



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

IGOR ANTÔNIO DE PAIVA BRANDÃO

**SISTEMA INTELIGENTE PARA AUTOMAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DO
CAMPUS DA UFCG DE CAMPINA GRANDE**

CAMPINA GRANDE - PB

JULHO 2019

IGOR ANTÔNIO DE PAIVA BRANDÃO

**SISTEMA INTELIGENTE PARA AUTOMAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DO CAMPUS
DA UFCG DE CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, para
encerramento do componente curricular e conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Dayse Luna Barbosa

Co-orientador: Ms. Antônio Leomar Ferreira Soares

CAMPINA GRANDE - PB

JULHO 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: PROJETO DE PESQUISA APLICADA

FOLHA DE APROVAÇÃO

SISTEMA INTELIGENTE PARA AUTOMAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DO
CAMPUS DA UFCG DE CAMPINA GRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Igor Antônio de Paiva Brandão
Orientando

Dayse Luna Barbosa
Orientadora

Antônio Leomar Ferreira Soares
Co - Orientador

Andréa Carla Lima Rodrigues
Examinadora

Yuciara Barbosa Costa Ferreira
Examinadora

NOTA: _____

Campina Grande, julho de 2019

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Tânia Cláudia Bandeira de Paiva, e às minhas irmãs Jéssica Patrícia Paiva dos Santos e Naira Letícia Paiva dos Santos, por me apoiarem desde o início dessa caminhada me provendo amor, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por ter cuidado da minha família e das pessoas que amo, ter me dado saúde e ter me iluminado e abençoado, para que só assim eu pudesse chegar ao final desse curso.

Agradeço à minha mãe, Tânia Cláudia Bandeira de Paiva, por me dar e dar à minhas irmãs amor incondicional, deixando suas liberdades e vontades para que os filhos tivessem o melhor. Nos criou e cria sozinha, de forma magnífica e exemplar. É meu exemplo de pessoa e de empatia, que sempre me mostra o melhor caminho e que tem uma paciência enorme.

Às minhas irmãs, Jéssica Patrícia Paiva dos Santos e Naira Letícia Paiva dos Santos, por sempre me encherem de amor e carinho, além de sempre me aguentar nos dias mais turbulentos.

À minha namorada, Yasmim Torres Nobre Monteiro, por todo seu amor, carinho e paciência dados todos os dias. Muito obrigado por acreditar que eu posso ser mais.

À minha orientadora, Dayse Luna Barbosa, que me acolheu como um filho e me ajudou durante todo o curso.

Ao meu co-orientador, Antônio Leomar Ferreira Soares, por ter me guiado no desenvolvimento de todo o trabalho e me presenteado com ensinamentos durante o percurso.

À Luísa Eduarda Lucena de Medeiros por todo o auxílio e paciência para me ajudar no decorrer desse trabalho.

A todos os amigos de graduação, sem a ajuda deles eu não conseguiria concluir esse curso.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, pelos excelentes ensinamentos.

À professora Andréa Carla e à Yuciara Barbosa, componentes da banca examinadora, pela contribuição nesse trabalho.

A todos que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho e da minha formação.

RESUMO

A escassez dos recursos hídricos e a crescente demanda por estes contribuem para o surgimento de novas tecnologias que permitam maior controle e monitoramento das demandas de consumo. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo de medição inteligente de água de baixo custo, visando o monitoramento automatizado de consumo. A pesquisa foi desenvolvida no Campus central da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sendo o desenvolvimento do protótipo micromedidor realizado com a utilização da linguagem de programação própria do Arduino e microcontrolador tipo NodeMCU com Wi-Fi integrado; o sensor de fluxo foi do tipo turbina com contagem de pulsos, além dos acessórios necessários ao funcionamento. O custo do medidor inteligente para consumo de água foi baixo, entre R\$ 100,30 e R\$ 156,70, valores inferiores ao apresentado por Horsburgh et al (2017) de aproximadamente R\$ 485,00. Os medidores automatizados foram instalados nos blocos Prefeitura Universitária, Reitoria, Laboratório de Hidráulica I (BU), Laboratório de Hidráulica II (CR) e Laboratório de Pavimentos (LEP) da instituição de ensino e em pontos hidráulicos de consumo individualizado do Bloco BU (chuveiro, lavatório, mictório, bacia sanitária e pia da cozinha). Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios, constatou-se que o prédio com maior consumo é a Prefeitura Universitária devido ao uso do chuveiro pelos trabalhadores de infraestrutura ao final do expediente. O segundo bloco com maior consumo foi a Reitoria, explicado pela alta rotatividade de pessoas e o funcionamento nos três turnos e muitas vezes até durante a madrugada. O LEP é o terceiro prédio com maior consumo, entre os estudados, o que pode ser justificado devido ao aparelho destilador que é usado nesse bloco. Por último, os blocos mais poupadores de água são BU e CR devido ao reuso de água da chuva em ambos. Para as peças individuais, o maior consumo foi da pia da copa 45%, seguido da bacia sanitária 43% e depois o lavatório do banheiro 12%, valores divergentes do apresentado pela literatura que indicam a bacia sanitária como o aparelho de maior consumo. Conclui-se que o monitorando as curvas geradas foi possível observar o padrão de consumo dos blocos e das peças, além de identificar os blocos e peças com maiores registros.

Palavras-chave: micromedição de água, gestão de demanda, medição inteligente.

ABSTRACT

The scarcity of water resources and the increasing demand for these ask for an emergence of new technologies that allow greater control and monitoring of consumption demands. Thus, this work aims to develop a low-cost intelligent water metering device, aiming at the automated monitoring of consumption. The research was developed in the central Campus of the Federal University of Campina Grande (UFCG). The development of the micromedidor prototype was carried out using Arduino's own programming language and NodeMCU microcontroller with integrated Wi-Fi; the flow sensor was of the turbine type with pulse counting, in addition to the necessary accessories for the operation. The automated meters were installed at the University's City Hall, Rectory, in the blocks BU, CR and LEP, specifically in the BU block the automated meters were installed in hydraulic points of individual consumption (shower, washbasin, urinal, sanitary basin and kitchen sink). The results obtained were satisfactory, mainly in the building with the highest consumption, that is the University City Hall due to the use of the shower by the infrastructure workers at the end of the day. The second block with higher consumption was the Rectory, explained by the high turnover of people and the operation in the three shifts and often until dawn. The LEP is the third building with the highest consumption, among those studied, which can be justified due to the distillation appliances that are used in this block. Finally, the most water-saving blocks are BU and CR due to the reuse of rainwater in both. For the individual pieces, the highest consumption was of the crown sink 45%, followed by the sanitary basin 43% and then the bathroom's lavatory 12%, values divergent of the presented in the literature that are of 17%, 29%, and 6% respectively. Therefore, it was possible to develop an intelligent meter for water consumption and lower the cost, ranging from R\$ 100.30 and R\$ 156.70, lower values than that presented by Horsburgh et al. (2017) of approximately R\$ 485.00. The facilities of the prototypes in the buildings: City Hall, Rectory, BU, LEP and CR were completed in addition to the installation in the internal points of BU Block. By monitoring the generated curves it was possible to observe the pattern of consumption of the blocks and the pieces, besides identifying the blocks and pieces with higher registers.

Key words: micromediation, automation, demand management, smart meter.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Perfil de consumo de água residencial | 24 |
| Figura 2 - Subsistemas de telemetria..... | 28 |
| Figura 3 - Esquema do monitoramento do processo | 29 |
| Figura 4 - Equipamentos para a realização do envio, captação e organização dos dados..... | 29 |
| Figura 5 - Etapas desenvolvidas na metodologia desse trabalho | 31 |
| Figura 6 - Esquema para desenvolvimento do sistema inteligente..... | 32 |
| Figura 7 - Divisão dos protótipos de acordo com o circuito utilizado em cada ponto de medição..... | 36 |
| Figura 8 - Linguagem de programação e a IDE do próprio Arduino | 37 |
| Figura 9 - Home page do SIGA | 38 |
| Figura 10 - Características gerais da Universidade | 39 |
| Figura 11 - Relatório em tabela do consumo | 40 |
| Figura 12 - Relatório do bloco | 40 |
| Figura 13 - Localização das edificações no Campus Campina Grande | 41 |
| Figura 14 - Blocos que receberam os medição automatizada | 43 |
| Figura 15 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 1 | 47 |
| Figura 16 - Protótipos com circuitos tipo 1 instalados nos três prédios..... | 47 |
| Figura 17 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 2 | 49 |
| Figura 18 - Protótipos com circuitos tipo 2 instalados nas peças..... | 50 |
| Figura 19 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 3 | 51 |
| Figura 20 - Protótipos com circuitos tipo 3 instalados nos dois prédios | 52 |
| Figura 21 - Curvas de consumo diário | 53 |
| Figura 22 - Consumo detalhado do dia 14/10 até dia 21/10..... | 53 |
| Figura 23 - Consumo detalhado do dia 19/06/19 até dia 27/06/19 | 54 |
| Figura 24 - Consumo detalhado Prefeitura dia 19/06/2019 | 54 |
| Figura 25 - Consumo detalhado data 08/08/18 | 55 |
| Figura 26 - Consumo detalhado data 01/10/18 | 55 |
| Figura 27 - Consumo diário da Reitoria do dia 04/06/19 a 27/06/19..... | 56 |
| Figura 28 - Consumo detalhado por hora da Reitoria do dia 04/06/19 a 27/06/19 | 56 |
| Figura 29 - Máximo consumo registrado na Reitoria, data 13/06/2019 209 litros entre 10 e 11 horas da manhã..... | 57 |
| Figura 30 - Consumo detalhado da Reitoria data: 27/06/19..... | 58 |
| Figura 31 - Consumo detalhado da Reitoria data: 23/06/19..... | 58 |
| Figura 32 - Consumo detalhado do Bloco CR de 10/06/19 a 27/06/19..... | 59 |
| Figura 33 - Consumo diário do Bloco CR de 10/06/19 a 27/06/19..... | 59 |
| Figura 34 - Consumo detalhado do Bloco CR data: 10/06/2019..... | 60 |
| Figura 35 - Consumo detalhado do Bloco CR data: 17/06/2019..... | 60 |
| Figura 36 - Consumo diário do LEP de 04/06/19 a 27/06/19 | 61 |
| Figura 37 - Consumo detalhado LEP dia 11/06/19 | 61 |
| Figura 38 - Consumo detalhado LEP dia 25/06/19 | 62 |
| Figura 39 - Consumo detalhado LEP de 11/06/19 a 17/06/19 | 62 |
| Figura 40 - Consumo diário bloco BU 11/06/2019 a 27/06/2019..... | 63 |
| Figura 41 - Consumo detalhado do Bloco BU dia 17/06/2019 | 64 |
| Figura 42 - Consumo detalhado do Bloco BU de 12/06/2019 a 16/06/2019 | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 43 - Consumo diário pluvial Bloco BU de 19/06/2019 a 27/06/2019 | 65 |
| Figura 44 - Consumo diário pluvial Bloco BU de 19/06/2019 a 27/06/2019 | 66 |
| Figura 45 - Consumo pluvial detalhado do Bloco BU entre 19/06/2019 e 27/06/2019 | 66 |
| Figura 46 - Consumo pluvial detalhado do Bloco BU no dia 26/06/2019 | 67 |
| Figura 47 - Consumo da pia copa entre 19/06/2019 e 27/06/2019..... | 68 |
| Figura 48 - Consumo diário da pia copa do dia 19/06/2019 a 27/06/2019 | 68 |
| Figura 49 - Consumo detalhada da pia da copa do dia 19/06/2019 a 27/06/2019..... | 69 |
| Figura 50 - Consumo detalhado da pia copa no dia 27/06/2019 | 69 |
| Figura 51 - Consumo pia banheiro entre 19/06/2019 e 27/06/2019 | 70 |
| Figura 52 - Consumo pia banheiro entre 19/06/2019 e 27/06/2019..... | 70 |
| Figura 53 - Consumo detalhado pia banheiro entre 19/06/2019 e 27/06/2019 | 71 |
| Figura 54 - Consumo detalhado da pia banheiro dia 27/06/2019..... | 71 |
| Figura 55 - Consumo mictório do dia 19/06/2019 a 27/06/2019 | 72 |
| Figura 56 - Consumo diário sanitário de 19/06/2019 a 27/06/2019..... | 72 |
| Figura 57 - Consumo diário sanitário de 19/06/2019 a 27/06/2019..... | 73 |
| Figura 58 - Consumo detalhado do sanitário de 19/06/2019 a 27/06/2019..... | 73 |
| Figura 59 - Consumo detalhado do sanitário no dia 21/06/2019..... | 74 |
| Figura 60 - Consumo chuveiro de 19/06/2019 a 27/06/2019 | 74 |
| Figura 61 - Comparação das peças que possuem consumo mais elevado..... | 75 |
| Figura 62 - Comparação de consumo entre Prefeitura e Reitoria | 76 |
| Figura 63 - Comparação de consumo entre LEP e BU no período de 19/06/2019 a 27/06/2019 | 77 |
| Figura 64 - Comparação de consumo entre Prefeitura, Reitoria, LEP, BU E CR no período de 19/06/2019 a 27/06/2019..... | 78 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores aproximados de consumo | 24 |
| Tabela 2 - Estimativa de desperdício por peça..... | 25 |
| Tabela 3 - Principais ações de controle de água realizadas no campus sedem da UFCG | 26 |
| Tabela 4 - Descrição dos componentes utilizados..... | 33 |
| Tabela 5 - Valores estimados de consumo de alguns prédios | 43 |
| Tabela 6 - Preços dos componentes utilizados no hidrômetro digital | 45 |
| Tabela 7 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 1 | 46 |
| Tabela 8 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 2 | 48 |
| Tabela 9 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 3 | 51 |
| Tabela 10 - Consumo diário de água da companhia de 19/06/2019 a 27/06/2019..... | 64 |
| Tabela 11 - Consumo médio total do Bloco BU entre 19/06/2019 e 27/06/2019 | 67 |
| Tabela 12 - Consumo das três peças que mais consomem no bloco | 75 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
DAT - Documentos Técnicos de Apoio
EMR - Elemento de Medição Remota
GDA – Gestão da Demanda de Água
GND – Graduated Neutral Density Filter
GOA – Gestão Orientada ao Abastecimento
IDE – Integrated Development Environment
LCD – Liquid Crystal Display
NTP - Network Time Protocol
OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development
PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNRH - Política Nacional dos Recursos Hídricos
PURA - Programa de Uso Racional de Água
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SCL – Clock Line
SDA – Data Line
SIGA – Sistema de Gerenciamento de Água
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFBA - UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UFMG – Universidade Federal de Campina Grande
USP - Universidade de São Paulo
VCC – Voltagem em Corrente Contínua

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. | OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 | Objetivo Geral | 15 |
| 2.2 | Objetivos Específicos..... | 15 |
| 3. | JUSTIFICATIVA | 16 |
| 4. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 17 |
| 4.1 | Gestão da demanda de água – GDA..... | 17 |
| 4.2 | Ambientes públicos e o gerenciamento da demanda..... | 21 |
| 4.3 | Consumo de peças individuais | 24 |
| 4.4 | Análise das medidas adotadas para o uso racional da água na UFCG | 25 |
| 4.5 | Sistemas Inteligentes de medição..... | 26 |
| 4.6 | Instalação dos equipamentos de medição remota..... | 28 |
| 4.7 | Sistemas inteligentes desenvolvidos..... | 30 |
| 5. | METODOLOGIA..... | 31 |
| 5.1 | Desenvolvimento do protótipo | 32 |
| 5.1.1 | Hardware para a coleta de dados | 33 |
| 5.1.2 | Software: programação do hidrômetro | 37 |
| 5.2 | Apresentação do SIGA..... | 38 |
| 5.3 | Área de estudo | 41 |
| 5.3.1 | Prefeitura Universitária | 41 |
| 5.3.2 | Reitoria | 42 |
| 5.3.3 | Laboratório de Engenharia de Pavimentos e Geotecnia – LEP | 42 |
| 5.3.4 | Laboratório de Hidráulica I – Bloco CR..... | 42 |
| 5.3.5 | Laboratório de Hidráulica II – Bloco BU | 42 |
| 5.4 | Coleta, processamento e medição de consumo | 44 |
| 5.4.1 | Coleta e processamento de dados..... | 44 |
| 5.4.2 | Medição de consumo | 44 |
| 6. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 45 |
| 6.1 | Resultados referentes a elaboração dos circuitos e instalações..... | 45 |
| 6.2 | Resultados referentes ao monitoramento das edificações | 52 |
| 6.2.1 | Prefeitura Universitária..... | 52 |
| 6.2.2 | Reitoria | 56 |
| 6.2.3 | Laboratório de Hidráulica I – Bloco CR..... | 58 |
| 6.2.4 | Laboratório de Engenharia de Pavimentos e Geotecnia – LEP | 60 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.2.5 | Laboratório de Hidráulica II – Bloco BU | 63 |
| 6.3 | Resultados referentes a comparação do consumo das peças internas | 74 |
| 6.4 | Resultados referentes a comparação de consumo entre Prefeitura Universitária e Reitoria 76 | |
| 6.5 | Resultados referentes a comparação de consumo entre os blocos LEP e BU | 76 |
| 6.6 | Resultados referentes a comparação entre o consumo dos cinco prédios | 77 |
| 7. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 79 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81 |

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional ocorrido nas últimas décadas demandou também maior quantidade de água para abastecimento humano, cultivo de alimentos e geração de energia, sendo perceptível um aumento considerável das demandas de água. Em contrapartida, também se verificam mudanças climáticas neste período, no qual a disponibilidade de água doce tornou-se limitada, refletindo em cenários de escassez hídrica em várias regiões do mundo. Esta escassez hídrica, juntamente com uma gestão ineficiente do uso de água, intensifica problemas de acesso à água que são recorrentes na atualidade.

Gerir recursos hídricos já escassos de forma eficiente, efetiva e sustentável é um desafio para o serviço público de cidades. As cidades são vulneráveis à escassez de água devido à incompatibilidade espacial existente entre a disposição de recursos hídricos e a concentração da população em pontos localizados (STAVENHAGEN *et. al.*, 2018).

Assim, é necessária uma melhor Gestão da Demanda de Água (GDA), que monitore o consumo de água e busque reduzi-lo, implante práticas de reutilização de água para fins que não exijam água potável, entre outras que possam minimizar o desperdício de água.

De acordo com Xiao *et al.* (2018), a GDA pode ser considerada sob diferentes perspectivas, seja da engenharia ou do direito, e diferentes escalas, local ou nacional. Vários tópicos desse ramo têm sido bastantes estudados, desde tecnologias para economizar até legislações.

Muitas investigações sugerem que GDA é um assunto mais de percepção do que de tecnologias. O poder da tecnologia nesse ramo já está bem desenvolvido e o potencial de conservação pode ser significativo, mas a aplicação é algo que deve ser estimulado.

Neste contexto, surgem os medidores inteligentes como uma tecnologia e uma solução para medição automatizada, ajudando assim, entre outras coisas, na rápida detecção de vazamento. Como exemplo, Beal e Flynn (2015) analisaram o uso de medidores inteligentes de consumo de água na Austrália e Nova Zelândia. Esses países já possuem mais de 250000 medidores inteligentes instalados e 66% das concessionárias de água possuem projetos em andamento ou iniciando. Com a instalação desses novos medidores é possível obter uma economia de gastos e despesas existentes na forma tradicional de medição, além de gerar uma maior transparência para os usuários e para a comunidade como um todo.

Esse trabalho visa desenvolver um hidrômetro digital para automatizar e monitorar os consumos de água em prédios da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, com o

objetivo de identificar o perfil de consumo na instituição, bem como possíveis vazamentos ou anormalidades em tempo real, tendo como suporte a Gestão de Demanda de Água. Além do monitoramento e determinação do consumo de pontos hidráulicos – pia, lavatório, bacias sanitárias, mictórios e chuveiros - no interior de uma edificação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo – hardware e software - visando o monitoramento automatizado do consumo de água e eventuais variações, em redes urbanas de abastecimento para controle de irregularidades, diminuição de perdas físicas e redução de custo operacional em prédios da Universidade Federal de Campina Grande campus de Campina Grande.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver circuitos inteligentes com diferentes componentes para medição do consumo predial de água;
- Analisar os consumos de água das edificações a partir da automação dos medidores;
- Verificar os consumos de água em pontos individuais de uma edificação da UFCG, com automação dos medidores;
- Estabelecer um ranking do consumo de água nos prédios estudados;

3. JUSTIFICATIVA

No Brasil, grandes sistemas de abastecimento têm entrado em exaustão, como é o caso do Sistema Cantareira, que abastece 8,8 milhões de usuários na Região Metropolitana de São Paulo e do Açude Epitácio Pessoa na Paraíba, que atende a uma população de aproximadamente 700 mil pessoas incluindo a do município de Campina Grande maior usuária do sistema.

A falta de gestão dos recursos hídricos é apontada como a principal responsável pelo colapso nesses reservatórios. As perdas na distribuição de água no sistema de Campina Grande são da ordem de 38% (SNIS, 2018). Estas perdas podem decorrer de vazamentos, provocados por deficiências nos equipamentos, envelhecimento das tubulações e conexões, operação e manutenção inadequadas de todo o sistema e ausência de monitoramento.

Nesse sentido, é necessário que sejam realizadas ações para otimizar o consumo da água de maneira consciente, a partir da adoção de medidas de cunho legal e de caráter tecnológico, econômico e educacional de modo a promover a GDA, principalmente em ambientes públicos, para garantir o uso racional de água para a atual e as futuras gerações.

Pretende-se substituir o atual sistema de medição do consumo de água do campus sede da Universidade Federal de Campina Grande – PB realizado, semanalmente, por meio de leitura manual de hidrômetros convencionais, por um sistema automatizado através do emprego de equipamentos de leitura remota, além do acompanhamento do consumo de pontos individuais. A automação reduz o uso da interface humana, melhorando a qualidade das medições e diminuindo o tempo de disponibilização da informação, o que permite uma análise mais apurada dos dados recebidos e a detecção de perdas possibilitando uma maior rapidez na tomada de decisão para realização das ações corretivas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Gestão da demanda de água – GDA

A escassez hídrica é uma realidade não apenas nas áreas áridas e semiáridas, mas em todas as regiões do mundo. O crescimento populacional aliado à intensificação das atividades industriais, ao uso irracional, às secas, às erosões do solo e à desertificação, tem gerado problemas relacionados à falta de água, para o atendimento das necessidades mais elementares da população (SOUZA; VIEIRA, 2004). Em particular, o Nordeste Brasileiro é uma área vulnerável aos extremos observados da variabilidade climática, sendo recorrente níveis pluviométricos abaixo da média e aumento da aridez nos últimos anos (MARENGO *et al.* 2016, VIEIRA *et al.* 2015).

O fenômeno das secas, apesar de natural, é intensificado pela falta de estrutura e operação adequadas que possibilitem a gestão dos recursos hídricos e garanta o abastecimento de água em períodos no qual este ocorre. A limitação da disponibilidade hídrica afeta principalmente populações vulneráveis, localizadas em áreas de difícil acesso a este recurso (EAKIN *et al.* 2014).

Assim, diante dos cenários de disponibilidade hídrica limitada, o gerenciamento das demandas pode ser uma alternativa viável para aprimorar os sistemas de abastecimento de água, visando atender as necessidades futuras. Vários estudos demonstram sua eficácia, seja por meios tecnológicos, campanhas educativas ou atribuição de preço a água (FRIEDMAN *et al.*, 2011).

Define-se por gestão da demanda toda e qualquer medida voltada a reduzir o consumo final dos usuários do sistema, sem perda dos atributos de higiene e conforto dos sistemas originais. Essa redução pode ser buscada mediante mudanças de hábitos de uso da água ou com a adoção de aparelhos e equipamentos poupadores (BRAGA; GOBETTI, 1997).

Durante quase todo o século XX, a GDA recebeu pouca atenção. O abastecimento era planejado simplesmente multiplicando o uso per capita esperado pela população a ser servida. Assim, as construções hidráulicas, como reservatórios e canais, eram feitas para essa quantidade calculada (STAVENHAGEN *et al.*, 2018).

Nas décadas de 1970 e 1980, uma combinação de fatores fez esse processo ser repensado:

- Menor quantidade de recursos naturais inexplorados perto das cidades e os remanescentes tornaram-se difíceis de serem acessados;
- Recursos subterrâneos contaminados ou esgotados;
- Aumento das secas;
- Intensa competição entre os usos doméstico, industrial e agroecológico;
- Crescente consciência ambiental;
- Maior entendimento da população sobre a interdependência entre água, funcionamento do ecossistema e saúde;
- Alto custo para construir e manter a infraestrutura necessária.

O valor atribuído a água como bem econômico faz com que esta esteja suscetível aos incentivos dados, ou seja, se o valor for muito baixo as pessoas tendem a usar em abundância sem preocupação com o uso racional; se o recebimento da água não for contínuo, tendem a retirar mais do precisam para estocar; se a água for cara tendem a usar de forma mais eficiente (KEMPER, 1996). Assim, a cobrança deve ser implementada de maneira que o usuário direcione seu comportamento no sentido da sustentabilidade ambiental, ou seja, cobrar mais quanto maior for a escassez de água.

Com a crescente necessidade de demanda de água uma solução tradicional encontrada é implementar a transferência de água entre bacias, dessa forma, aumentando a disponibilidade de água para suprir. Esse processo é conhecido como Gestão Orientada ao Abastecimento (GOA), entretanto esse processo traz impactos: a população abastecida pela bacia fornecedora terá uma menor quantidade de água disponível; o ecossistema dependente dessa bacia que fornece a água também sofrerá alterações; a população que recebe a água tenderá a consumir mais pois não há uma consciência de racionamento, visto que terá mais água disponível (XIAO *et al.*, 2018).

Todos esses pontos incentivam outra solução ao problema da demanda que é encorajar o uso eficiente e produtivo da água já disponível. A Gestão de Demanda de Água (GDA) surgiu dessa ideia e é algo essencial para complementar e até substituir a GOA.

Existe a legislação que norteia o consumo dos recursos hídricos, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA - de 2004, o qual tem como objetivo promover o uso racional da água, visando definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos para uma efetiva economia de água (BARROS *et al.*, 2015).

Dentro desse programa foram elaborados Documentos Técnicos de Apoio (DAT's). Os DAT's que abordam as tecnologias economizadores de água são DTA-F1 e DTA-F2. O DTA-F1 apresenta as tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais disponíveis; e o DTA-F2 descreve os tipos de produtos economizadores de água existentes.

A Lei nº 9.433/1997 institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), sendo este um marco legal para gestão dos recursos hídricos no Brasil. Essa lei determina um processo participativo e descentralizado para a gestão de recursos hídricos, em nível de bacia, envolvendo a Sociedade Civil, Usuários da água e o Poder Público (BRASIL, 1997).

De acordo com Xiao *et al.* (2018), três fatores têm acelerado o desenvolvimento da GDA:

- O aumento dos conflitos por água, causado pela escassez;
- Grande potencial de se usar a água mais eficazmente, adotando tecnologias e políticas de consumo;
- O impacto da quantidade das mudanças climáticas na quantidade de água disponível.

A gestão da demanda de água deve ser compreendida sob diferentes perspectivas, desde a visão individual de um consumidor doméstico até a de uma indústria de grande porte. Para isso, existem diversos instrumentos de gestão de demanda de água para auxiliar no consumo consciente deste recurso.

De acordo com Studart & Campos (2001) os instrumentos para a gestão da demanda de água podem ser classificados em três grupos: Medidas Conjunturais, Incentivos e Intervenção direta.

As medidas conjunturais são as regras básicas para o fornecimento e utilização da água, como os direitos de uso, propriedade da terra e legislações, sendo divididas em:

- **Arranjos Legais e Institucionais:** são as leis que surgiram ao longo do tempo e os maiores obstáculos para seu uso racional.

- **Privatização:** atualmente observa-se no Brasil, a forte atuação do setor público no controle dos recursos hídricos, isso ocorre, pois, essa atividade gerencia um bem público: a água. Mas essas agências sofrem sérias deficiências e a privatização vem se mostrando uma saída nos países mais desenvolvidos.

- **Políticas Macroeconômicas:** as políticas direcionadas ao setor de recursos hídricos podem ser inócuas se forem separadas das questões macroeconômicas do país.

Já os incentivos podem ser os mais diversos para a conservação e realocação da água para usos de maior valor, sendo:

- **Incentivos Econômicos:** o ser humano procura maximizar a utilidade do bem.
- **Tarifa de água:** o benefício de consumir a água equivale ao custo de provê-la. Pode ser um meio de conservação da água dependendo de como o consumidor responde ao aumento no seu preço.
- **Cobrança pela poluição:** o poder público cobra uma compensação financeira pela poluição causada pelo usuário.
- **Incentivos fiscais:** como exemplo a redução no valor cobrado pela taxa de ligação de água nas edificações que utilizassem descargas sanitárias com jatos de menor vazão.
- **Realocação da água:** a maior quantidade de água sendo fornecida para fins mais nobres: abastecimento urbano.
- **Campanhas Educativas:** são frequentemente usadas, com sucesso, como instrumento de conscientização, principalmente com crianças, para que o uso racional fique enraizado desde cedo.

Com relação à intervenção direta do poder público, busca-se melhorar a eficiência da rede de distribuição ou criar programas para o incentivo da eficiência, reciclagem, reuso e diminuição da poluição da água.

No geral, a GDA visa aumentar a eficiência e produtividade do uso da água, incentivando mudanças no comportamento dos usuários por meio de medidas estruturais e/ou não-estruturais (SAVENIJE & VAN DER ZAGG, 2002):

- **Medidas Estruturais:** refere-se a qualquer construção ou implementação física usada para conservar água, como instalação de descargas econômicas;
- **Medidas Não-Estruturais:** são mudanças que não envolvem diretamente alterações físicas, como programas educacionais para promover o uso eficiente.

Esta melhora na eficiência e produtividade pode ser vista sob alguns aspectos: Reduzir a quantidade ou qualidade da água necessária para realizar alguma atividade; mudar a forma da atividade para que ela possa ser feita com menor quantidade ou qualidade de água; reduzir perdas no transporte da água entre o manancial e o uso; mudar tempos de uso para períodos de pico; aumentar a habilidade do sistema em operar nas secas.

Diante do panorama da escassez hídrica mundial, muitas soluções vêm sendo apresentadas para combater esse desperdício e manter um uso racional, como: reaproveitamento

de água da chuva, dessalinizadores de água do mar, equipamentos poupadores de água, medição individualizada, modelos de cobrança pelo uso.

De acordo com BRASIL (2014), a gestão de água pode ser compreendida nos seguintes níveis de análise: o macro, que engloba ações em sistemas ambientais e bacias hidrográficas de grande escala; o meso, que abrange ações nos sistemas constituintes do saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de águas pluviais) e o micro, que compreende medidas em edificações

A nível municipal, as cidades devem abordar a gestão da água e os desafios governamentais para os casos de muita água, pouca água e água poluída. Em um estudo da OECD (2016) os principais desafios para a efetiva gestão água, foram:

- Falta de infraestrutura;
- Leis e regulamentações nacionais;
- Eventos extremos;
- Mudanças climáticas;
- Falta de atenção para o caso da água nas agendas políticas;
- Crescimento urbano e populacional.

Em grande parte, as pessoas não aderem a tecnologias avançadas para redução de consumo se não tiverem nenhum benefício para fazerem isso. Por isso, muitas vezes incentivos externos são requeridos para atrair a mudança no comportamento dos usuários, especialmente para aqueles que têm grande potencial de conservação. Todo usuário pode economizar se os benefícios certos forem oferecidos, o problema é saber qual incentivo oferecer e como será aceito. Dentre as várias formas de motivação, pode-se destacar: bônus para usuários que economizam, tarifas flexíveis quanto ao que foi consumido e legislação específica.

4.2 Ambientes públicos e o gerenciamento da demanda

O ambiente público é definido como aquele que, dentro do território urbano tradicional, seja de uso comum e posse coletiva, pertencente ao poder público (NARCISO, 2009).

Em edificações de uso público a eficiência do sistema de abastecimento assume grande importância, devido a existência de grandes consumidores de água, os elevados índices de patologias nos sistemas hidráulicos, a falta ou ineficiência na manutenção, a falta de

sensibilização dos usuários para conservação e o fato do usuário não ser o responsável direto pelo pagamento da conta de água.

É uma referência para a sociedade, principalmente ambientes educacionais, pois tem o papel de formação de cidadãos, de maneira a conscientizar e preparar mentes capazes de praticar ações em benefício da própria sociedade. Diante deste cenário, é notório que a GDA pode contribuir para redução substancial do consumo de água em ambientes públicos. Diversas Universidades têm desenvolvido programas para implementar medidas de uso racional de água no seu ambiente, mostrados a seguir.

- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

O Programa de Uso Racional de Água - PURA - da Universidade de São Paulo – USP foi criado em 1995, com o acordo estabelecido entre a Escola Politécnica e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). A implantação do programa foi dividida em cinco etapas e após colocar em prática todas as medidas, obteve-se uma redução de 43% no consumo de água da instituição. (GONÇALVES, 2007).

- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Nessa universidade foi desenvolvido o programa PRÓ-ÁGUA, em 19 edificações com a detecção e conserto de vazamentos, obtendo-se uma redução de 20% nos custos (OLIVEIRA, 2009).

- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

O Programa de Consumo Inteligente, foi dividido em três etapas: Determinação das necessidades e possibilidades de redução; Levantamento dos custos de instalação de novos hidrômetros e Campanhas educativas. Com isso foi possível economizar cerca de 14% no consumo. (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2006).

- HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ALCIDES CARNEIRO – UFCG

O hospital pertence a UFCG e trocou seu sistema hidrossanitário convencional por equipamentos poupadores, investimento com tempo de retorno de 12 meses e redução de 25% no consumo de água anual (GUEDES, 2009).

- UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA

O PURA – UFBA visa reduzir o consumo com algumas medidas principais: substituição de hidrômetros convencionais, implantação de sistema de telemedição computadorizada, detecção de vazamentos na rede de distribuição e reservatórios, identificação e correção das falhas nos pontos de consumo, reciclagem da água de processos, estudo do perfil de uso da água e campanhas educativas de modo a minimizar o desperdício de água. Obteve-se uma redução de 45% no consumo. (MENDES, 2006)

- UNIVERSIDADE DE STANFORD

A universidade de Stanford, Estados Unidos, desenvolve um programa de conservação da água usando novas tecnologias nos sistemas de irrigação e substituição de aparelhos de alta vazão por aparelhos poupadores. (STANFORD UNIVERSITY; MADDAUS WATER MANAGEMENT, 2003).

- UNIVERSIDADE DE WISCONSIN

Na Universidade de Wisconsin, na cidade de Madison (Estados Unidos), foi feita a troca de mictórios com a descarga aberta, por mictórios de acionamento eletrônico, com o consumo em ambos casos sendo monitorado por hidrômetro, e foi constatado a redução de 50% do consumo. Além dos mictórios foram realizadas campanhas educativas (UNIVERSITY OF WISCONSIN, 2013).

Dentre as diversas práticas utilizadas para gestão das demandas de água e conseqüente redução do consumo, um dos principais desafios para implantação destes modelos de gestão é o custo inicial investido, que muitas vezes é avaliado apenas como despesa, sem a consideração de que geram economia a longo prazo, tanto de dinheiro quanto de água.

A automação de medidores de vazão em sistemas prediais de água é uma alternativa que vem sendo utilizada e têm gerado resultados positivos no tocante à economia de água, identificação de anormalidades no consumo e vazamentos nas tubulações.

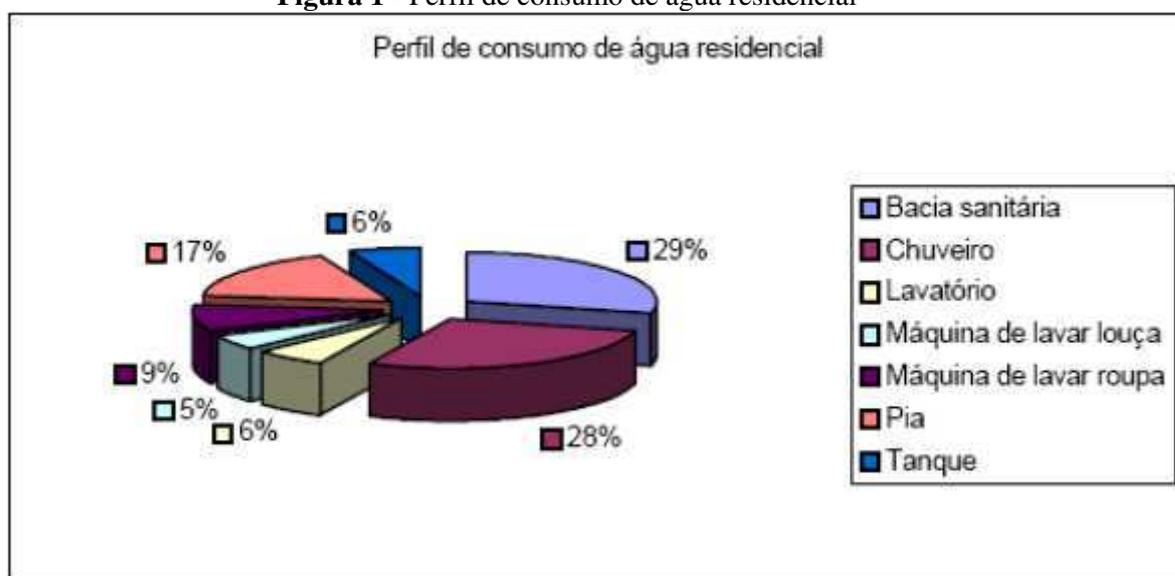
Porém, os sistemas de automação disponíveis no mercado possuem alto custo, o que limita a aplicação destes quando os recursos são limitados. A ideia de utilizar um protótipo medidor de vazão automatizado com menor custo permite que o monitoramento do consumo em residências e prédios seja realizado em tempo real, proporcionando um maior controle por parte do usuário de forma a minimizar o desperdício e realizar uma gestão de demandas nas instalações prediais.

4.3 Consumo de peças individuais

Dentro de uma edificação os usos finais da água são diversos. Tratando-se de prédios administrativos os usos ficam mais concentrados em bacias sanitárias, lavatórios e pias. Já em laboratórios podem surgir consumos provenientes de equipamentos e máquinas.

Segundo Guedes (2009) para residências, os maiores consumidores são as bacias sanitárias e os chuveiros, conforme Figura 1.

Figura 1 - Perfil de consumo de água residencial



Fonte: Guedes (2009).

Em sua pesquisa, Kiperstok *et al.* (2009) *apud* Gomes (2013), apresentou valores aproximados de consumo dos principais aparelhos hidráulicos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Valores aproximados de consumo

| Peças hidráulicas | Consumo (l/dia) |
|-------------------|-----------------|
| Lavatório | 127 |
| Bacias sanitárias | 285 |
| Mictórios | 53 |
| Chuveiros | 50 |

Fonte: Kiperstok *et al.* (2009) *apud* Gomes (2013)

Além disso, Gomes (2013) apresenta também valores estimados de desperdício em aparelhos sanitários, contidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa de desperdício por peça

| Equipamento | Tipo de Vazamento | Perda estimada |
|---|--|-----------------------|
| Torneiras | Gotejamento lento | 6 a 10 litros/dia |
| | Gotejamento médio | 10 a 20 litros/dia |
| | Gotejamento rápido | 20 a 32 litros/dia |
| | Gotejamento muito rápido | > 32 litros/dia |
| | Filete de 2 mm | > 114 litros/dia |
| | Filete de 4 mm | > 333 litros/dia |
| | Vazamento no flexível | 0,86 litros/dia |
| Mictório | Filetes visíveis | 114 litros/dia |
| | Vazamento no flexível | 0,86 litros/dia |
| | Vazamento no registro | 0,86 litros/dia |
| Bacias sanitárias com válvula de descarga | Filetes visíveis | 114 litros/dia |
| | Vazamento no tubo de alimentação | 114 litros/dia |
| | Válvula disparada quando acionada | 40,8 litros/dia |
| Chuveiro | Vazamento no registro | 0,86 litros/dia |
| | Vazamento no tubo de alimentação da parede | 0,86 litros/dia |

Fonte: Gomes (2013).

Os valores estimados para consumo por tipo de aparelho e suas respectivas perdas são importantes pois permitem a comparação com os dados reais registrados nos medidores, sendo possível detectar possíveis vazamentos em aparelhos a partir de comportamentos anômalos na curva de consumo diário.

4.4 Análise das medidas adotadas para o uso racional da água na UFCG

A UFCG finalizou, no início de 2017, o Projeto de Reestruturação do Sistema de Abastecimento de Água do campus de Campina Grande, no qual diagnosticou os prováveis problemas de ineficiência do sistema de abastecimento de água e estabeleceu a execução de

medidas de combate às perdas, desperdícios e aumento da capacidade de armazenamento de água no campus. A reestruturação visa o uso racional e controlado do recurso hídrico e contribui para reduzir o risco de colapso no abastecimento de água do Campus, fomentado pela crise hídrica sofrida pelo açude Epitácio Pessoa e pelo racionamento vivenciado na cidade. As principais ações implantadas nesta fase do projeto estão descritas na Tabela 3.

Atualmente existe uma equipe de alunos do curso de engenharia civil que realiza leituras semanais dos 110 hidrômetros instalados nas edificações, de maneira manual. Os dados coletados alimentam uma planilha em forma de tabela que auxilia no monitoramento do consumo de água no campus.

Tabela 3 - Principais ações de controle de água realizadas no campus sedem da UFCG

| Ações implantadas no campus | Estágio da obra |
|---|------------------------|
| 1) Execução de uma nova rede de abastecimento de água | Finalizado |
| 2) Recuperação do reservatório principal do campus | Finalizado |
| 3) Instalação de hidrômetros de leitura manual em todas as edificações | Finalizado |
| 4) Impermeabilização dos reservatórios secundários de água | Finalizado |
| 5) Substituição de bacias sanitárias convencionais por bacias de baixo consumo tipo bi-comando (3 e 6 litros) em todos os banheiros do compus | Finalizado |
| 6) Substituição das torneiras convencionais por torneiras hidromecânicas de fechamento automático | Finalizado |
| 7) Construção de novo reservatório apoiado em concreto armado para garantir maior armazenamento de água no campus | Finalizado |
| 8) Elaboração de placas educativas para o uso racional da água e fixação em ambientes de consumo | Finalizado |
| 9) Reaproveitamento da água da lagoa para uso na irrigação dos jardins | Finalizado |

Fonte: O Autor (2019)

4.5 Sistemas Inteligentes de medição

O gerenciamento eficaz dos recursos naturais necessita de monitoramento adequado e confiável das práticas de consumo. Assim, na atualidade, uma tecnologia em desenvolvimento

conhecida como medição inteligente de água está sendo utilizada em diferentes ramos por concessionárias visando a otimização dos seus serviços.

Segundo Luciani *et al* (2019), os sistemas de medição inteligentes são aqueles que permitem a leitura remota de eletricidade, gás e consumo de água. Existe também uma forma de medição acoplada à informática denominada provedores de serviços digitais multi-utilitários. De acordo com Stewart *et al* (2018), esse sistema é capaz de coletar simultaneamente dados de consumo de água, eletricidade e gás, e fornecer esses dados por meio de plataformas de fácil manuseio tanto para clientes quanto para as companhias.

Esta ferramenta permite a comunicação remota de dados por meio da utilização de sensores e medidores automatizados que monitoram de forma contínua diferentes sistemas. No tocante ao abastecimento de água, a chegada dessa tecnologia inovadora amplia a capacidade de monitoramento das redes, inclusive de diferentes parâmetros, sendo possível aferir dados referentes a pressão, qualidade, vazão, entre outros (STEWART *et al.*, 2018.; DEPURU *et al.*, 2011.; RHODES *et al.*, 2014).

Esses sistemas ainda não são muito utilizados para monitoramento do consumo de água da forma como são usados para consumo de energia elétrica, mas há um crescimento exponencial devido aos benefícios desse método, quando comparado com o método tradicional, tanto na forma de cobrar pelo que foi consumido quanto na fácil detecção de perda de água a nível de usuário e em tempo real, gerando economia para a concessionária e para o cliente (STEWART *et al.*, 2018). De acordo com Luciani *et al* (2019), o impasse maior está nos custos elevados para o monitoramento automatizado a nível de usuário, algo que inviabiliza esse processo.

As empresas de serviços de água estão notando as enormes oportunidades e benefícios com a transição para a era digital de medição: além da economia, é possível analisar várias características da água, como vazão, pressão, velocidade, temperaturas, vazamentos e qualidade (STEWART *et al.*, 2018). Existe a maior cobrança por clientes e comunidade em geral para usos mais ecológicos e transparentes, assim os medidores tradicionais de provimento de água estão ficando obsoletos e sem capacidade de transmitir tal imagem. Por isso os simples medidores estão sendo substituídos pelos medidores inteligentes (KABALCI, 2016).

4.6 Instalação dos equipamentos de medição remota

A telemetria é o processo de medição remoto da variação das características dos objetos monitorados (por exemplo, fluxo de água em um hidrômetro) que transfere os resultados coletados para uma estação distante, onde serão analisados e consistidos (SILVA; MOREIRA, 2004).

A arquitetura de telemetria é composta por três subsistemas (Figura 2): Elemento de Medição Remota (EMR), que engloba os medidores e os componentes de transmissão; a rede de telecomunicações utilizada, podendo ser a Internet, rede de celular, rede telefônica ou outras e o Sistema de Monitoramento e Gerenciamento da Informação, onde são analisadas todas as informações obtidas remotamente (SILVA; MOREIRA, 2004).

O EMR faz a medição dos dados desejados para que sejam enviados através do subsistema de transmissão. Esse elemento é instalado no equipamento a ser supervisionado ou próximo a ele, e as informações são enviadas por meio de uma rede de telefonia móvel para uma Central de Monitoramento, possibilitando a obtenção de dados em locais distantes, otimizando recursos e racionalizando custos.

A rede de telecomunicação é o meio físico ou lógico pelo qual as informações trafegam, possibilitando a obtenção de uma solução de rede de dados mais acessível. Ela permite ao Sistema de Monitoramento receber e enviar os dados capturados e resultantes do processamento, interferindo no objeto monitorado, controlando e configurando o Sistema de Telemetria.

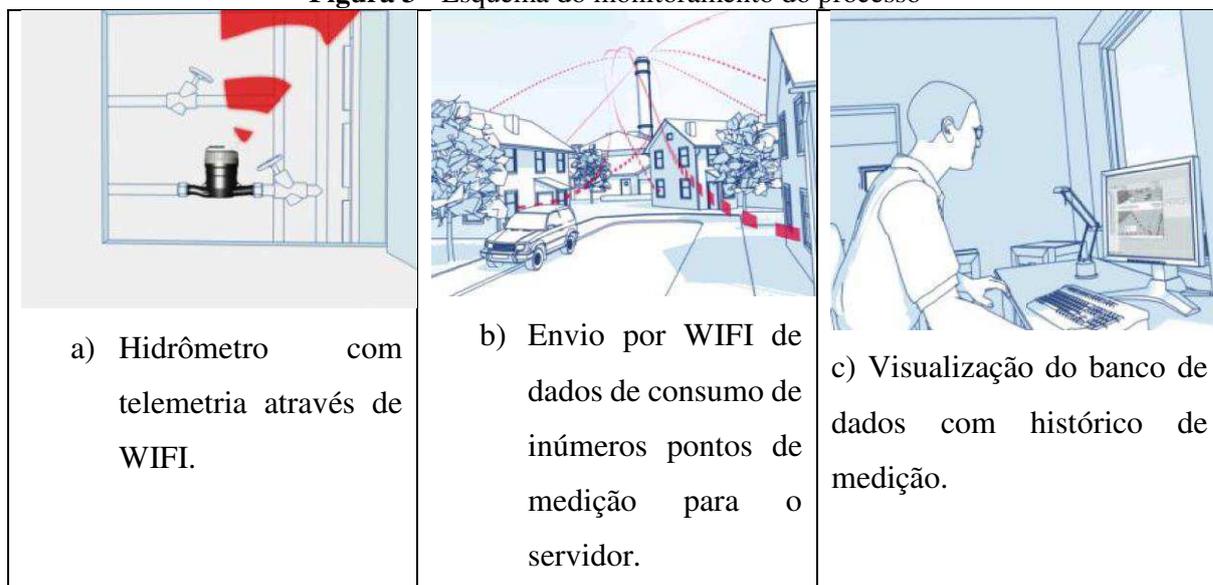
Figura 2 - Subsistemas de telemetria



Fonte: Hidrometer (2017)

Neste trabalho o uso de telemetria foi através de transmissão de dados via WiFi, no qual os hidrômetros e medidores de vazão enviam constantemente informações de consumo ao servidor, alimentando banco de dados com históricos de medição e alarmes da aplicação. O esquema do monitoramento do processo é apresentado na Figura 3.

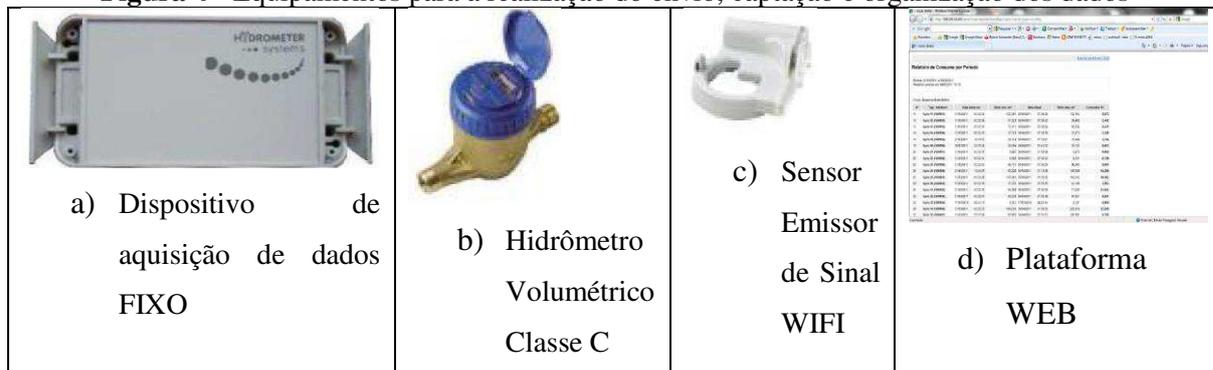
Figura 3 - Esquema do monitoramento do processo



Fonte: Hidrometer (2017)

Para a realização do envio, captação e organização dos dados de leitura do consumo de água em cada edificação, são necessários os equipamentos apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Equipamentos para a realização do envio, captação e organização dos dados



Fonte: Hidrometer (2017)

Todos os pontos equipados com sensores emissores de sinal por WIFI enviam os dados de consumo para o servidor, alimentando, assim o banco de dados da aplicação.

O sensor de fluxo tipo Hall tem o princípio de medição do quanto foi consumido, utilizando-se a teoria do Efeito Hall, na qual um pulso elétrico é gerado em cada volta que o redemoinho interno dá. Esse sensor, ligado ao microcontrolador que possui acesso à internet

envia os dados de consumo para o servidor, automatizando assim o processo de leitura dos hidrômetros.

O servidor alimenta o banco de dados com leituras pontuais, efetuadas de forma parametrizada, dentro de um intervalo de tempo previamente definido.

4.7 Sistemas inteligentes desenvolvidos

Vários trabalhos nesse tema vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos em todo o mundo, como exemplo Horsburgh *et al.* (2017) desenvolveram um hidrômetro digital que usa um microcontrolador e conexão com a internet para envio de dados de consumo para o sistema. Os autores estudaram os sub-ramais que abastecem as peças internas de dois banheiros na Universidade Estadual de Utah e conectaram sensores de presença para contabilizar o uso por pessoa.

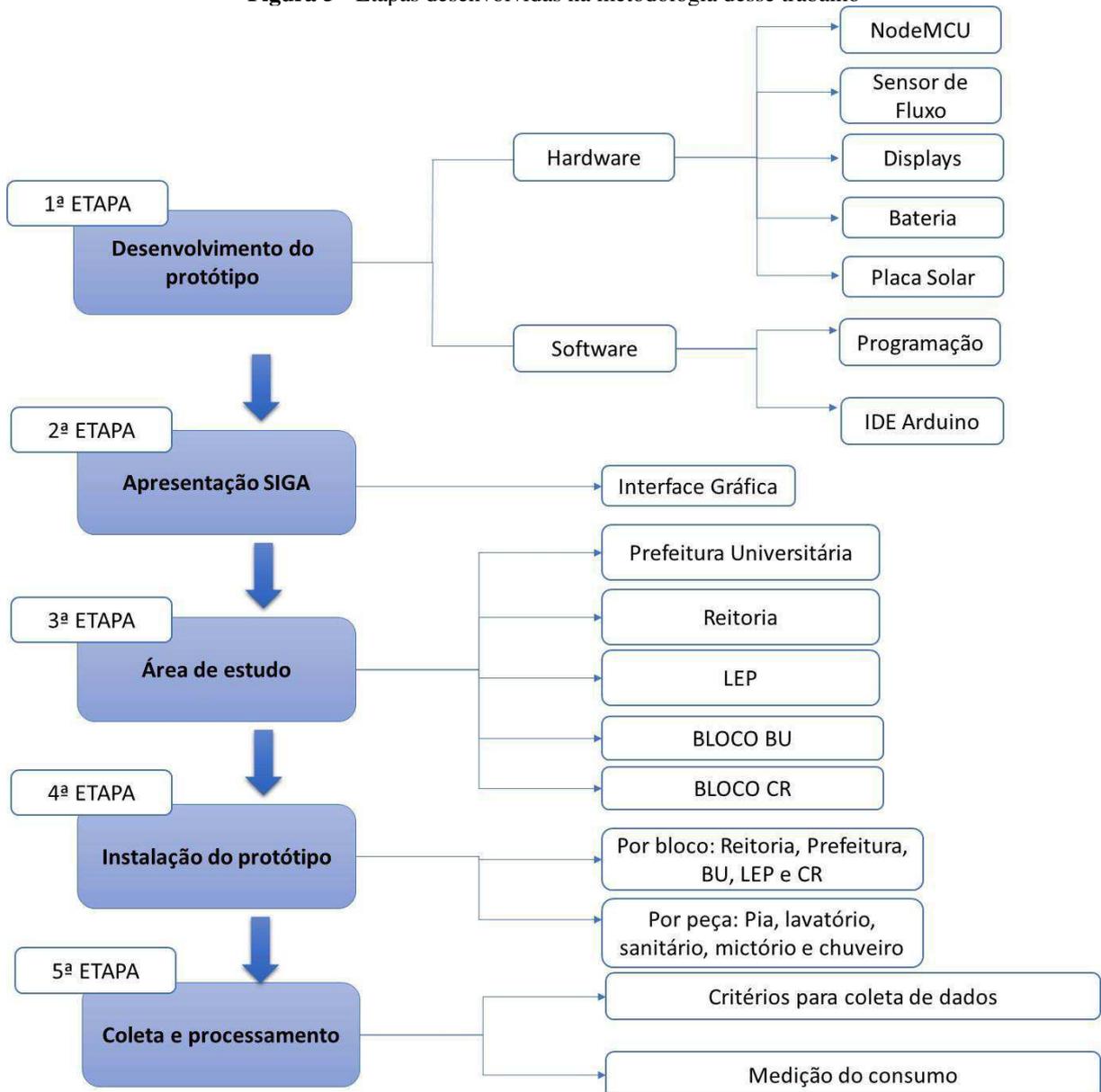
Beal e Flynn (2015) estudaram o uso de medidores inteligentes de consumo de água na Austrália e Nova Zelândia e constataram que mais de 250 mil medidores desse já foram instalados na Austrália e ainda uma grande quantidade está em processo de instalação.

Luciani *et al.* (2019) também desenvolveram um medidor inteligente de consumo de água e instalaram na casa de um usuário. O sistema emite alerta de vazamentos se for constatado consumo ininterrupto por no mínimo 48 horas.

5. METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho subdivide-se em cinco etapas fundamentais, sendo elas: Desenvolvimento do protótipo, Apresentação do SIGA, Área de estudo, Instalação do protótipo e Coleta e processamento de dados. Na Figura 5 está ilustrado o fluxograma com as etapas metodológicas da pesquisa.

Figura 5 - Etapas desenvolvidas na metodologia desse trabalho



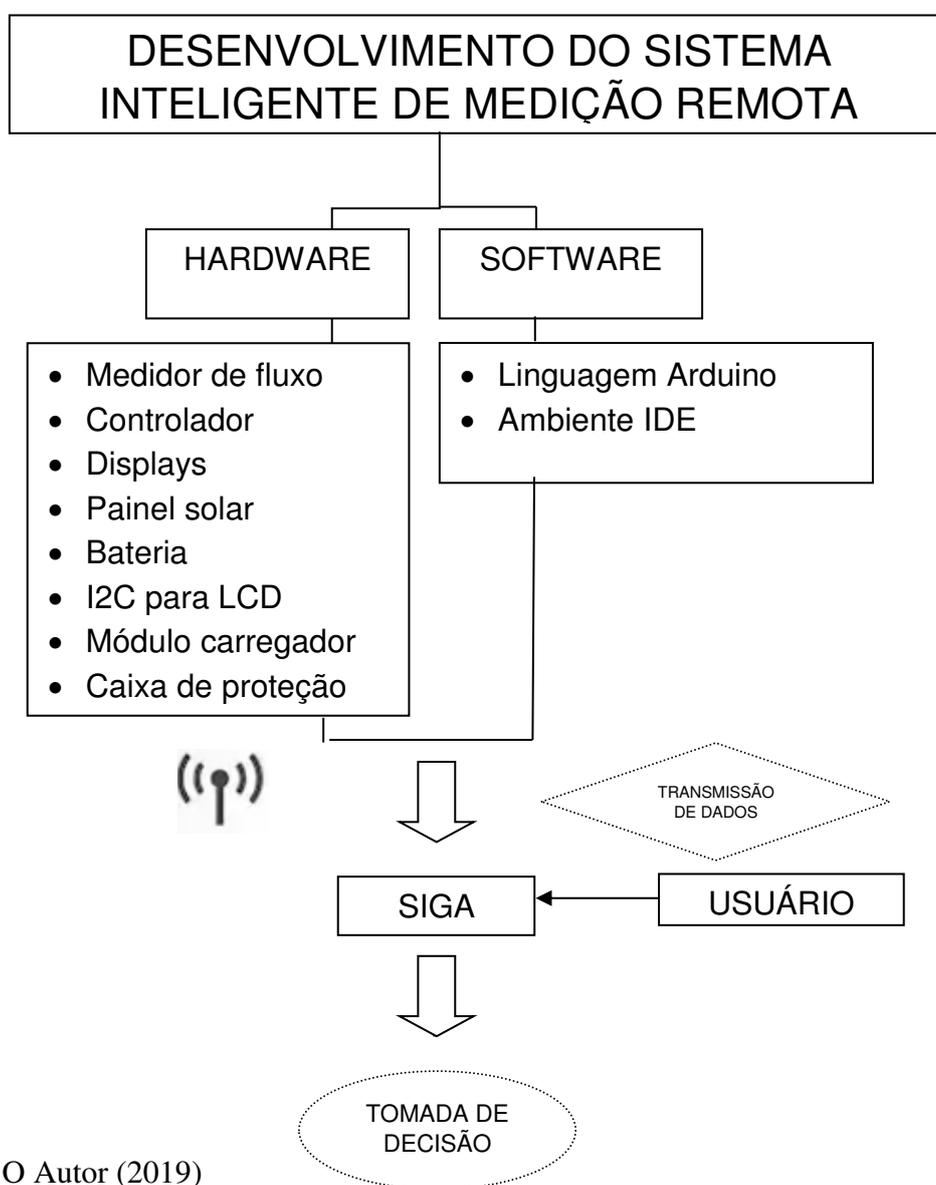
Fonte: O Autor (2019)

Cada uma dessas etapas mostradas na Figura 5 serão explicadas a seguir.

5.1 Desenvolvimento do protótipo

O desenvolvimento do protótipo subdivide-se em dois componentes fundamentais: hardware e software. O site SIGA (Sistema de Gerenciamento de Água) foi criado por meio de um projeto de pesquisa realizado em parceria com o curso de Ciência da Computação da UFCG. Neste site são disponibilizadas as informações coletadas pelo protótipo em tempo real para o usuário monitorar o consumo de água. O esquema da Figura 6 detalha o processo de desenvolvimento em questão.

Figura 6 - Esquema para desenvolvimento do sistema inteligente



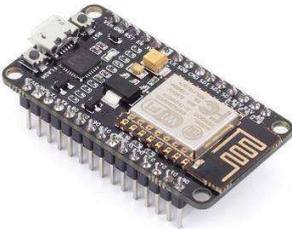
Fonte: O Autor (2019)

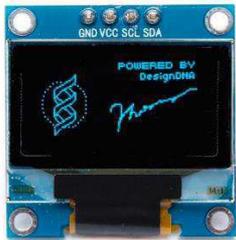
Com relação ao hardware, o medidor de fluxo coleta os dados de água que passam pela tubulação e envia como pulso elétrico para o microcontrolador, este transforma esses pulsos em valores de volume, por meio da programação utilizada e envia esses dados para o site SIGA. O usuário acessa o site e pode visualizar em cada edifício como está o consumo ou dentro da edificação como está o consumo de algumas peças que foram instalados os sensores. Caso haja alguma anormalidade, o site gera uma espécie de alerta mudando a cor do status do respectivo prédio e assim o usuário pode tomar alguma decisão que contribua para a gestão de água no sistema.

5.1.1 Hardware para a coleta de dados

O hidrômetro digital foi desenvolvido utilizando-se principalmente o microcontrolador e o sensor de fluxo, em alguns modelos foi utilizado um display Oled e em outros display LCD, e em alguns que possuem alimentação por energia solar também foi utilizado placas solares, módulo carregador de bateria e baterias de lítio. Os componentes utilizados são descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos componentes utilizados

| COMPONENTE | IMAGEM | DESCRIÇÃO |
|------------|---|---|
| NodeMCU |  | NodeMCU é um microcontrolador, dispositivo eletrônico programável, que permite a obtenção, tratamento e disponibilização de dados ou ações de acordo com a programação desenvolvida e sensores utilizados. Pode ser comparado com um mais conhecido, o Arduino, a diferença é que o NodeMCU possui já associado uma |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | | <p>placa da família ESP 8266, possibilitando a conexão com a internet via WiFi, mas os sensores usados, a linguagem e o ambiente de programação (IDE) são os mesmos do Arduino.</p> |
| <p>Sensor de fluxo</p> |  | <p>O sensor de fluxo é conectado na linha de uma tubulação de ½”, capaz de medir o fluxo do líquido que circula. Ele envia pulsos elétricos para o NodeMCU, que converte para vazão com a programação apropriada. Consegue medir uma vazão de 1 até 30 litros/minuto.</p> |
| <p>Display Oled</p> |  | <p>Display Oled LCD 0.96 polegadas I2C 4 pinos é um visor que utiliza a tecnologia OLED, com tamanho de tela de 0,96 polegadas, e se conecta com o microcontrolador por meio do protocolo I2C. Seu objetivo é apresentar o que está acontecendo instantaneamente dentro do NodeMCU, colaborando para a instalação e manutenção desses hidrômetros.</p> |

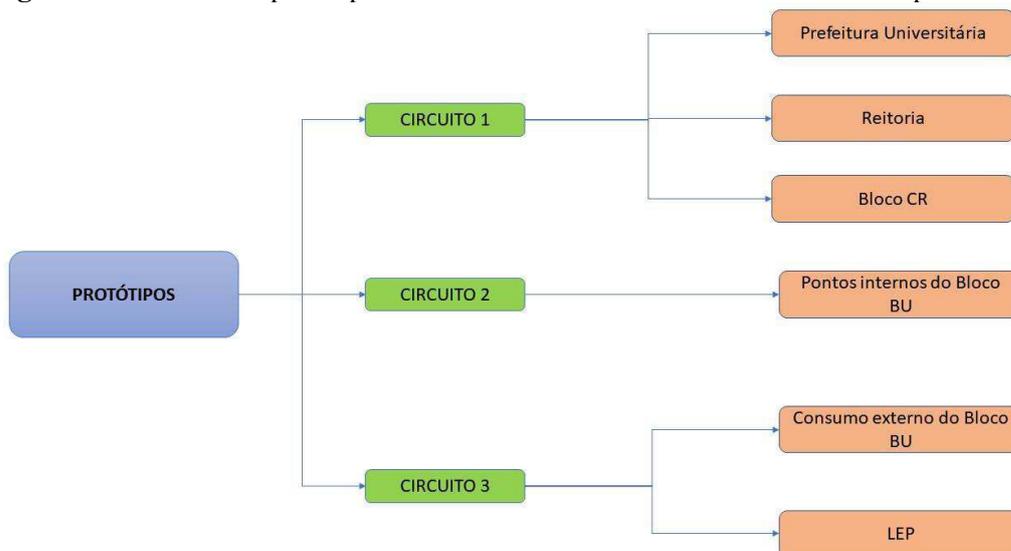
| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| <p>Display LCD</p> |  | <p>Display LCD com duas linhas e 16 segmentos em cada linha, alimentado com uma tensão de 5 volts, tem o objetivo de apresentar para o usuário o que está sendo consumido instantaneamente, além de auxiliar na instalação e manutenção do equipamento.</p> |
| <p>I2C para LCD</p> |  | <p>Utilizado juntamente com o display LCD para que a comunicação seja feita via protocolo I2C, dessa forma utiliza-se apenas dois pinos do microcontrolador e dois pinos para a alimentação.</p> |
| <p>Bateria</p> |  | <p>Bateria de lítio com tensão de 3,7 volts, utilizada para alimentar o sistema e recarregada com energia solar.</p> |
| <p>Mini painel solar fotovoltaico</p> |  | <p>Mini painel solar que consegue gerar uma tensão de 6 volts. Pode ser exposto à chuva e umidade sem ser danificado. Seu objetivo é recarregar as baterias de lítio que alimentam alguns dispositivos.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| Módulo carregador de bateria de lítio 1A – TP 4056 |  | Equipamento necessário para regular a tensão gerada na placa solar e assim recarregar a bateria e alimentar o sistema. |
| Caixa para proteção do hidrômetro |  | Caixa utilizada para envelopar e proteger o sistema de qualquer interferência externa, além de proteger os usuários por não deixar nenhuma tomada de alta tensão exposta. |

Fonte: automatizacg.com (2019)

Foram desenvolvidos três tipos de circuitos com os componentes previamente apresentados. Todos possuem o mesmo objetivo que é determinar o consumo predial de água e enviar esses dados para o SIGA. A diferença entre eles está na apresentação dos dados – uso do display Oled ou display LCD para melhor visualização – e o uso da energia solar como fonte de alimentação. O fluxograma ilustrado na Figura 7 mostra os três circuitos básicos utilizados nos protótipos e os locais que estes foram instalados.

Figura 7 - Divisão dos protótipos de acordo com o circuito utilizado em cada ponto de medição



Fonte: O Autor (2019).

O Circuito 1 foi o utilizado nas economias da Prefeitura Universitária, Reitoria e Bloco CR; já o Circuito 2 foi utilizado para os sub-ramais localizados no Bloco BU, no qual foi realizada a medição individual de consumo por peça, enquanto que o Circuito 3 foi instalado para os blocos BU e LEP.

5.1.2 Software: programação do hidrômetro

Todo o software foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação e a IDE do próprio Arduino (Figura 8). Essa linguagem é muito similar com a linguagem C, mas tem algumas diferenças, como bibliotecas e funções.

Figura 8 - Linguagem de programação e a IDE do próprio Arduino



Fonte: O Autor (2019).

O funcionamento do software se dá na seguinte sequência:

1. O NodeMCU se conecta com a rede de internet que foi previamente adicionada na programação;
2. Depois de conectado à internet, ocorre a conexão com o servidor NTP, do qual é retirado os valores de data e hora, excluindo assim a necessidade de uso de outro dispositivo para isso;
3. Inicia-se a parte da programação contínua, sendo ativado uma função para que capture os pulsos elétricos do sensor sempre que esse for ativado, ou seja, sempre que passar água;

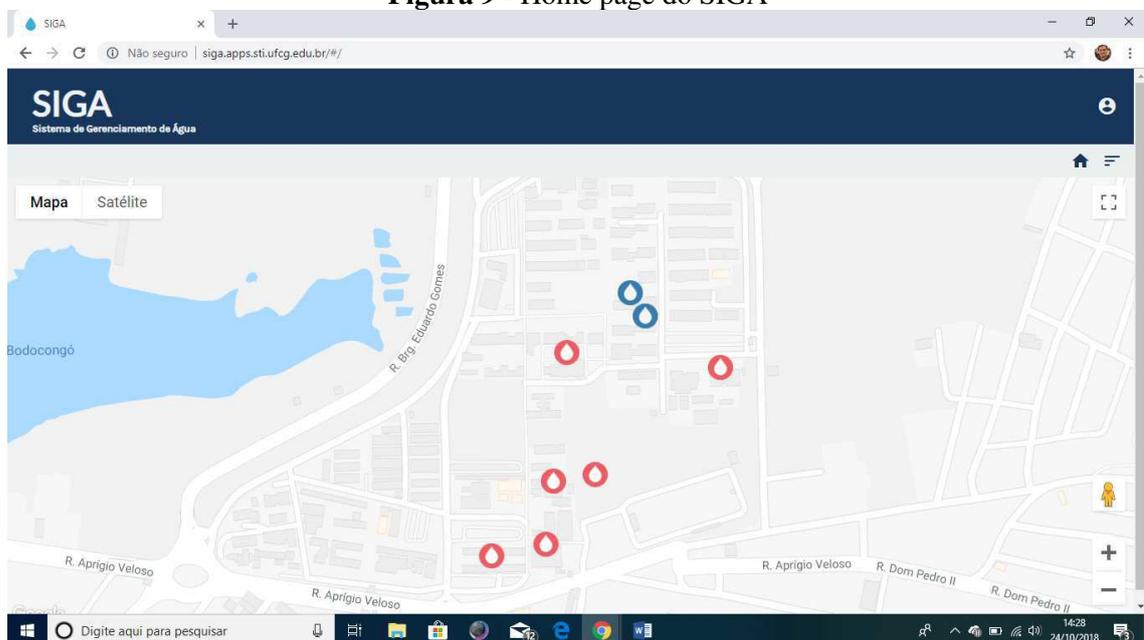
4. Com o valor da informação do sensor de fluxo é feita a conversão para um valor de vazão e de volume;
5. Esses valores de volume são continuamente mostrados no display Oled e armazenados;
6. A cada dois minutos o valor de volume armazenado é enviado para a respectiva edificação no Siga e a variável que armazena esses valores é zerada para uma nova acumulação;

Além disso, o programa possui funções para reparar alguns potenciais problemas que podem aparecer, como a queda de internet ou a desconexão com o servidor.

5.2 Apresentação do SIGA

Para o armazenamento, tratamento e visualização dos dados de volume coletados em cada prédio e enviado pelo hidrômetro digital, foi criado um site em linguagem html, chamado de SIGA – Sistema de Gerenciamento de Água UFCG (Figura 9). Esse site foi criado por meio de um projeto de pesquisa realizado em parceria com o curso de Ciência da Computação da UFCG e é usado para armazenar as informações de data e consumo dos hidrômetros digitais desse trabalho.

Figura 9 - Home page do SIGA



Fonte: SIGA (2019).

Na Figura 9 é possível visualizar o mapa geral da universidade, obter informações e

acessar o painel de controle. O mapa exibe os prédios da universidade que estão sendo monitorados. Cada prédio é marcado por um dos seguintes ícones:



Gota azul: Representa os prédios que estão com o consumo de água normalizado.



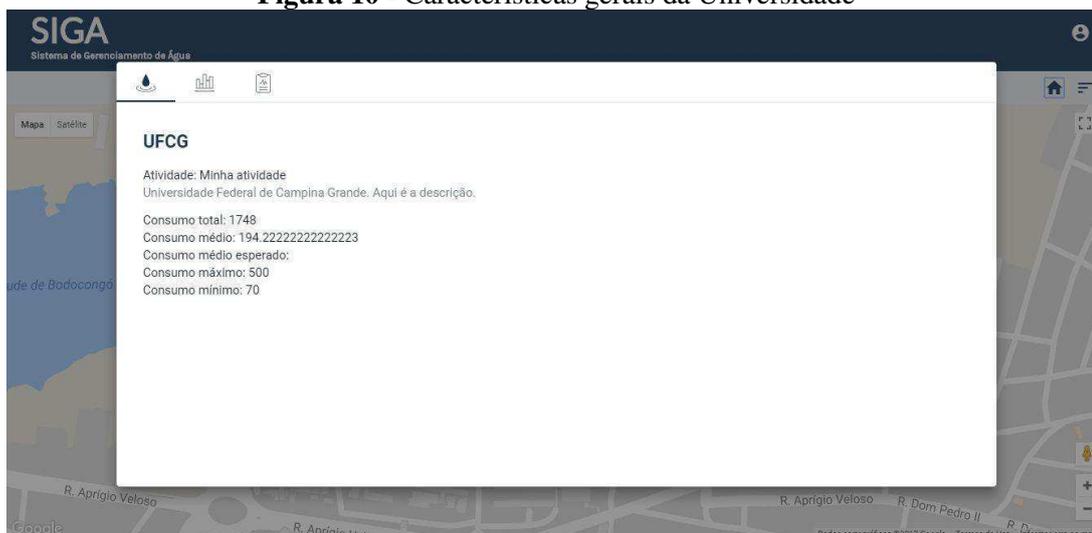
Gota amarela: Representa os prédios que estão com o consumo de água um pouco acima do normal.



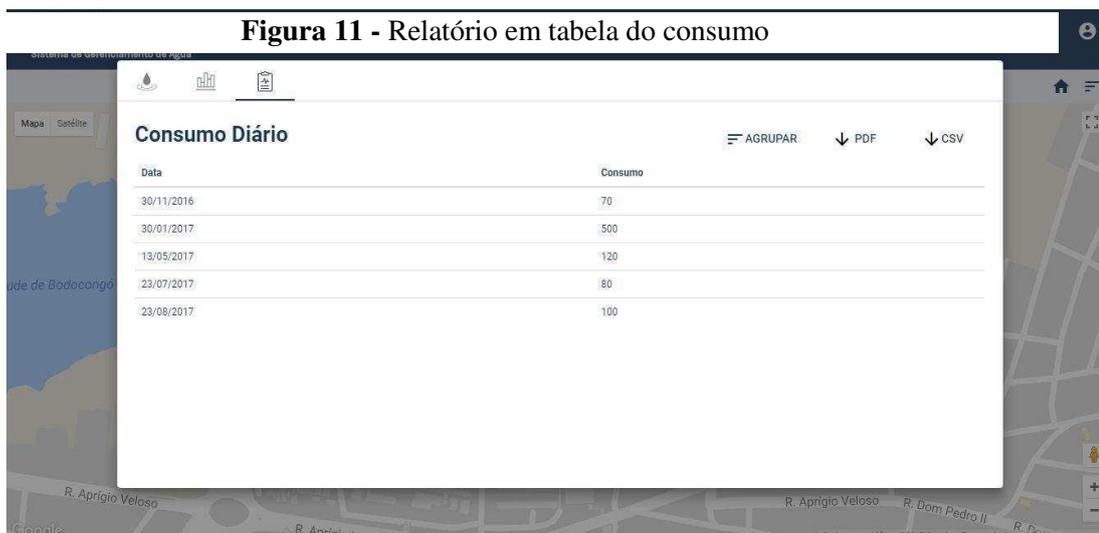
Gota vermelha: Representa os prédios que estão com o consumo de água muito acima do normal, sendo necessário atenção imediata dos administradores.

Selecionando o ícone da casa no menu, é possível visualizar um relatório resumindo todas as informações da universidade. O relatório apresenta três abas que mostram, respectivamente, características gerais, como descrição, foto, consumo total, entre outras informações (Figura 10); e relatório em tabela com o histórico mais detalhado dos consumos e possibilidade de exportação em .csv e .pdf (Figura 11).

Figura 10 - Características gerais da Universidade



Fonte: SIGA (2019).



Fonte: SIGA (2019).

Ao clicar em um dos ícones é possível ver as informações da edificação em um painel similar ao mostrado anteriormente, com as três abas mas agora respectiva apenas ao bloco selecionado (Figura 12).



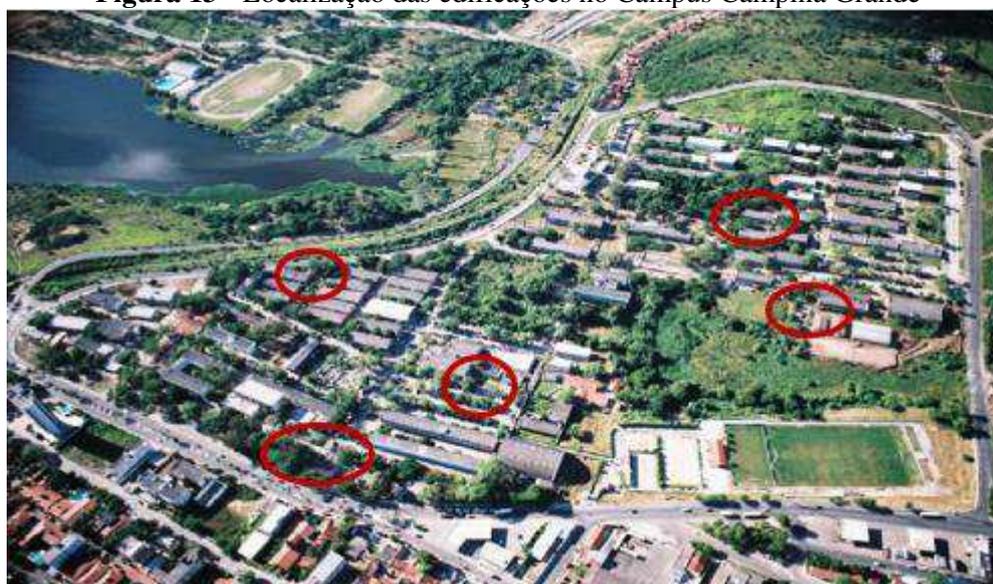
Fonte: SIGA (2019).

Deve-se deixar claro que o site possui algumas inconsistências que devem ser solucionadas em trabalhos futuros, como a conversão de dados de m³ para litros; valores de datas e horas sendo incrementados e sobrepostos; entre outros.

5.3 Área de estudo

Nesse estudo foram instalados hidrômetros digitais em cinco prédios: Prefeitura Universitária, Reitoria, Laboratório de Engenharia de Pavimentos e Geotecnia – LEP, Laboratório de Hidráulica I – CR e Laboratório de Hidráulica II – BU, da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Campina Grande. Os blocos estudados estão indicados na Figura 13.

Figura 13 - Localização das edificações no Campus Campina Grande



Fonte: Adaptado do Google (2019).

A escolha desses blocos ocorreu devido a facilidade de acesso e por possuírem uma rede de abastecimento nova. Assim toda a água consumida dentro das edificações, passa por apenas uma tubulação, na qual foi instalado o hidrômetro digital.

5.3.1 Prefeitura Universitária

Segundo Soares (2012) a Prefeitura Universitária é o órgão responsável pela proposição de diretrizes, a orientação, a coordenação, a supervisão e a fiscalização de assuntos concernentes à infraestrutura da Universidade, como a manutenção predial e das áreas verdes, elaboração dos diversos tipos de projeto: arquitetônico, elétrico, hidrossanitários e estruturais,

bem fiscalização dos serviços realizados por empresas contratadas. A Prefeitura possui uma área de 283,45 m² de acordo com Gomes (2013).

5.3.2 Reitoria

Segundo o portal da UFCG “A Reitoria da Universidade Federal de Campina Grande é o órgão executivo da Administração Superior a quem compete dirigir, administrar, planejar, coordenar e fiscalizar as atividades da Universidade. Funciona no campus sede, sendo composta pelo Gabinete do Reitor, pró-reitorias, secretarias, assessorias e órgãos auxiliares.” Segundo Gomes (2013) possui área de 1681,62 m².

5.3.3 Laboratório de Engenharia de Pavimentos e Geotecnia – LEP

Segundo o Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – PPGECA, o LEP é um laboratório para pesquisas em pavimentos e solos. Passou por uma reforma em 2013 com recursos provenientes de convênio firmado com a Petrobrás. É formado por outro sete laboratórios. Possui 852,25 m² de acordo com Gomes (2013).

5.3.4 Laboratório de Hidráulica I – Bloco CR

Laboratório utilizado para realização de experimentos nas disciplinas da graduação e pós-graduação, além de conter salas de aulas, salas de professores, salas administrativas e copa, com 1236,40 m² segundo a pesquisa de Gomes (2013). A água utilizada na realização dos experimentos é proveniente da captação de água da chuva, portanto não é utilizada água da companhia para este fim.

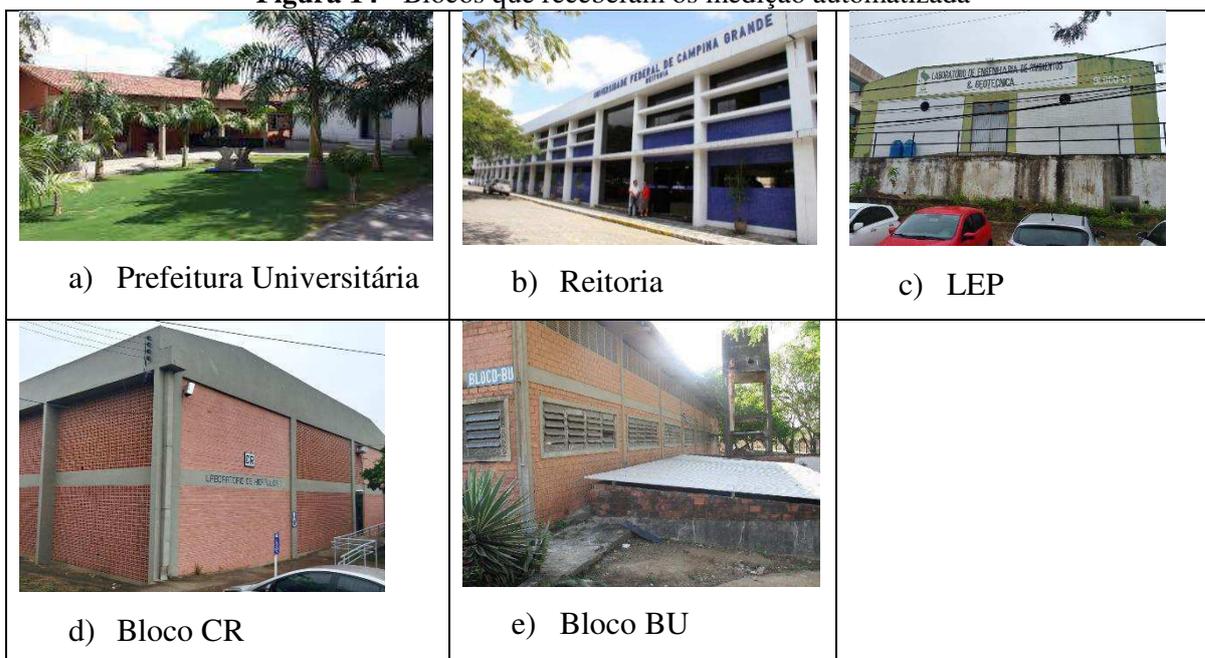
5.3.5 Laboratório de Hidráulica II – Bloco BU

Laboratório situado no bloco BU, abriga salas de professores, espaço para estudante de graduação e pós-graduação, copa e banheiros, com área de 450 m² segundo Gomes (2013). Esse prédio é abastecido por fonte de água limpa para as pias e chuveiros; e por reuso de água pluvial para sanitários e mictórios. Da mesma forma que o Laboratório de Hidráulica I, este bloco

também utiliza apenas água proveniente de captação de chuva para realização dos experimentos, não utilizando água limpa da companhia para este fim.

Na Figura 14 são mostradas as fachadas dos blocos selecionados para instalação dos protótipos micromedidores automatizados.

Figura 14 - Blocos que receberam os medição automatizada



Fonte: Google e autoria própria (2019)

Gomes (2013) realizou um trabalho na UFCG e, por meio dos dados encontrados, estimou os valores de consumo de alguns prédios, esses consumos foram atualizados com valores de população fixa e estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores estimados de consumo de alguns prédios

| PRÉDIO | POPULAÇÃO | IC médio (L/hab.dia) | CONSUMO (L/hab.dia) |
|--------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Reitoria | 40 | 33,80 | 1352 |
| Prefeitura Universitária | 28 | 33,80 | 946,40 |
| BU | 29 | 33,80 | 980,20 |
| LEP | 30 | 33,80 | 1014 |
| CR | 30 | 33,80 | 1014 |

Fonte: Adaptado de Gomes (2013)

5.4 Coleta, processamento e medição de consumo

5.4.1 Coleta e processamento de dados

Para coleta de dados de fluxo de água foi definido um intervalo de 1 segundo para captura de novas informações. Esses dados são armazenados no próprio dispositivo e a um intervalo de tempo pré-fixado (2, 10 ou 15 minutos), enviados para o servidor juntamente com a data, hora e minuto do consumo. Esses valores de tempo são determinados de forma que não sobrecarregue o servidor mas que não haja risco de perder os dados, são valores empíricos e que ainda estão sendo testados.

Foi instalado o sensor na tubulação que se desejava medir o consumo e ao lado fica posicionado o microcontrolador juntamente com um visor para acompanhamento das informações.

5.4.2 Medição de consumo

Cada bloco já possui um hidrômetro analógico, para esse estudo foi instalado, intervindo na tubulação, um sensor de fluxo que fornece um dado em forma de pulso elétrico. Esse equipamento foi instalado em cada ponto que se queria medir, assim, na entrada de água principal de cada prédio e na tubulação de alimentação de cada aparelho sanitário.

O sensor utilizado possui dimensão de $\frac{1}{2}$ polegada, aproximadamente 25 mm, assim em alguns casos foi necessário usar redutores ou luvas para encaixe do sensor na tubulação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados referentes a elaboração dos circuitos e instalações

A telemetria mostra-se uma ferramenta importante para o acompanhamento do consumo de água, possibilitando identificar remotamente as anomalias que acontecem nos pontos de fornecimento de água, oferecendo recursos para tomada de decisões mais precisas no gerenciamento dessa atividade.

A partir do banco de dados dos consumos de água de cada edificação analisada, tem-se o histórico e principais características de consumo, como por exemplo, média, máximo e mínimo, vazão em dias de semana e finais de semana, entre outros. Essas informações serão utilizadas para detecção de problemas que possibilitarão a intervenção da equipe de manutenção de instalações hidráulicas da universidade, na busca por possíveis focos de perdas ou desperdícios de água na edificação, com provável excesso de consumo.

Ressalta-se que como o sistema de monitoramento instantâneo o possível vazamento pode ser corrigido rapidamente, não sendo necessária a espera de mais de 30 dias pela leitura da concessionária de abastecimento de água para verificação de consumos anormais.

Os custos de todos os componentes utilizados são determinados na Tabela 6:

Tabela 6 - Preços dos componentes utilizados no hidrômetro digital

| COMPONENTE | PREÇO |
|---------------------|--------------|
| NodeMCU | R\$ 32,00 |
| Sensor de fluxo | R\$ 27,90 |
| Display Oled | R\$ 29,00 |
| Display LCD | R\$ 14,00 |
| I2C para LCD | R\$ 4,50 |
| Bateria de Lítio | R\$ 13,00 |
| Mini painel solar | R\$ 26,00 |
| Módulo carregador | R\$ 6,90 |
| Caixa para proteção | R\$ 21,90 |

Fonte: Automatizacg.com (2019)

Deve-se pontuar que os custos referentes a mão-de-obra não foram computados pois a Prefeitura Universitária disponibilizou um encanador e um electricista para a instalação dos hidrômetros e dos pontos de energia.

Comparando-se esses custos com o protótipo desenvolvido por Horsburgh et al (2017), que desenvolveram um protótipo similar com um custo aproximado de R\$ 485,00, enquanto o protótipo desenvolvido nesse trabalho tem custo entre R\$ 100,30 e R\$ 156,70, inferior ao apresentado.

Circuito 1: uso do display Oled

Nesse modelo o display utilizado foi o Oled para conhecimento dos dados durante instalação e manutenção, portanto não apresenta informações para usuários no próprio hidrômetro. Esse hidrômetro é alimentado com energia elétrica do próprio prédio.

O custo total para a montagem do circuito 1 é disposto na Tabela 7.

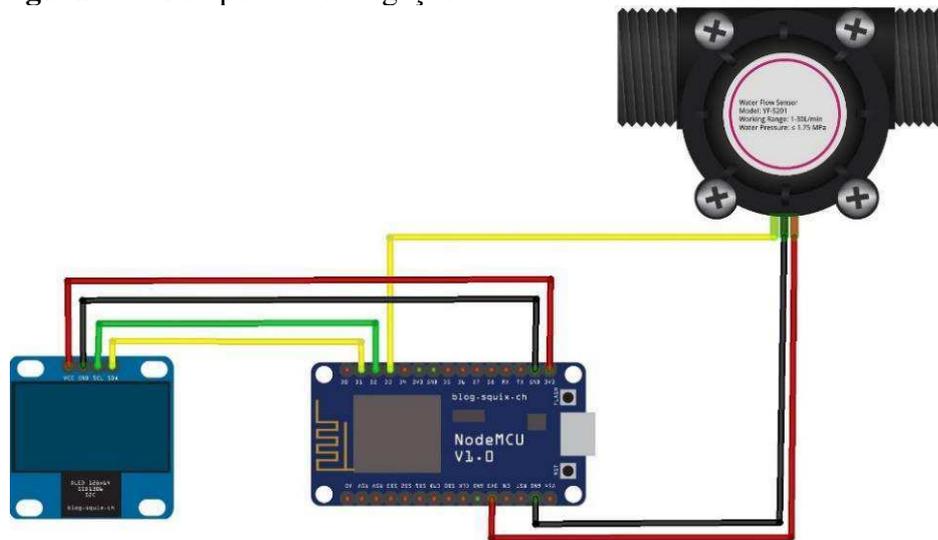
Tabela 7 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 1

| COMPONENTE | PREÇO |
|-------------------|-------------------|
| NodeMCU | R\$ 32,00 |
| Sensor de fluxo | R\$ 27,90 |
| Display OLED | R\$ 29,00 |
| Caixa Protetora | R\$ 21,90 |
| TOTAL | R\$ 110,80 |

Fonte: O Autor (2019).

A ligação do circuito é representada na Figura 15.

Figura 15 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 1

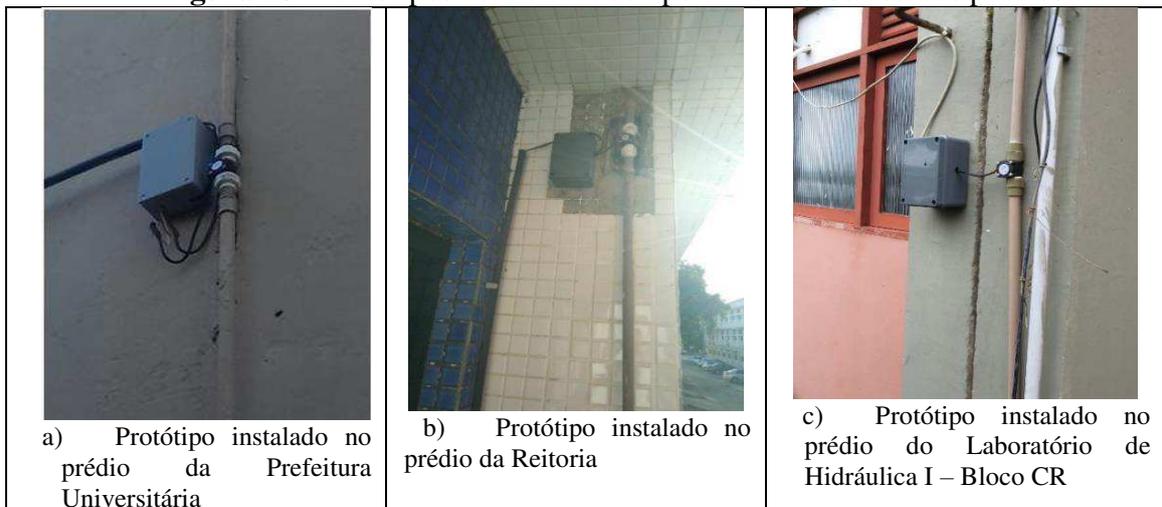


Fonte: O Autor (2019).

O sensor de fluxo é ligado na porta digital D3 do NodeMCU, além de ser conectado na alimentação de 3,3 volts e no GND (pino negativo). Já o display Oled é alimentado também por uma tensão de 3,3 volts e conectado no pino negativo, os pinos SDA e SCL do Oled são conectados respectivamente nas portas D1 e D2 do NodeMCU.

Esse primeiro circuito foi usado na Prefeitura Universitária, Reitoria e Laboratório de Hidráulica I – CR. Nos três blocos, o protótipo instalado foi posicionado na tubulação que abastece todo o prédio e antes da caixa d'água (Figura 16).

Figura 16 - Protótipos com circuitos tipo 1 instalados nos três prédios



Fonte: O Autor (2019).

Circuito 2: uso do display LCD

Esse circuito foi utilizado em todos os pontos internos do Bloco BU. Como o objetivo desse hidrômetro era apresentar para o usuário o quanto era consumido ao se usar cada aparelho e o quanto o bloco estava consumindo no geral, foi utilizado displays de LCD para melhor visualização. Esse protótipo é alimentado com a energia elétrica convencional da edificação. Os componentes do protótipo que utiliza o Circuito 2 estão mostrados na Tabela 8.

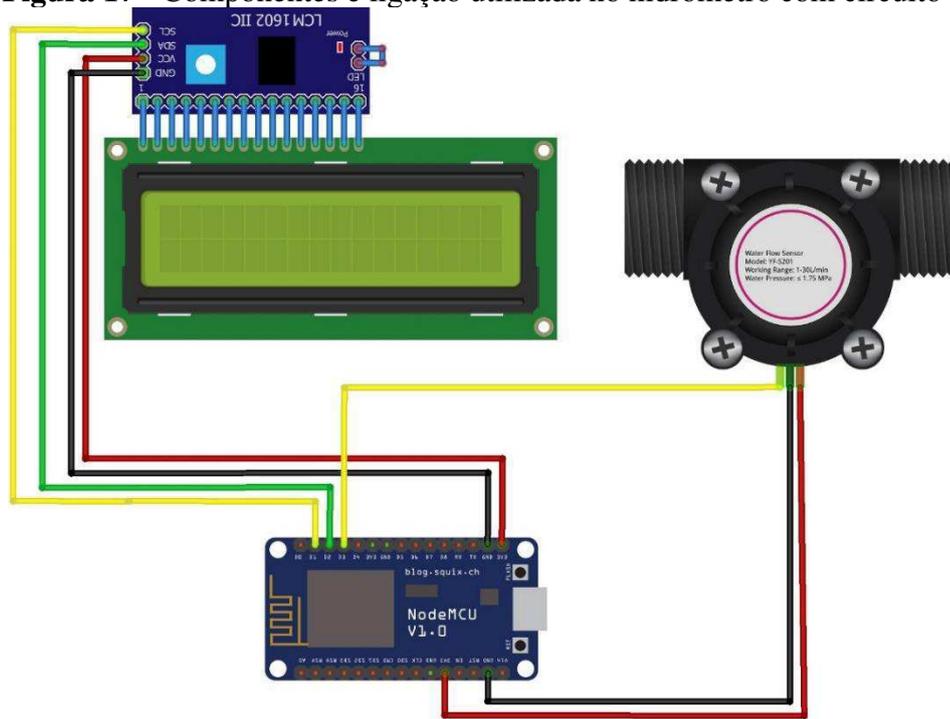
Tabela 8 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 2

| COMPONENTE | PREÇO |
|-------------------|-------------------|
| NodeMCU | R\$ 32,00 |
| Sensor de fluxo | R\$ 27,90 |
| Display LCD | R\$ 14,00 |
| I2C para LCD | R\$ 4,50 |
| Caixa Protetora | R\$ 21,90 |
| TOTAL | R\$ 100,30 |

Fonte: O Autor (2019).

Conforme descrito na Tabela 8, o valor final para este protótipo do Circuito 2 foi de R\$ 100,30. O circuito correspondente se encontra na Figura 17:

Figura 17 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 2



Fonte: O Autor (2019).

Na Figura 17 o sensor de fluxo é ligado na porta digital D3 do NodeMCU, além de ser conectado na alimentação de 3,3 volts e no GND (pino negativo). Já o display LCD é conectado no I2C com todos os pinos em sequência, dessa forma, foi possível fazer a solda direta do I2C no LCD. O I2C é ligado na tensão de 5 volts e conectado no pino negativo, os pinos SCL e SDA são conectados respectivamente nas portas D1 e D2 do NodeMCU.

A instalação dos protótipos com circuito tipo 2 foi realizada nos banheiros e cozinha do Bloco BU, conforme Figura 18.

Figura 18 - Protótipos com circuitos tipo 2 instalados nas peças



Fonte: O Autor (2019).

Circuito 3: uso do display Oled e alimentação por placa solar

O último circuito é uma combinação do Circuito 1 com a utilização de energia solar como fonte de alimentação. Essa forma de alimentação foi adotado para que os medidores gerassem menos impacto e sendo totalmente portáteis. Esse tipo foi utilizado no Laboratório de Engenharia de Pavimentos e Geotecnia - LEP e no medidor externo de água limpa do Bloco BU. Na Tabela 9 estão descritos seus componentes e seus respectivos custos.

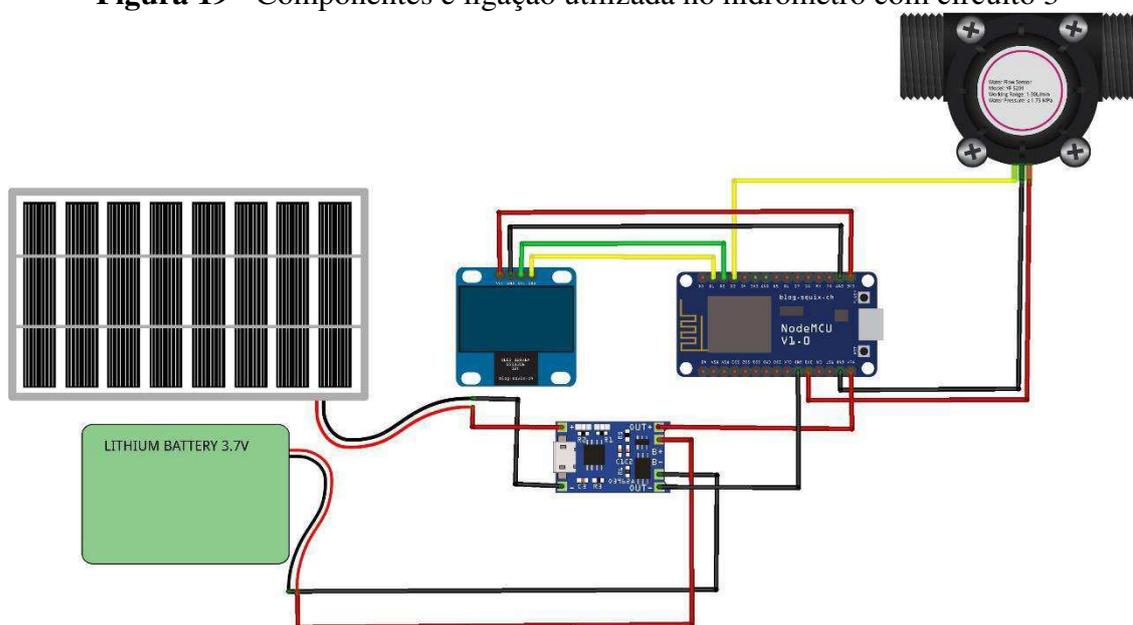
Tabela 9 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 3

| COMPONENTE | PREÇO |
|------------------------------|------------|
| NodeMCU | R\$ 32,00 |
| Sensor de fluxo | R\$ 27,90 |
| Display Oled | R\$ 29,00 |
| Mini Painel solar | R\$ 26,00 |
| Módulo carregador de bateria | R\$ 6,90 |
| Bateria de Lítio | R\$ 13,00 |
| Caixa Protetora | R\$ 21,90 |
| TOTAL | R\$ 156,70 |

Fonte: O Autor (2019).

Conforme mostrado na Tabela 9, o custo desse protótipo que utiliza placa solar com bateria recarregável foi de R\$ 156,70. O circuito correspondente está ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 3

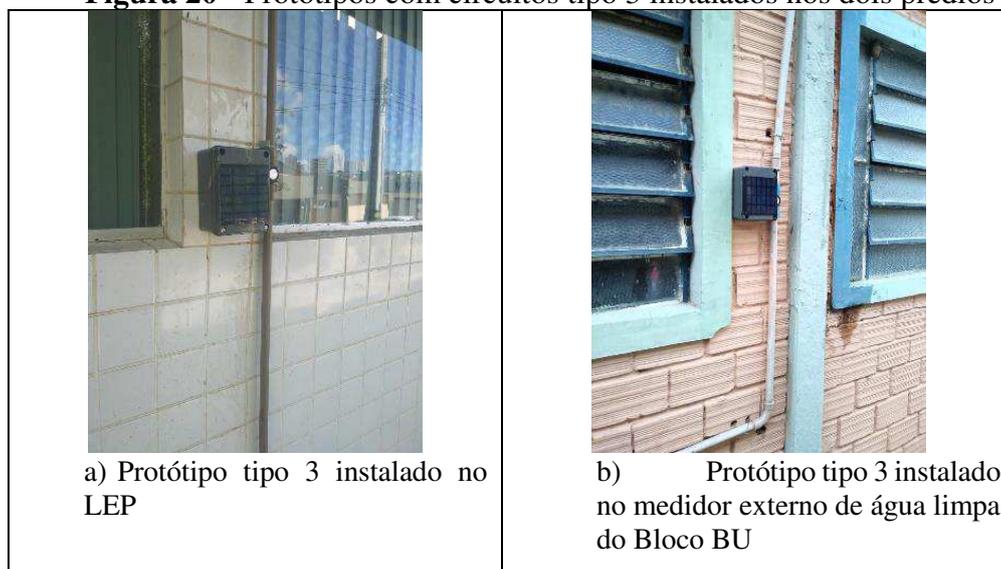


Fonte: O Autor (2019).

A ligação apresentada na Figura 19 pode ser descrita da mesma forma que a ligação do Circuito 1: o sensor de fluxo é ligado na porta digital D3 do NodeMCU, além de ser conectado na alimentação de 3,3 volts e no GND (pino negativo). Já o display Oled é alimentado também

por uma tensão de 3,3 volts e conectado no pino negativo, os pinos SDA e SCL do Oled são conectados respectivamente nas portas D1 e D2 do NodeMCU. Além disso o minipainel solar possui seus conectores positivo e negativo ligados nas entradas positiva e negativa do Módulo carregador de bateria TP4056. A bateria de lítio é ligada nos conectores positivo e negativo do módulo TP 4056 e desse partem dois fios: um positivo que alimenta o NodeMCU ligado no pino Vin; e um negativo ligado no pino negativo GND. Na Figura 20 são mostrados os medidores digitais instalados nos blocos LEP e BU.

Figura 20 - Protótipos com circuitos tipo 3 instalados nos dois prédios



Fonte: O Autor (2019).

6.2 Resultados referentes ao monitoramento das edificações

6.2.1 Prefeitura Universitária

O primeiro protótipo foi instalado no bloco AJ que corresponde à Prefeitura Universitária e prédio adjacente, no dia 24 de julho de 2018. Desde então o site recebe os dados de consumo desse bloco a cada dois minutos e gera as curvas.

Analisando os consumos diários pode-se notar que os valores oscilam entre 800 e 1000 litros por dia, uma taxa que se assemelha ao valor estimado por Gomes (2013), a qual determinou um valor 946,40 litros por dia para esse prédio e uma população de 28 pessoas.

Nos finais de semana e feriados o consumo é zero, algo já esperado pois não há atividade nesses respectivos dias (Figura 21).

Figura 21 - Curvas de consumo diário

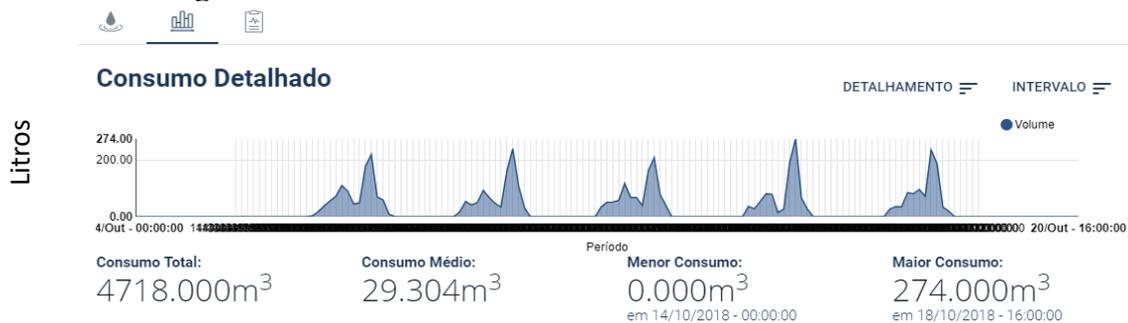


Fonte: SIGA (2019).

Observa-se um consumo não esperado em dois sábados, nos dias 15 e 22 de setembro. Foram valores relativamente baixos, 15 e 82 litros, respectivamente, mas como não há atividade nesse setor em finais de semana, o registro deveria ser zerado igual em todos os outros casos similares. Suspeita-se que esses consumos foram realizados por pessoas que praticavam exercícios no ginásio que fica ao lado e usou o banheiro da prefeitura universitária, indevidamente.

Mudando a escala de análise na aba detalhamento para um consumo detalhado pode-se ver as curvas do dia, com o consumo acumulado em cada hora e assim entender quais horários de pico (Figura 22).

Figura 22 - Consumo detalhado do dia 14/10 até dia 21/10



Fonte: SIGA (2019).

Figura 23 - Consumo detalhado do dia 19/06/19 até dia 27/06/19



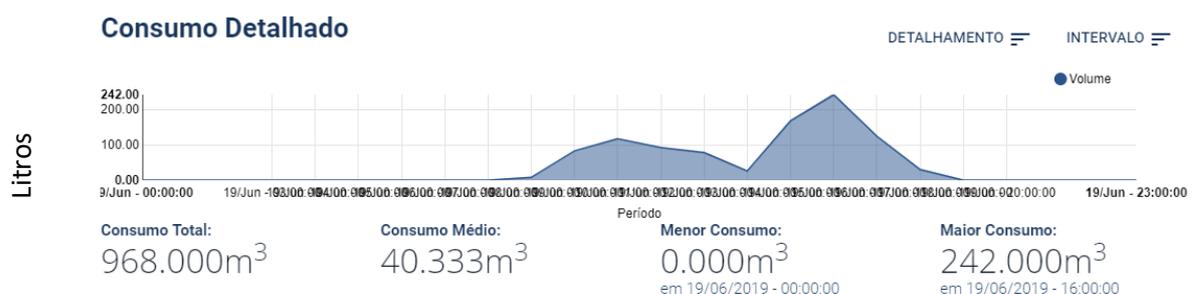
Fonte: SIGA (2019).

Com os valores mostrados na Figura 22 e Figura 23, pode-se notar que existe um padrão para a curva de consumo diário:

- Os registros de consumo começam a aparecer a partir das 6 ou 7 horas da manhã, horário que os jardineiros começam a trabalhar;
- Entre 11 e 12 horas ocorre o pico de consumo do horário da manhã, cerca de 100 litros são consumidos;
- Entre às 16 e 17 horas ocorre o pico máximo diário, registrando-se valores de consumo entre 200 e 300 litros. Esse pico ocorre nessa hora, pois é o horário que os trabalhadores terceirizados (pedreiros, serventes, eletricitistas, jardineiros) voltam das suas atividades e todos usam os banheiros do bloco para tomarem banho.
- A partir das 19 horas não é registrado nenhum outro consumo, algo esperado pois o bloco não funciona no horário noturno, voltando apenas no outro dia.

A curva padrão do consumo diário desse bloco está apresentada na Figura 24, assim, qualquer dia que registre algo muito diferente disso, deve-se analisar pois pode representar um vazamento, uma falta de água ou um furto.

Figura 24 - Consumo detalhado Prefeitura dia 19/06/2019

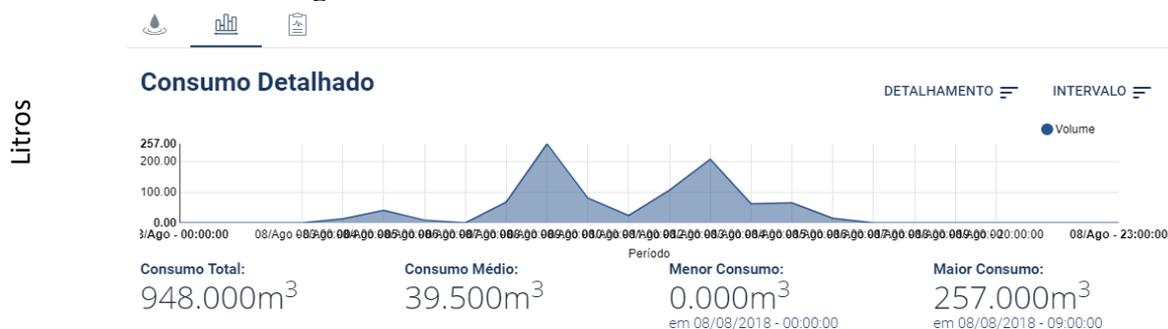


Fonte: SIGA (2019).

Nota-se que o consumo total nesse dia foi de 968 litros, os consumos máximos ocorreram às 11 horas registrando 117 litros e às 16 horas registrando 242 litros.

Para exemplificar consumos fora do padrão, dois dias foram registrados consumos não esperados: No dia 08 de agosto de 2018 foi detectado um consumo de 257 litros às 12 horas, consumo não esperado para aquele horário (Figura 25). Inicialmente, pensou-se ser um vazamento, mas ocorreu apenas o fechamento da caixa d'água e sua reabertura depois, assim esse consumo maior ocorre devido ao enchimento do reservatório, visto que o protótipo está instalado antes da caixa.

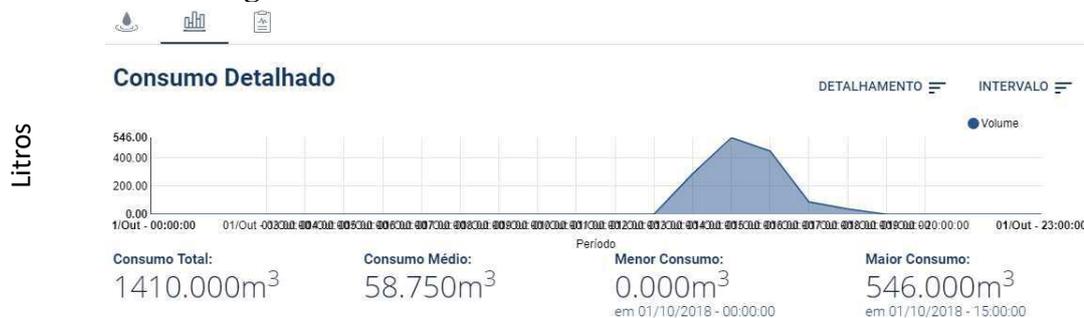
Figura 25 - Consumo detalhado data 08/08/18



Fonte: SIGA (2019).

No dia 01 de outubro, outra curva fora do padrão foi detectada (Figura 26). Novamente a caixa d'água estava fechada até às 14 horas, dessa forma o consumo registrado foi sempre zero. Às 14 horas a caixa foi aberta e começou a ser enchida, sendo registrado um consumo de 288 litros às 14 horas e 546 litros às 15 horas.

Figura 26 - Consumo detalhado data 01/10/18



Fonte: SIGA (2019).

6.2.2 Reitoria

Nesse bloco o hidrômetro foi instalado no dia 02 de junho de 2019 e envio de dados foi configurado para uma taxa de 15 minutos, ou seja, o protótipo acumula os valores de consumo e a cada 15 minutos envia para o site.

Percebe-se, ao analisar os consumos diários, que esse bloco não apresenta um consumo constante, mas gira em torno de 700 a 1000 litros por dia. Isso pode ser explicado por esse ser um prédio com alta rotatividade de pessoas, e não existe um padrão fixo de usuários, conforme Figuras 27.

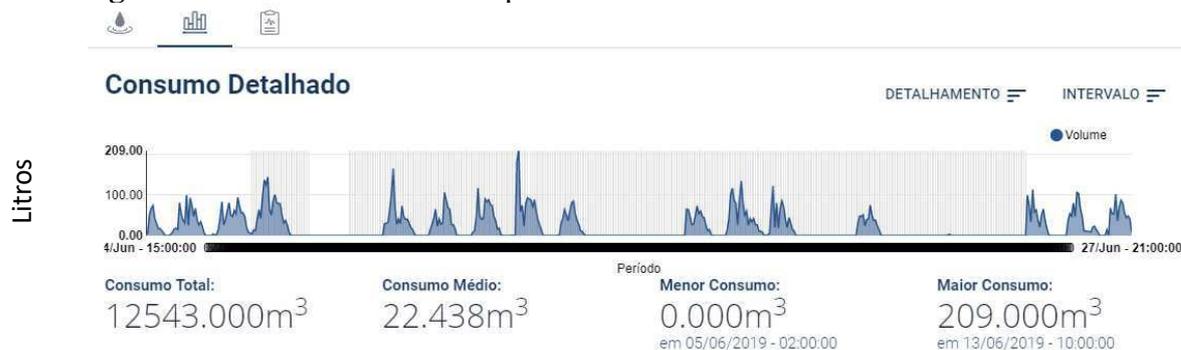
Figura 27 - Consumo diário da Reitoria do dia 04/06/19 a 27/06/19



Fonte: SIGA (2019).

O consumo estimado por Gomes (2013) e atualizado nesse estudo para esse prédio foi de, 1352 litros/dia esse valor é bem superior ao registrado, essa divergência pode ser atribuída ao fato de se haver uma população flutuante muito grande nesse prédio devido a todas atividades desenvolvidas.

Figura 28 - Consumo detalhado por hora da Reitoria do dia 04/06/19 a 27/06/19



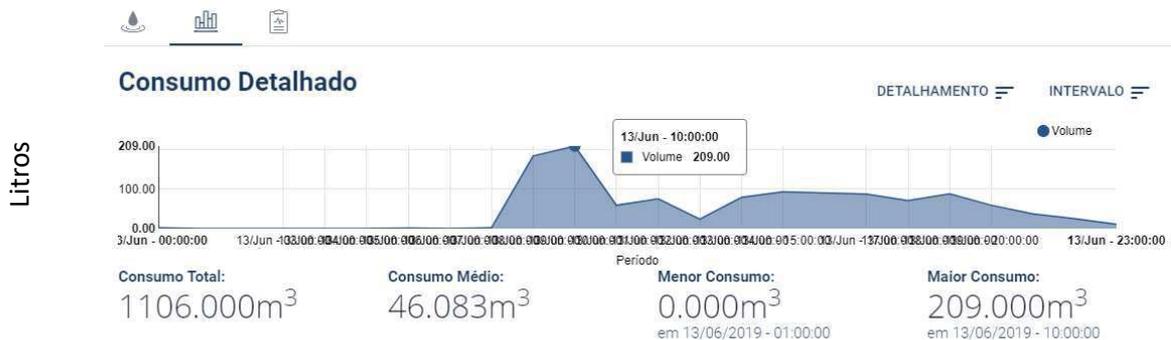
Fonte: SIGA (2019).

Como mostra a Figura 28, mudando a granularidade para que se possa ver o consumo detalhado em cada hora nesse período, pode-se notar que esse prédio não possui um padrão de consumo bem definido devido a grande frequência de pessoas além do pessoal fixo e da instabilidade dessa quantidade. Mas os consumos em sábados, domingos e feriados são nulos, tal como esperado.

Como esse prédio possui funcionamento nos três turnos, nota-se que o consumo se inicia entre 7 e 8 horas da manhã, todos os dias, horário que os funcionários chegam, mas se estende até o período da noite, diminuindo por volta das 22 horas até as 23 horas.

Os picos de consumo ocorrem, geralmente entre 11 e 13 hora e entre 16 e 17 horas. O maior consumo registrado foi no dia 13/06/2019 com um consumo de 209 litros entre 10 e 11 horas da manhã (Figura 29).

Figura 29 - Máximo consumo registrado na Reitoria, data 13/06/2019 209 litros entre 10 e 11 horas da manhã



Fonte: SIGA (2019).

Há registros de pequenos consumos em dias sem expediente, e durante a madrugada, porém se deve ao uso dos banheiros pelos seguranças.

A curva padrão do consumo do dia 27/06/19 é apresentada na Figura 30 e pode-se notar que existem esses pequenos consumos durante os horários da madrugada:

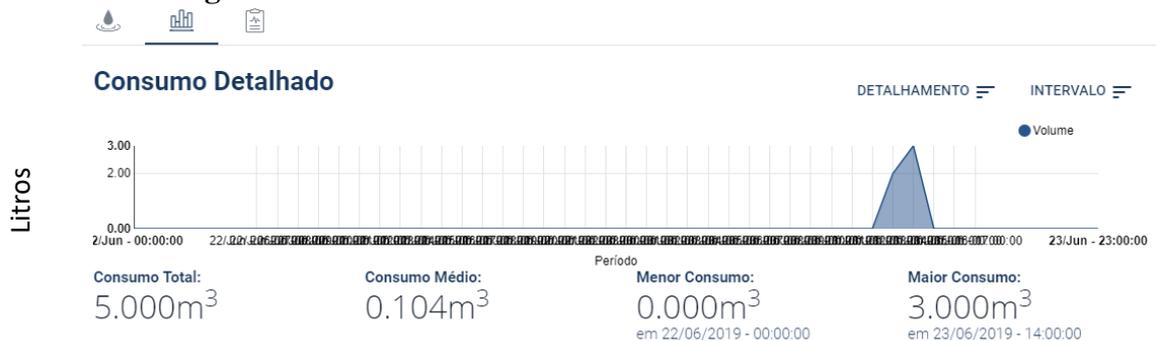
Figura 30 - Consumo detalhado da Reitoria data: 27/06/19



Fonte: SIGA (2019).

No dia 23/06/19, um domingo, foi registrado um consumo de 5 litros entre 13 e 15 horas, o que pode ser justificado como uso por algum dos seguranças do banheiro desse bloco, conforme Figura 31.

Figura 31 - Consumo detalhado da Reitoria data: 23/06/19

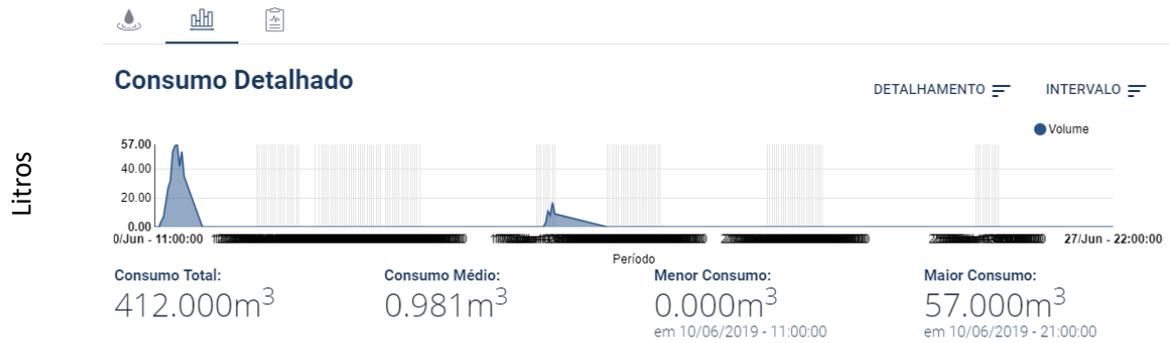


Fonte: SIGA (2019).

6.2.3 Laboratório de Hidráulica I – Bloco CR

Nesse bloco o hidrômetro digital foi instalado no dia 09 de junho de 2019 e a taxa de envio de dados para o site também foi de 15 minutos. O protótipo foi instalado logo após o hidrante convencional para que se pudesse fazer uma comparação entre as medições, e ambos ficam antes da caixa d'água. Na Figura 32 está descrito o consumo detalhado do bloco CR para o período de 10/06 a 27/06 de 2019.

Figura 32 - Consumo detalhado do Bloco CR de 10/06/19 a 27/06/19



Fonte: SIGA (2019).

Percebe-se, tanto ao observar os valores gerados pelo protótipo, quanto os valores dados pelo hidrômetro convencional, que o registro do consumo é pequeno e, em diversos dias, até nulo. Isso ocorre devido a boia utilizada para fechamento da caixa d'água que só permite que esse receba água depois que uma boa quantidade seja consumida. Na Figura 33, está ilustrado a curva de consumo do período entre os dias 10/06 a 27/06 de 2019.

Comparando-se com os valores estimados por Gomes (2013), de 1014 litros/dia e uma população de 30 pessoas, existe uma diferença considerável, que pode ser justificada pelo uso de água pluvial, assim, constata-se a importância de água de chuva em edificações principalmente em edificações públicas e em regiões que sofrem constantemente com a falta de água. Com um sistema simples é possível garantir a sustentabilidade hídrica de uma edificação e servir de exemplo para outros prédios dentro da própria universidade quanto para outras universidades e prédios públicos e particulares.

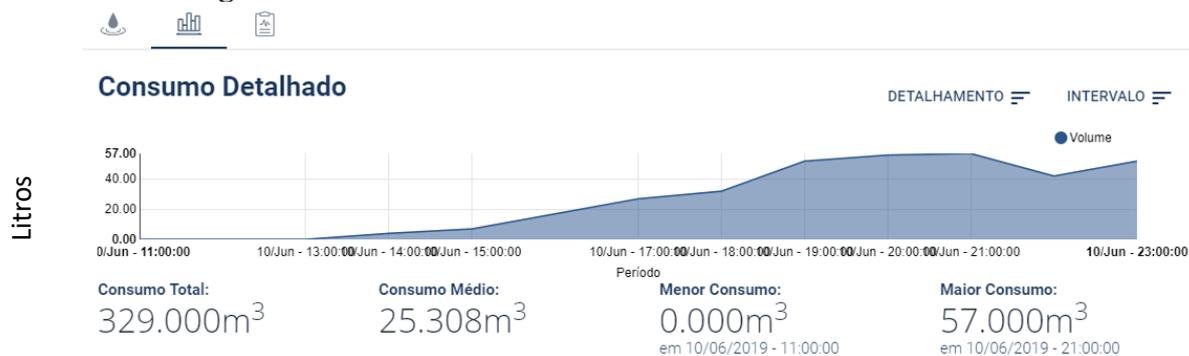
Figura 33 - Consumo diário do Bloco CR de 10/06/19 a 27/06/19



Fonte: SIGA (2019).

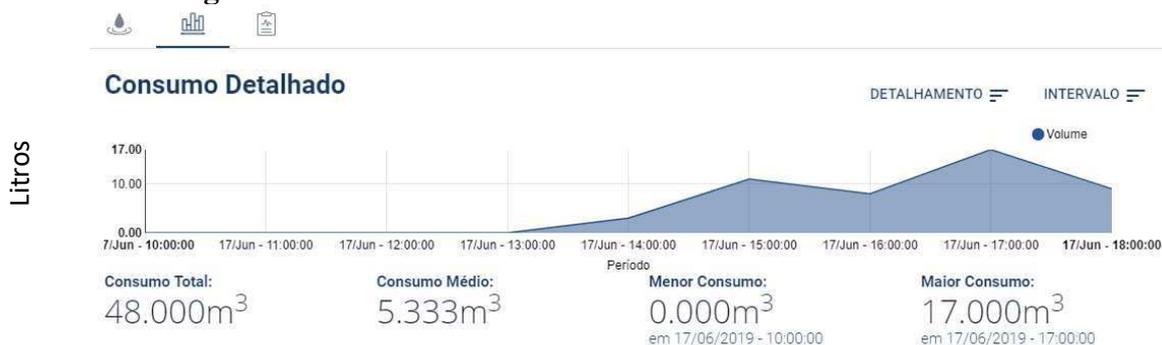
Durante esse período de tempo houve registro apenas de 364 litros no dia 10 de Junho e depois 48 litros no dia 17 de Junho (Figura 34 e Figura 35). Após esses dois registros, todo o consumo é zero. E isso também foi registrado no hidrômetro convencional.

Figura 34 - Consumo detalhado do Bloco CR data: 10/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Figura 35 - Consumo detalhado do Bloco CR data: 17/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Provavelmente, a instalação do protótipo após a caixa d'água pode ser mais eficiente pois assim poderá ser registrado o real consumo do prédio no momento em que está acontecendo e não apenas para reabastecimento da caixa d'água.

6.2.4 Laboratório de Engenharia de Pavimentos e Geotecnia – LEP

Nesse bloco o hidrômetro digital foi instalado dia 03 de junho de 2019, o envio também é feito a cada 15 minutos e o protótipo fica logo em seguida do hidrômetro convencional para

comparações de consumo. O consumo diário monitorado para o bloco LEP entre o período de 04/06 a 27/06 de 2019 está ilustrado na Figura 36.

Figura 36 - Consumo diário do LEP de 04/06/19 a 27/06/19



Fonte: SIGA (2019).

De acordo com a análise da Figura 36, foi possível perceber que o consumo diário varia entre 400 a 600 litros por dia, mas em dias específicos ocorreram consumos de mais de 1000 litros. O valor estimado pela literatura foi de 1014 litros/dia e população de 30 pessoas, ficando bem acima do normalmente medido.

Esses picos de mais de 1000 litros nos dias 11 e 25 de Junho podem estar relacionados com o uso de equipamentos no laboratório que consomem grande quantidade de água, como é o caso dos destiladores, que possuem um consumo médio de 80 litros de água no resfriamento para produzir entre 4,5 a 5 litros de água destilada por hora de acordo com Bezerra (2018).

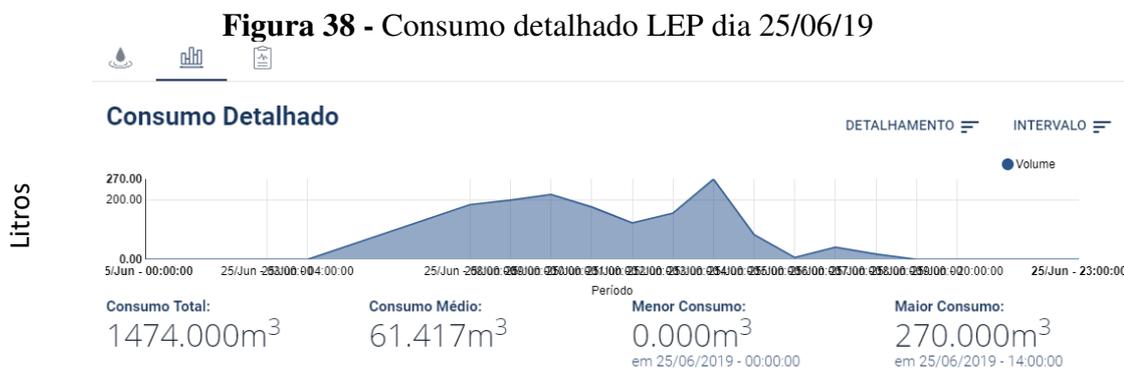
Figura 37 - Consumo detalhado LEP dia 11/06/19



Fonte: SIGA (2019).

No dia 11/06/19 obteve-se um consumo de 1160 litros, e um pico de 353 litros de água consumidos entre 9 e 10 horas da manhã, devido ao uso de um aparelho no laboratório. Já o

máximo consumo diário foi de 1474 litros registrado no dia 25/06/19. Esse consumo fora do padrão também foi justificado pelo uso do aparelho destilador no laboratório. Já na Figura 38, é descrito o consumo detalhado para o LEP para o dia 25/06/2019.



Fonte: SIGA (2019).

Observando o consumo detalhado desse bloco para o período de 11/06 a 17/06 de 2019, descrito na Figura 39, é possível notar que o consumo começa a ocorrer as 8 horas, horário que começa o expediente e as aulas; e às 18 horas o consumo para de ser registrado, como já era esperado por não funcionar no período noturno. Além disso, sábados, domingos e feriados o consumo é nulo também.



Fonte: SIGA (2019).

O bloco LEP apresenta pico de consumo entre 9 e 10 horas da manhã e no período da tarde tem seu pico entre 15 e 17 horas, horários com maior concentração de alunos, professores e funcionários.

6.2.5 Laboratório de Hidráulica II – Bloco BU

Esse bloco é abastecido por duas fontes: água fornecida pela CAGEPA (Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba) para as pias e chuveiro e água de captação da chuva para sanitários e mictório. Dessa forma não há apenas um registro de consumo geral, mas sim dois registros.

Os protótipos foram instalados nesse prédio no dia 19 de junho de 2019 e possuem a função de mostrar para os usuários o quanto está sendo gasto no prédio, por isso, optou-se por um visor maior. Além disso, há o monitoramento individual de cada peça hidráulica. Os consumos registrados por todo o prédio e por cada peça tem uma taxa de envio a cada 10 minutos e serão detalhados abaixo:

- **Consumo geral de água da CAGEPA**

Analisando-se o consumo diário entre os dias 11/06/2019 e 27/06/2019, descritos na Figura 40, percebe-se que esse prédio possui um consumo médio de água de 30 a 40 litros por dia, valores aceitáveis pois esse consumo é referente a pia da copa, lavatório do banheiro e chuveiro.



Fonte: SIGA (2019).

Percebe-se ainda, analisando a Tabela 10, que aos sábados, domingos e feriados o consumo é nulo, como esperado, pois esse bloco não possui funcionamento durante este período.

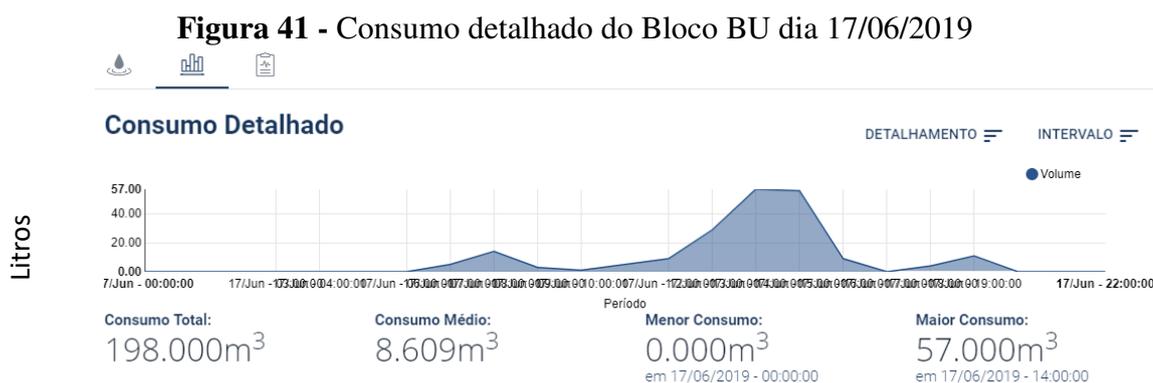
Tabela 10 - Consumo diário de água da companhia de 19/06/2019 a 27/06/2019

| DATA | CONSUMO CAGEPA (Litros) |
|------------|----------------------------|
| 19/06/2019 | 25 |
| 20/06/2019 | 0 |
| 21/06/2019 | 66 |
| 22/06/2019 | 0 |
| 23/06/2019 | 0 |
| 24/06/2019 | 0 |
| 25/06/2019 | 17 |
| 26/06/2019 | 83 |
| 27/06/2019 | 38 |

Fonte: O Autor (2019).

A curva de consumo monitorado para o Bloco BU para o dia 17/06/2019 está ilustrado na Figura 41. A partir da análise do consumo, é possível perceber que o valor máximo de consumo ocorreu no dia 17/06/2019 com um valor de 198 litros.

Essas datas foram escolhidas para padronizar com o consumo de todos os prédios e pontos individuais estudados.

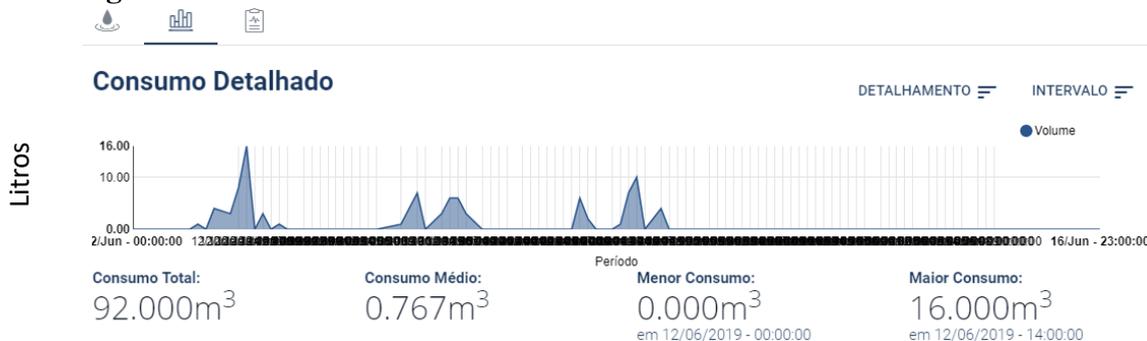


Fonte: SIGA (2019).

Mudando o detalhamento do gráfico, é possível analisar o consumo por hora, conforme mostrado na Figura 42, assim percebe-se que o consumo do prédio se inicia entre 7 e 8 horas da manhã, horário de início de expediente e chegada de funcionários e finaliza entre 18 e 19

horas da noite, não registrando nenhum consumo durante a madrugada, como era esperado também.

Figura 42 - Consumo detalhado do Bloco BU de 12/06/2019 a 16/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

- **Consumo geral de água pluvial**

Os valores registrados nesse protótipo se referem aos dois sanitários e ao mictório que são abastecidos com água de captação de chuva, sendo os valores obtidos no monitoramento ilustrados na Figura 43.

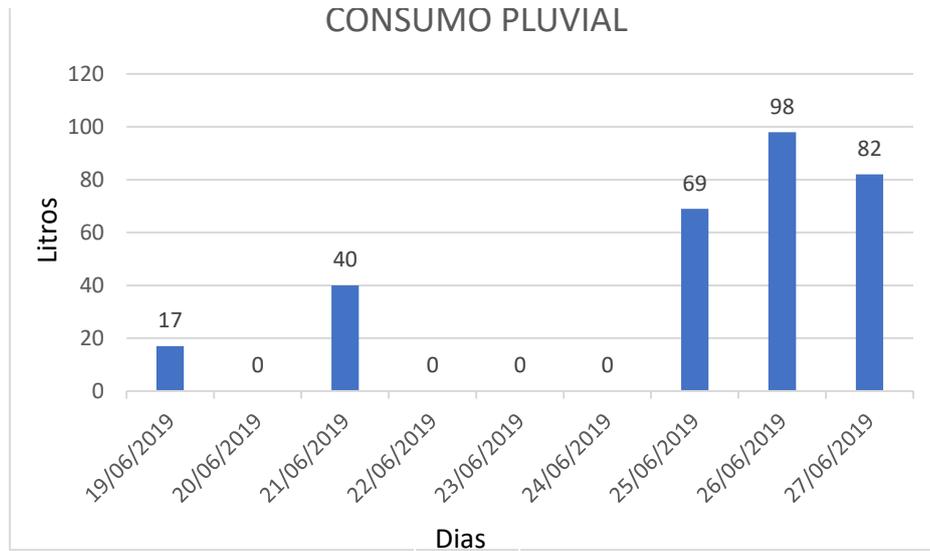
Figura 43 - Consumo diário pluvial Bloco BU de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Analisando-se o consumo diário entre os dias 19/06/2019 e 28/06/2019, conforme gráfico ilustrado na Figura 44, percebe-se que o consumo médio é entre 70 e 90 litros por dia, superior ao consumo de água da companhia, mas aceitável pois essa rede abastece dois sanitários e um mictório, aparelhos que consomem mais que as pias.

Figura 44 - Consumo diário pluvial Bloco BU de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: O Autor (2019).

Nota-se ainda que aos sábados e domingos o consumo é nulo, como esperado, e no dia 20/06 e 24/06 os consumos também foram zeros, haja vista que houve feriados, não ocorrendo assim atividades no prédio.

Observando o consumo detalhado por hora, percebe-se que os picos ocorrem entre 9 e 10 horas da manhã e entre 12 e 13 horas da tarde. Os valores registrados de consumo iniciam-se entre 8 e 9 horas da manhã, finalizando entre 18 e 19 horas, seguindo o horário de funcionamento desse bloco, Figura 45.

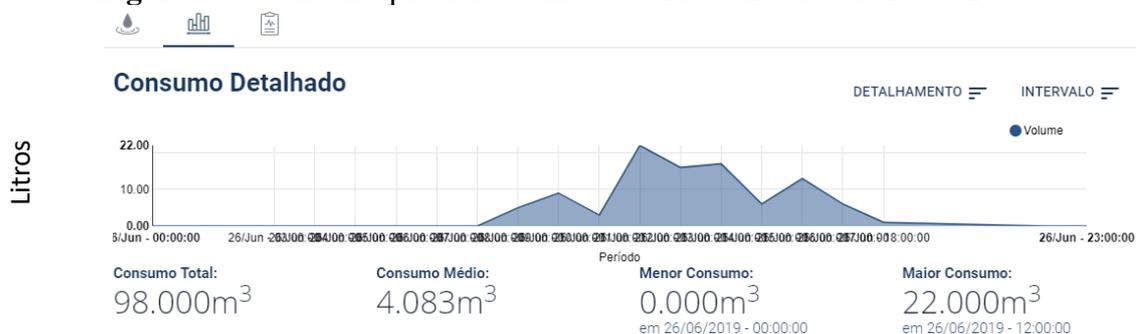
Figura 45 - Consumo pluvial detalhado do Bloco BU entre 19/06/2019 e 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Na Figura 46, é possível identificar o consumo máximo diário registrado no bloco BU, 98 litros/dia para a data 26/06/2019.

Figura 46 - Consumo pluvial detalhado do Bloco BU no dia 26/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

A Tabela 11 ilustra os valores de consumo para as duas fontes de abastecimento utilizadas no bloco.

Tabela 11 - Consumo médio total do Bloco BU entre 19/06/2019 e 27/06/2019

| DATA | CONSUMO PLUVIAL (Litros) | CONSUMO CAGEPA (Litros) | CONSUMO TOTAL (Litros) |
|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 19/06/2019 | 17 | 25 | 42 |
| 20/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 21/06/2019 | 40 | 66 | 106 |
| 22/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 23/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 24/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 25/06/2019 | 69 | 17 | 86 |
| 26/06/2019 | 98 | 83 | 181 |
| 27/06/2019 | 82 | 38 | 120 |

Fonte: O Autor (2019).

Comparando-se o consumo médio de água limpa da CAGEPA e da água de captação da chuva, é possível perceber que esse bloco possui um uso de água de chuva maior que o uso de

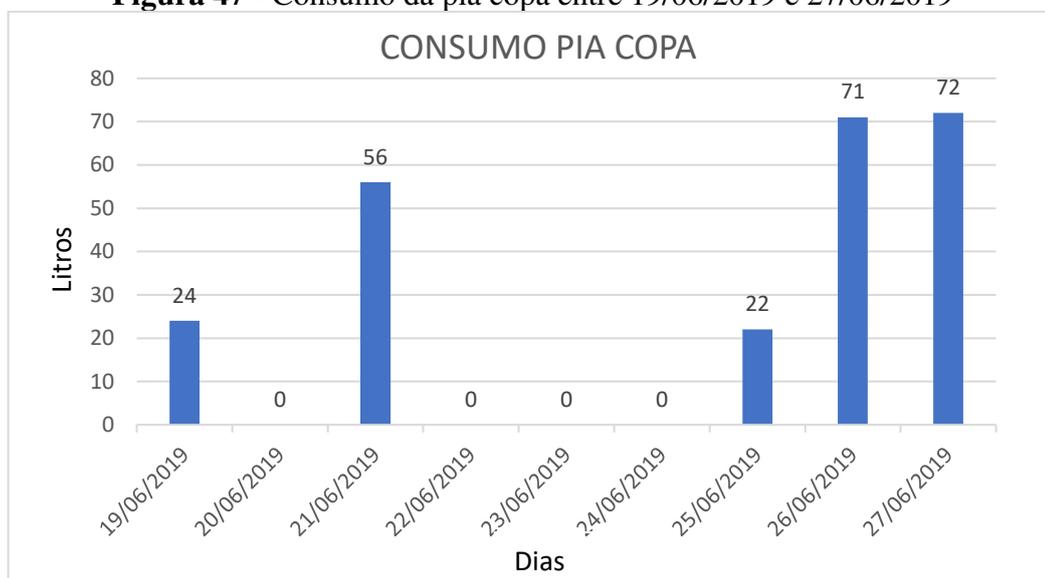
água limpa, podendo ser classificado como um bloco poupador de água, no qual foram adotadas e efetivamente utilizadas medidas de gestão de demanda.

O valor de consumo estimado por Gomes (2013) foi de 980,20 litros/dia e uma população de 29 pessoas, valor bem acima do medido e que pode ser justificado pelo uso de água pluvial e aparelhos poupadores que reduziram o consumo.

- **Consumo pia copa**

Esse aparelho é abastecido com água da CAGEPA. Analisando seu consumo diário no período de 19/06/2019 a 27/06/2019, observou-se que os valores registrados são os descritos no gráfico ilustrado na Figuras 47 e 48.

Figura 47 - Consumo da pia copa entre 19/06/2019 e 27/06/2019



Fonte: O Autor (2019).

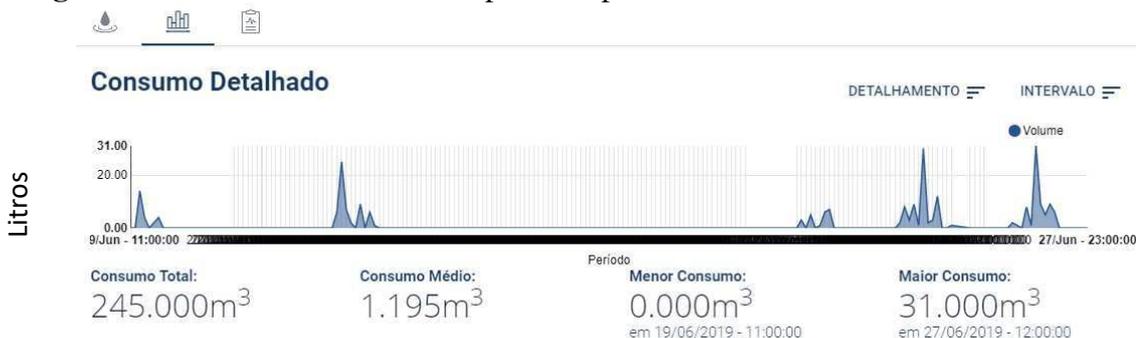
Figura 48 - Consumo diário da pia copa do dia 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Mudando-se o detalhamento do gráfico, pode-se analisar o consumo por hora, conforme ilustrado na Figura 49. Percebe-se que o consumo se inicia e finaliza nos mesmos horários registrados no consumo geral da água da CAGEPA, sem ter registros de madrugada, finais de semana ou feriados, isso mostra que não há vazamentos nesse trecho da tubulação. Nota-se também que o pico de consumo desse aparelho, geralmente ocorre entre 12 e 13 horas.

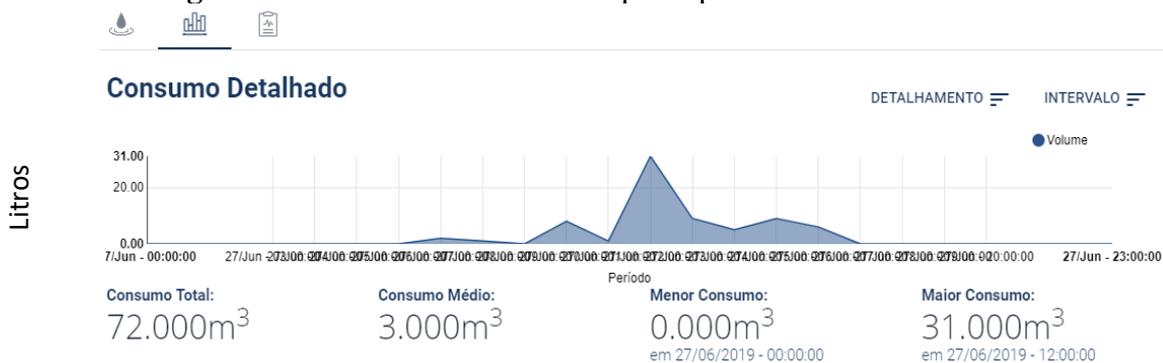
Figura 49 - Consumo detalhada da pia da copa do dia 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Com o consumo detalhado no dia (Figura 50), é possível observar que só há registros durante o horário normal de funcionamento do bloco, certificando-se assim de que não há vazamentos.

Figura 50 - Consumo detalhado da pia copa no dia 27/06/2019

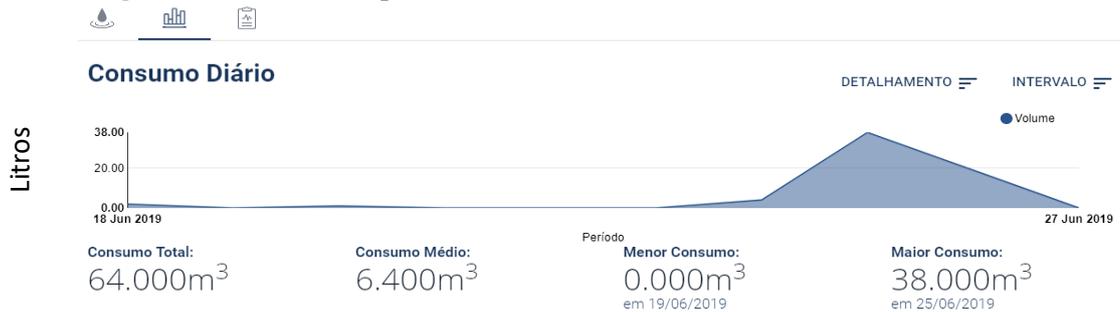


Fonte: SIGA (2019).

- **Consumo da pia banheiro**

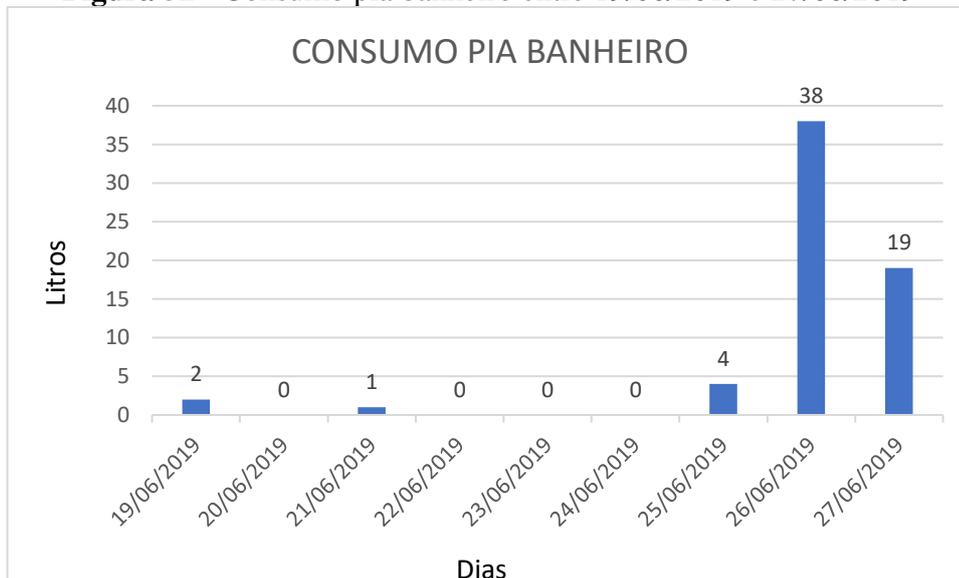
Este aparelho é alimentado com água proveniente da CAGEPA. O protótipo instalado nesse equipamento teve seus registros influenciados por falhas na comunicação de dados, o que justifica a sua variação anormal como pode ser visto nas Figuras 51 e 52. Essas falhas podem ter sido causadas por falta de energia ou falta de internet.

Figura 51 - Consumo pia banheiro entre 19/06/2019 e 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

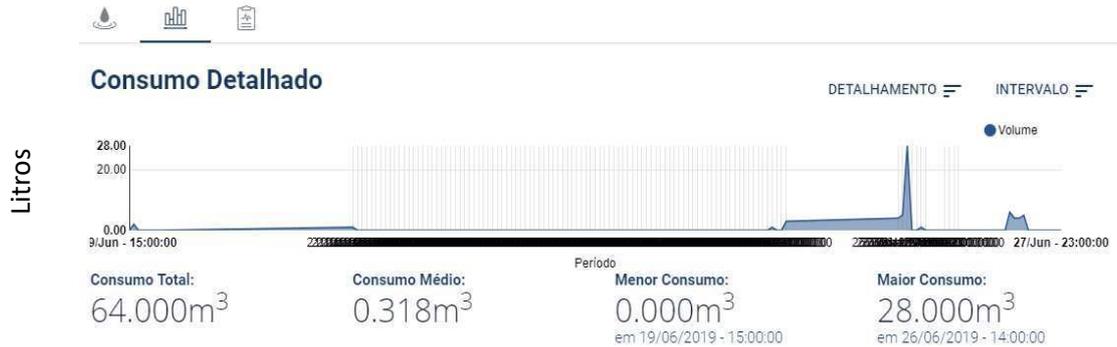
Figura 52 - Consumo pia banheiro entre 19/06/2019 e 27/06/2019



Fonte: O Autor (2019).

Mudando-se o detalhamento nas curvas de consumo, é possível analisar o consumo detalhado em cada hora do dia, conforme mostrado na Figura 53.

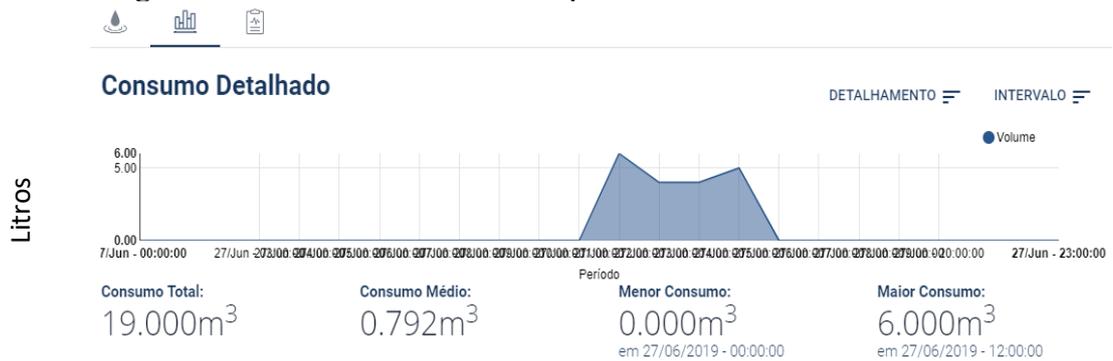
Figura 53 - Consumo detalhado pia banheiro entre 19/06/2019 e 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Mesmo com as falhas na comunicação no período registrado, percebeu-se que os registros de consumo são aceitáveis, por não registrar consumos em sábados, domingos, feriados e em horários fora do expediente, como pode-se analisar na Figura 54:

Figura 54 - Consumo detalhado da pia banheiro dia 27/06/2019

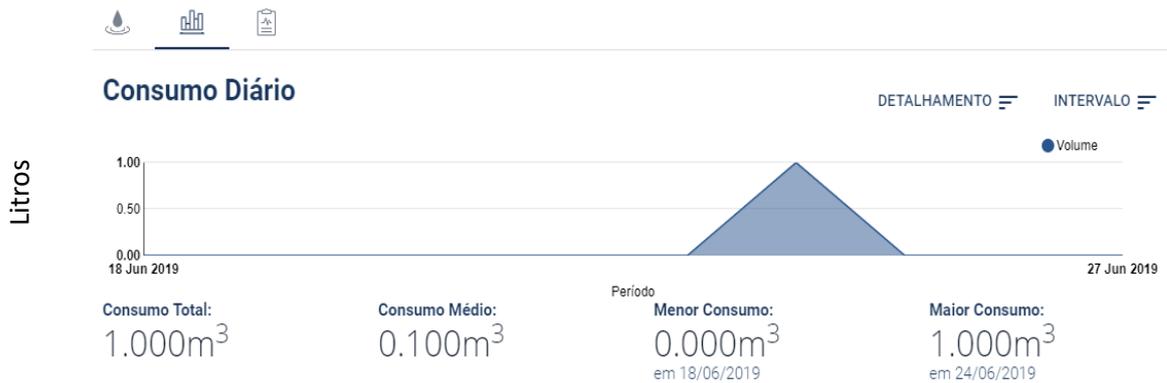


Fonte: SIGA (2019).

- **Consumo do mictório**

O mictório é abastecido com água de captação de água da chuva. Ao analisar o seu consumo no período de 19/06/2019 a 27/06/2019 (Figura 55) percebe-se que o consumo é praticamente nulo durante todo esse período.

Figura 55 - Consumo mictório do dia 19/06/2019 a 27/06/2019



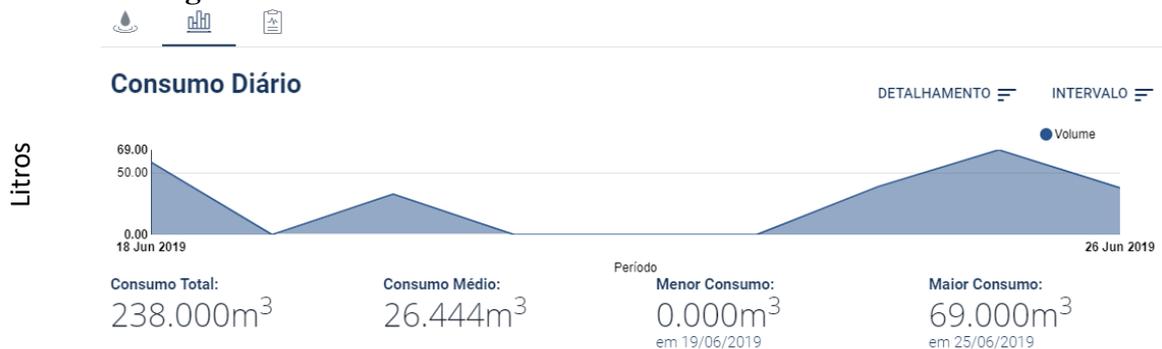
Fonte: SIGA (2019).

Ainda com relação a Figura 55, apenas no dia 25/06/2019, houve um consumo de um litro. Esse comportamento de consumo pode ser explicado pelo fato de a maioria dos usuários preferir usar a bacia sanitária, localizado ao lado, e/ou quando usam o mictório o volume de água gasto pode ser inferior a 1 litro, não sendo registrado pelo sistema, porém deve-se fazer uma análise mais criteriosa, como mudando os valores de consumo para mililitros nesse aparelho em específico.

- **Consumo da bacia sanitária**

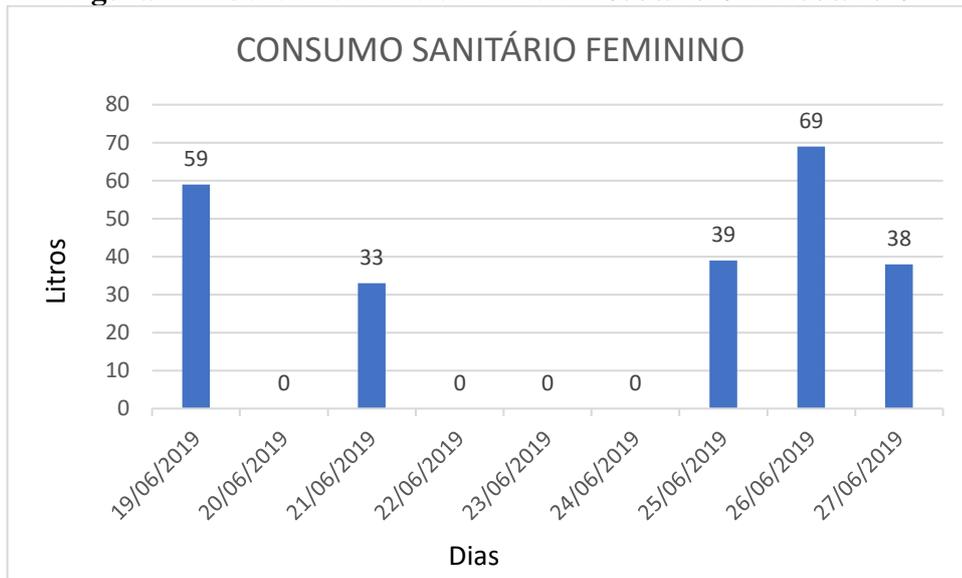
Este aparelho é abastecido com água de captação da chuva. A curva de consumo da bacia sanitária é mostrada na Figura 56 e Figura 57, considerando o período de 19/06 a 27/06 de 2019.

Figura 56 - Consumo diário sanitário de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

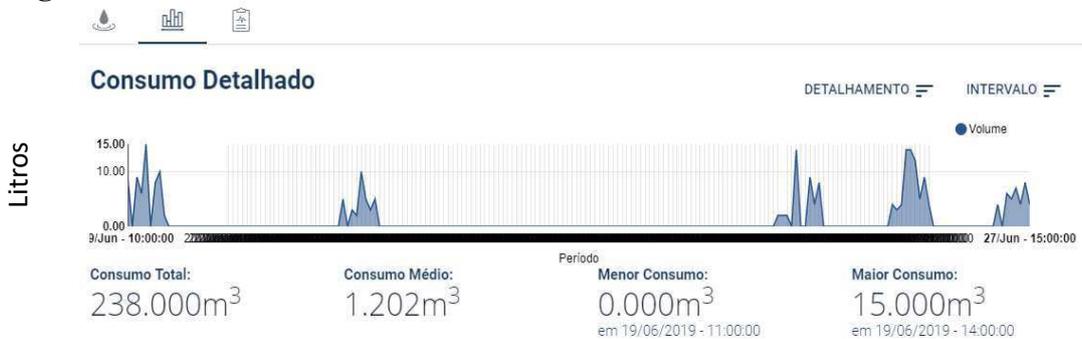
Figura 57 - Consumo diário sanitário de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: O Autor (2019).

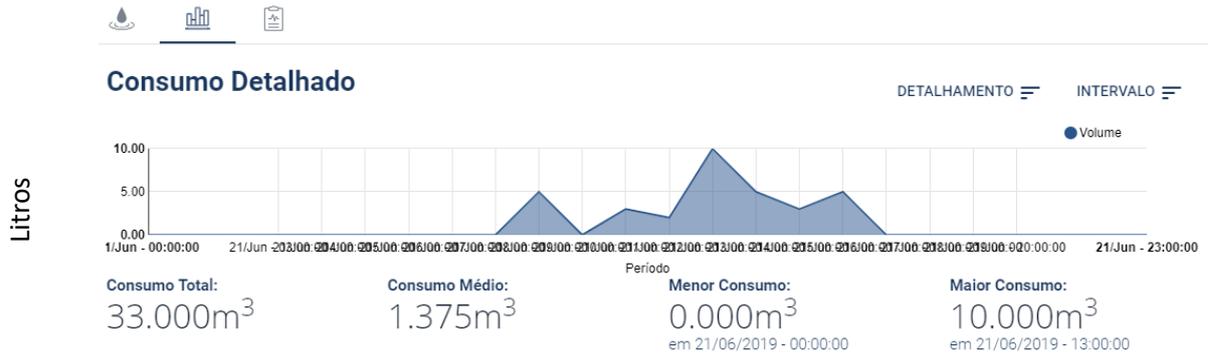
Ao analisar o consumo detalhado por hora (Figuras 58 e 59), percebe-se que os registros de consumo se iniciam entre 7 e 8 horas, e finalizam-se entre 18 e 19 horas, além de ter registros nulos durante a madrugada como era esperado.

Figura 58 - Consumo detalhado do sanitário de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Figura 59 - Consumo detalhado do sanitário no dia 21/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

- **Consumo do chuveiro**

Durante o período de consumo estudado, de 19/06/2019 a 27/06/2019, não houve nenhum consumo registrado para esse aparelho, isso indica que este aparelho não possui uso frequente no bloco, conforme Figura 60.

Figura 60 - Consumo chuveiro de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: SIGA (2019).

Após análise de consumos separadamente, foi realizado também o consumo total no período de 19/06/2019 a 27/06/2019 para o Bloco BU , mostrado adiante.

6.3 Resultados referentes a comparação do consumo das peças internas

Para comparar o consumo de cada peça com o consumo geral do prédio, tem-se a Tabela 12.

Tabela 12 - Consumo das três peças que mais consomem no bloco

| DATA | PIA COPA (Litros) | PIA BANHEIRO (Litros) | SANITÁRIO FEMININO (Litros) |
|--------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 19/06/2019 | 24 | 2 | 59 |
| 20/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 21/06/2019 | 56 | 1 | 33 |
| 22/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 23/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 24/06/2019 | 0 | 0 | 0 |
| 25/06/2019 | 22 | 4 | 39 |
| 26/06/2019 | 71 | 38 | 69 |
| 27/06/2019 | 72 | 19 | 38 |
| TOTAL | 245 | 64 | 238 |

Fonte: O Autor (2019).

Para as peças individuais, conforme Figura 61, o maior consumo foi da pia da copa 45%, seguido da bacia sanitária 43% e depois o lavatório do banheiro 12%, valores diferentes do apresentado por Guedes (2009) que são de 17% para a pia, 29% para a bacia sanitária e 6% para o lavatório, considerando uma residência, pois não há estudos desse tipo para instituições de ensino e na literatura é comparado o consumo residencial com o consumo de um hospital universitário. Esse consumo maior registrado na pia pode ser explicado pelo intenso uso para lavar a louça e fazer café, evidenciando o número de pessoas que almoçam no prédio.

Figura 61 - Comparação das peças que possuem consumo mais elevado

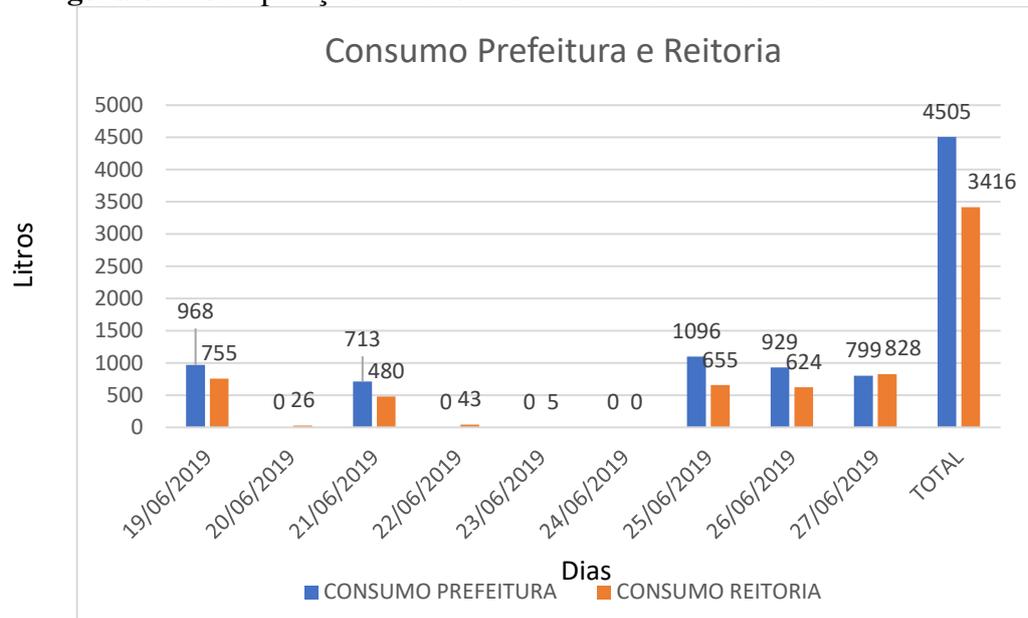


Fonte: O Autor (2019).

6.4 Resultados referentes a comparação de consumo entre Prefeitura Universitária e Reitoria

Por serem, ambos, prédios administrativos, uma comparação entre o consumo desses dois foi realizada, conforme Figura 62.

Figura 62 - Comparação de consumo entre Prefeitura e Reitoria



Fonte: O Autor (2019).

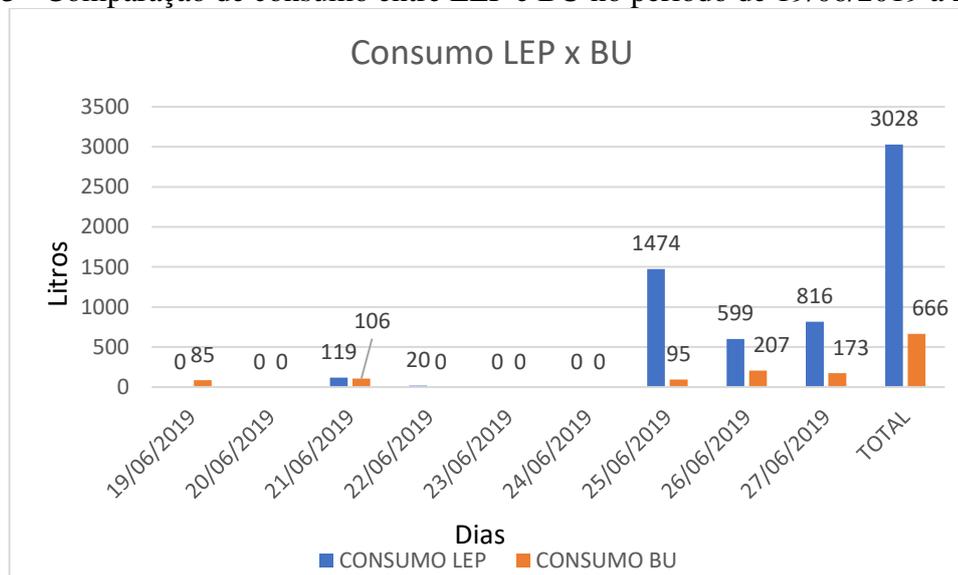
Percebe-se que os consumos são bem parecidos, mas o consumo maior na Prefeitura pode ser justificado pelo uso dos banheiros pelos funcionários para tomar banho após o expediente, o que confirma o exposto por Guedes (2009) que o chuveiro tem grande participação no consumo de água.

6.5 Resultados referentes a comparação de consumo entre os blocos LEP e BU

Foi comparado o consumo desses dois blocos no período de 19/06/2019 a 27/06/2019 (Figura 63), por terem atividades similares. Constata-se que o Bloco CR não entrou nessa comparação, pois teve registro de consumo zero nesse período devido a interferência da boia

instalada na caixa d'água não permitir o consumo instantâneo, da mesma forma que é medido nos outros prédios.

Figura 63 - Comparação de consumo entre LEP e BU no período de 19/06/2019 a 27/06/2019



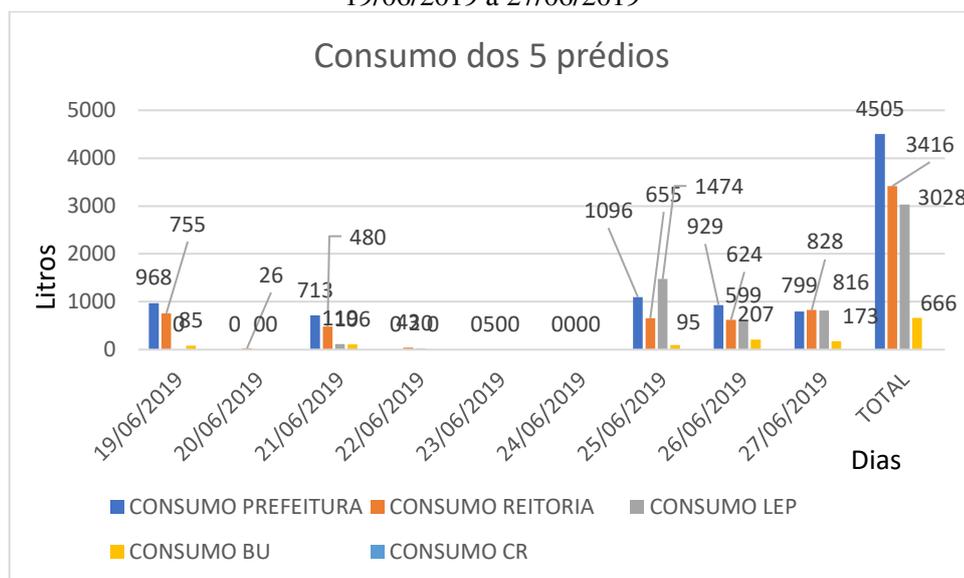
Fonte: O Autor (2019).

Mesmo, tendo atividades similares, o LEP possui consumo bem superior ao BU e isso se deve aos equipamentos usados nesse laboratório, destilador, que necessita de grande quantidade de água, gerando assim tamanha diferença entre os consumos. Assim, percebe-se a importância da implementação de medidas de GDA em laboratórios, como o uso de água pluvial. Sendo implementado uma medida dessa natureza seria possível gerar uma boa economia de água em toda universidade.

6.6 Resultados referentes a comparação entre o consumo dos cinco prédios

Para finalizar a análise, foi feita uma comparação de consumo entre os quatro prédios no período entre 19/06/2019 e 27/06/2019 (Figura 64). Novamente não se comparou o consumo do Bloco CR com os outros pelo mesmo motivo já evidenciado.

Figura 64 - Comparação de consumo entre Prefeitura, Reitoria, LEP, BU E CR no período de 19/06/2019 a 27/06/2019



Fonte: O Autor (2019).

O prédio que mais consumiu água no período foi a Prefeitura, seguido da Reitoria, LEP e por último BU. Percebe-se o quanto que o uso do chuveiro aumenta no consumo, fazendo da Prefeitura o prédio com maior consumo. Edificações administrativas registram maiores consumos que os laboratórios mesmo com uso de equipamentos com alto consumo, o que pode ser explicado devido a população fixa nessas edificações enquanto que nos laboratórios a população total tende a não passar o dia todo no prédio devido as aulas em outros locais.

Além disso, nota-se que o uso de equipamentos poupadores, políticas de educação e principalmente uso da água pluvial reduzem muito o consumo dos prédios como pode ser constatado nos Blocos BU e CR

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo desenvolvido vem registrando dados no prédio da Prefeitura Universitária, desde Maio de 2018, por isso pode ser considerado confiável pela sua durabilidade e estabilidade no envio de dados, além do seu baixo custo, entre R\$ 100,30 e R\$156,70. Nas outras edificações os protótipos também tiveram suas instalações concluídas, são eles: Reitoria, LEP, BU e CR.

Os pontos internos do Bloco BU: pia da copa, bacia sanitária, lavatório, mictório e chuveiro, também receberam medição inteligente que contribuem para a formação do banco de dados de consumo dessas peças, além de informar ao usuário o quanto está sendo gasto em tempo real. Deve-se pontuar, que no Bloco BU, tanto o abastecimento com água da CAGEPA quanto o abastecimento com água da chuva, são monitorados e juntamente com os dados de consumo dos outros quatro prédios fomentam o banco de dados que está sendo gerado.

Com o monitoramento e análise das curvas de consumo geradas é possível observar que a Prefeitura, BU e LEP iniciam seus consumos entre 7 e 8 da manhã e finalizam entre 18 e 19 horas da noite, o horário relativo ao expediente, além de não registrar consumos nos sábados, domingos e feriados como era esperado. Já a Reitoria registra consumos durante os três períodos inclusive durante a madrugada e em sábados, domingos e feriados, mas isso pode ser explicado pelo uso dos banheiros por parte dos seguranças. E os registros do Bloco CR só ocorrem quando há baixa na caixa d'água, portanto, para uma medição mais precisa deve-se alterar o local do hidrômetro digital, para que assim curvas e padrões de consumo real possam ser registrados.

Os registros nos pontos internos do BU mostram que os pontos se comportam da mesma forma que os consumos gerais do prédio – CAGEPA e pluvial, portanto não há vazamentos nesses pontos por filetes ou gotejamento. O estudo mostrou que a pia da copa é o que registra maior consumo, divergindo dos estudos similares, além do consumo nulo do chuveiro, equipamento que segundo a literatura também apresenta grande consumo, mas no período desse estudo o equipamento em discussão não foi utilizado.

Os dados registrados tem valores próximos do determinado pelos hidrômetros convencionais, possibilitando a validação do sistema desenvolvido e dos dados coletados, mas foram registradas algumas diferenças, sendo necessário um acompanhamento e melhora desse aspecto via programação.

Os casos pontuais de anormalidades puderam ser detectados e solucionados com o sistema desenvolvido, evidenciando-se a sua funcionalidade e objetivo atingido.

Deve-se salientar que o sensor usado possui uma taxa de 4,5l/min para cada pulso gerado, porém existem sensores mais finos, com espectro de captura mais abrangente. Mas, para essa avaliação o sensor utilizado é suficiente, e por ser mais barato viabiliza a medição individualizada por peça.

O monitoramento remoto permite um controle efetivo do sistema, em tempo real, possibilitando a detecção imediata de falhas. As respostas obtidas poderão subsidiar a tomada de decisão mais eficiente por parte dos gestores e garantir a escolha mais segura entre as alternativas ambiental e economicamente possíveis.

A partir da análise crítica do banco de dados gerado com a automação e o monitoramento é possível sugerir a redução do consumo de água pela adoção de medidas de gestão da demanda urbana na área de estudo, considerando, também, a literatura especializada sobre o tema.

Estudos futuros podem ampliar o que foi desenvolvido, medindo-se o consumo em tubulações com diâmetros maiores, monitoramento de níveis de reservatórios além da qualidade e pressão da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. B.; RUFINO, I. A. A.; MIRANDA, L. I. B. Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano. Campina Grande, 2015.

BEAL, C.D.; FLYNN, J. Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs. 2015.

BEZERRA, Tathiane Ribeiro. Reaproveitamento de águas de refrigeração de destiladores laboratoriais. Trabalho de Conclusão de Curso. Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2018.

BRAGA, B.; GOBETTI, L. Análise Multiobjetivo. Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. Editora Universidade. Pg. 361-418. Porto Alegre, 1997.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm> Acessado em: nov. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas - Subsídios para a Promoção da Construção Civil Sustentável. Versão 1 de Novembro 2014. Brasília – DF. Disponível em: . Acesso em: 08 mai. 2018.

DEPURU, S.S.S.R.; WANG, L.; DEVABHAKTUNI, V. Medidores inteligentes para rede elétrica: desafios, problemas, vantagens e status Renovar. Sustentar. Energia Rev. , 15 (6) (2011) , pp. 2736 – 2742

EAKIN, H.C.; LEMOS, M.C.; NELSON, D.R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. 2014. Global Environmental Change **27**:1-8.

FRIEDMAN, K. et al. Water Demand Management optimization methodology. American Water Works Association. 2011

GOMES, Viviane Lucena. Uso eficiente de água em campus universitário: o caso da Universidade Federal de Campina Grande. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

GONÇALVES, O. M. Programa de Uso Racional da Água da USP (PURA): Implementação e Resultados. Revista Hydro, Editora Aranda, Ano 1, nº 7, Maio 2007.

GUEDES, M. J. F. Gerenciamento da Demanda de Água: Proposta de Alternativas na Escala de uma Cidade. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.

HIDROMETER. Sistema de Telemetria para Hidrômetros e Medidores. Aquisição de Dados Móvel e Fixa por Radio Frequência. Disponível on line: www.hidrometer.com.br. Acesso em: 20 fev. 2019.

HORSBURGH, Jeffery S; LEONARDO, Miguel E; ABDALLAH, Adel M; ROSENBERG, David E. Measuring water use, conservation, and differences by gender using an inexpensive, high frequency metering system. 2017

KABALCI, Y.; Uma pesquisa sobre medição inteligente e comunicação de rede inteligente. Renovar. Sustentar. Energia Rev. , 57 (2016) , pp. 302 - 318

KEMPER, K. E. – The Cost of Free Water- Water Resources Allocation and Use in the Curu Valley, Northeast Brazil. -- Linkoping,1996

KIPERSTOK, A.; OLIVEIRA, P. C.; COHIM, E.; VIARO, V. L. Uso Racional de Água em Sanitários Públicos. 25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20-25 de Setembro de 2009, 13 p. Recife.

LUCIANI, Chiara; CASELLATO, Francesco; ALVISI, Stefano; FRANCHINI, Marco. Green Smart Technology for Water (GST4Water): Water Loss Identification at User Level by Using Smart Metering Systems. 2019.

MARENGO, Jose A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. 2016.

MENDES, C. F. Estudo Exploratório de Programas de Uso Racional de Água em Instituições de Ensino Superior e a Pré-Implantação no Anel Viário do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

NARCISO, C. A. F.. Espaço público: ação política e práticas de apropriação. Conceito e precedência. Estudos e Pesquisas em Psicologia, UERJ, RJ, ano 9, N. 2, P. 265-291, 2º semestre de 2009.

OECD. Conselho da OECD. Recomendação sobre a Água (2016). Disponível em: <https://www.oecd.org/water/Recomendacao-sobre-a-agua.pdf>. Acesso em: mar./ 2019.

OLIVEIRA, C. N. Indicadores de Consumo e Propostas para Racionalização do Uso da Água em Instalações de Empreiteiras: Caso da Refinaria Landulpho Alves de Mataripe. Dissertação de Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2009.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCDA. Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água. Brasil: Presidência da República Ministério das Cidades, Brasil, 2004.

RHODES, J.D.; UPSHAW, C.R.; HARRIS, C.B.; MEEHAN, C.M.; WALLING, DA.; NAVRÁTIL, P.A.; BECK, A.L.; NAGASAWA, K.; FARES, R.L.; COLE, W.J. Experimentos e recolha de dados para implantação de rede inteligente em grande escala: os métodos e os primeiros resultados , 65 (2014) , pp. 462 – 471

SAVENIJE, H.H.G., & P. VAN DER ZAAG (2002). Water as an Economic Good and Demand Management, Paradigms with Pitfalls. Water International 27(1): 98-104.

SILVA, A. B.; MOREIRA, L. R. B. Telemetria em Sistemas de Comunicação Móvel Celular. 2004. Projeto final (Graduação em Engenharia Elétrica), Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: jun./2019

SOARES, Antonio Leomar Ferreira. Gerenciamento da demanda de água em ambientes de uso público: o caso da Universidade Federal de Campina Grande. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2012.

SOUZA, I. V. A; VIEIRA, V. P. P. B. A influência do Banco Mundial no Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Nordeste Brasileiro. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.

STANFORD UNIVERSITY; MADDAUS WATER MANAGEMENT. Water Sustainability, Efficiency and Conservation. Stanford, out. 2003. Disponível em: <http://lbre.stanford.edu/sem/water_conservation#wateraccomplishments>. Acesso em: 17 jan. 2019.

STAVENHAGEN, M; BUURMAN, J; TORTAJADA, C. Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. Elsevier Journal, v. 79, p. 187-195, sept. 2018.

STEWART, R.A.; NGUYEN, K.; BEAL, C.; ZHANG, H.; SAHIN, O.; BERTONE, E.; VIEIRA, A.S.; CASTELLETTI, A.; COMINOLA, A.; GIULIANI, M.; Integrated intelligent water-energy metering systems and informatics: Visioning a digital multi-utility service provider. Environ. Model. Softw. **2018**, 105, 94–117.

STUDART, T. M. C.; CAMPOS, N. Gestão da demanda. Gestão das águas: princípios e práticas. Organizadores: CAMPOS, N.; STUDART, T. M. 2ª edição. ABRH: Fortaleza, 2001.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Assessoria de Comunicação. ICC terá medidor de consumo de água. Brasília, 17 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.unb.br/acs/unbagencia/ago0806-30.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

UNIVERSITY OF WISCONSIN. University of Wisconsin National Wildlife Federation – Campus Ecology. Madison: monitoring water use in one restroom. Disponível em: <http://www.nwf.org/campusecology/html/dspResearchflows.cfm#3.1>. Acesso em 29 jan. 2019.

VIEIRA, R.M.S.P.; TOMASELLA, J.; ALVALA, R.C.S.; SESTINI, M.F.; AFFONSO, A.G.; RODRIGUEZ, D.A.; BARBOSA, A.A.; CUNHA, A.P.M.A.; VALLES, G.F.; CREPANI, E.; OLIVEIRA, S.B.P.; SOUZA, M.S.B.; CALIL, P.M.; CARVALHO, M.A.; VALERIANO, D.M.; CAMPELLO, F.C.B.; SANTANA, M.O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast.2015. Solid Earth **6**:347–360

XIAO, Y.; FANG, L.; HIPEL, K.W. Agent-Based Modeling Approach to Investigating the Impact of Water Demand Management. J. Water Res. Plan. Manag. 2018, pg 144.