.br/portal/images/thumbnails/images/IFSP/Cursos/Coord_ADS/Arquivos/TCCs/2017/TCC_Ivo_Martins_de_Souza_A1420216.pdf. Acesso em: 06 nov. 2022.

SUZUKI, Arq. Ronaldo Takeshi. **Dimensionamento de Reservatórios**. 2008. Disponível em: <https://www.suzuki.arq.br/unidadeweb/aula%209/aula9.htm>. Acesso em: 20 out. 2022.

TECLAB - TECNOLOGIA EM ANÁLISES LABORATORIAIS (Brasil). **Análise de Água**. 2018. Disponível em: <https://www.teclabambiental.com.br/analise-agua>. Acesso em: 03 nov. 2022.

THIAGO, André. **GOVERNO DECRETA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA HÍDRICA EM TODO O PARANÁ**. 2021. SANEPAR. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Galeria-de-Imagens/Governo-decreta-situacao-de-emergencia-hidrica-em-todo-o-Parana>. Acesso em: 10 ago. 2022.

TONON, Lucinéia Aparecida Cestari; BRANCO, Ivanise Guilherme; PIERETTI, Gabriella Giani; SELOIN, Vanessa Jurca; BERGAMASCO, Rosangela; MADRONA, Grasielle Scaramal; MOURA, Marcella Machado; SCAPIM, Monica Regina da Silva. **ANÁLISE DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**. Revista Tecnológica, Maringá, v. 22, p. 35-41, jun. 2013.

TRATA BRASIL - SANEAMENTO E SAÚDE (Brasil). **Curitiba - Avanços em Saneamento Básico**. 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/curitiba/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

TURCU, C., TURCU, C. and GAITAN, V. (2012). **An Internet of Things Oriented Approach for Water Utility Monitoring and Control**. ECC'12 Proceedings of the 6th WSEAS European Computing Conference, p. 175–180.

VALSECHI, Julia. **CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA, CONDOMÍNIOS, SUSTENTABILIDADE**. 2021. Disponível em: <https://epec-ufsc.com.br/categoria/captacao-de-agua-da-chuva/>. Acesso em: 21 out. 2022.

VIANA, Dandara. **Instalações prediais de água fria: dimensionamento**. 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/instalacoes-agua-fria/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

WILDAUER, Egon Walter. **Programa de Pós-Graduação Engenharia Mecânica: administrando indústria 4.0**. Administrando Indústria 4.0. 2020. Disponível em: https://ufprbr0.sharepoint.com/:b:/s/TurmaPs20-2/EWKW79zukk1Jr8_BlvUj1d8BBoRb22aALCDDT3zISIN4u6g?e=J5LlIm. Acesso em: 20 set. 2022.

WWAP (2016). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2016: água e emprego, fatos e números; 2016.