



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de Elétrica

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM SISTEMA  
AUTOMÁTICO PARA MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA  
EM APARTAMENTOS**

CAMILA RIBEIRO CARNEIRO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

JOÃO MONLEVADE

2018

Camila Ribeiro Carneiro

# **Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema Automático para Medição Individualizada de Água em Apartamentos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, como parte dos requisitos para a obtenção de título de graduação em Engenharia Elétrica.

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas -ICEA  
Departamento de Engenharia Elétrica - DEELT

Orientadora: Anny Verly

João Monlevade - Minas Gerais

2018

C289d Carneiro, Camila Ribeiro.  
Desenvolvimento de um protótipo de um sistema automático para medição individualizada de água em apartamentos [manuscrito] / Camila Ribeiro Carneiro. - 2018.

76f.: il.: color; grafs.

Orientador: Profa. MSc. Anny Verly.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Engenharia elétrica. 2. Automação residencial. 3. Hidrometria. I. Verly, Anny. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 621.3:681.5

Catálogo: [ficha@sisbin.ufop.br](mailto:ficha@sisbin.ufop.br)



### ATA DE DEFESA

Aos 15 dias do mês de março de 2018, às 17 horas, no bloco H deste instituto, foi realizada a defesa de monografia pela formanda Camila Ribeiro Carneiro, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Marcelo Moreira Tiago, Víctor Costa da Silva Campos e Anny Verly. A candidata apresentou a monografia intitulada: Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema Automático para Medição Individualizada de Água em Apartamentos. A comissão examinadora deliberou, por unanimidade, pela Aprovação da candidata, com a nota média 8,7, de acordo com a Tabela 1. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela formanda.

Tabela 1 – Notas de avaliação da banca examinadora

Banca Examinadora	Nota
Anny Verly	8,9
Marcelo Moreira Tiago	8,7
Víctor Costa da Silva Campos	8,5
Média	8,7

João Monlevade, 15 de Março de 2018.

Professora Orientadora

Aluna

Professor Convidado

Professor Convidado



## ANEXO II - TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema Automático para Medição Individualizada de Água em Apartamentos” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem a devida citação ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 15 de Março de 2018 .

Camila Ribeiro Carneiro  
Nome completo do(a) aluno(a)

*Dedico este trabalho a Deus.*

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pela força e discernimento que me foi concedido ao longo desta caminhada. Aos meus pais, que sempre me apoiaram incondicionalmente. Ao meu irmão Lucas, por sua amizade e zelo. Agradeço aos amigos feitos durante o curso e aos que permaneceram me acompanhando, mesmo quando as ocupações com os estudos não me permitiram estar sempre presente. Por fim agradeço a todos os professores que passaram pela minha vida acadêmica. Aos Mestres e Doutores que disponibilizaram um pouco do seu conhecimento, o meu muito obrigada.



*"Acredite na força de seus sonhos,  
Deus é justo, não colocaria em seu coração um desejo impossível de se realizar."  
Alan Cohen*



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>23</b>
1.1	Contextualização Teórica	25
1.2	Objetivos	28
1.3	Estrutura do Trabalho	28
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>31</b>
2.1	Automação Residencial	31
2.2	Sensores de vazão	32
2.2.1	Pressão Diferencial	33
2.2.2	Medidores de vazão por deslocamento positivo	34
2.2.3	Medidor de vazão tipo turbina	34
2.2.4	Medidor de vazão eletromagnético	35
2.3	Sistema Embarcado	36
2.4	Sistemas Supervisórios	37
2.5	Sistema de Transmissão de Dados	38
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PROPOSTA E RESULTADOS</b>	<b>41</b>
3.1	Escolha do Sensor	41
3.2	Escolha do Módulo de Transmissão de Dados	42
3.3	Instrumentação do Sistema	44
3.3.1	Módulos de Transmissão e Recepção	45
3.3.2	Interface Gráfica	46
3.4	Aspectos Construtivos	48
3.5	Testes de medição e comunicação	49
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE A – CÓDIGO MÓDULO TRANSMISSOR</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE B – CÓDIGO MÓDULO RECEPTOR</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE C – CÓDIGO MÍNIMOS QUADRADOS</b>	<b>67</b>

<b>APÊNDICE D – TELAS SUPERVISÓRIO . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES ARDUINO UNO . . . . .</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES SENSOR DE FLUXO . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES RF LINK 315MHZ . . . . .</b>	<b>77</b>

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Uso final do consumo de água doméstico. . . . .	24
Figura 2 – Esquema genérico de medição de água em edifícios que não possuem medidores individuais. As linhas representam a tubulação do condomínio e as setas os pontos de consumo de água. . . . .	25
Figura 3 – Esquema genérico de medição de água em edifícios que possuem medidores individualizados. As linhas representam o encanamento do condomínio e as setas os pontos de consumo, agora monitorados por um medidor em área comum. Considerando que cada apartamento ocupe um andar. . . . .	26
Figura 4 – Diagrama de conexão dos ambientes domésticos através de um integrador. . . . .	31
Figura 5 – Diagrama de conexão do sistema de supervisório. . . . .	32
Figura 6 – Classificação dos medidores de vazão. . . . .	33
Figura 7 – Hidrometro residencial. . . . .	34
Figura 8 – Medidor tipo turbina utilizando sensor de efeito Hall. . . . .	35
Figura 9 – Princípio de funcionamento de um medidor eletromagnético. . . . .	36
Figura 10 – Placa Arduino UNO. . . . .	37
Figura 11 – Modelo geral dos sistemas de telecomunicações. . . . .	38
Figura 12 – Classificação dos tipos de comunicação. . . . .	39
Figura 13 – Medidor de fluxo com sensor de efeito Hall modelo FS300A G3/4". . . . .	41
Figura 14 – Calibração do sensor FY-21 1/2" pelo método de mínimos quadrados. Em (*) tem-se os dados reais obtidos por um procedimento de média simples de três ensaios. Em (-) tem-se o ajuste pelo método de mínimos quadrados (3.3). Em (+) equação do fabricante (3.2). . . . .	43
Figura 15 – Modelo RF Link 315MHz AM. . . . .	44
Figura 16 – Diagrama esquemático da instrumentação do protótipo de medição individualizada. . . . .	44
Figura 17 – Esquema módulo de transmissão de dados. . . . .	45
Figura 18 – Fluxograma mostrando os passos do Módulo de Transmissão. . . . .	46
Figura 19 – Esquema módulo de recepção de dados. . . . .	46
Figura 20 – Fluxograma mostrando os passos do Módulo de Recepção. . . . .	47
Figura 21 – Fluxograma mostrando os passos do Módulo de Recepção. . . . .	48
Figura 22 – Tela 1 do supervisório: medição instantânea. . . . .	49
Figura 23 – Tela 2 do supervisório: gráfico de histórico de consumo. . . . .	49
Figura 24 – Tela 3 do supervisório: tabela e tarifa de histórico de consumo. . . . .	50

Figura 25 – Tela 4 do supervisor: no lado esquerdo é apresentado o ponto de medição e o consumo acumulado em forma de interface gráfica (tanque). O gráfico apresenta o histórico de consumo no chuveiro. . . . .	50
Figura 26 – Protótipo do sistema. Conjunto de quatro caixas, duas fazendo o papel da caixa d'água (caixa superiores), e duas os reservatórios (caixas inferiores). O sistema conta, também, com dois medidores de vazão de efeito Hall, um de 3/4" e o outro de 1/2" (cilindro preto). Cada medidor é alimentado por uma válvula manual. . . . .	51
Figura 27 – Tela de monitoramento do protótipo. A interface apresenta o valor instantâneo da medição, atualizado a cada meio segundo. Os dois tanques ilustram o nível dos reservatórios do protótipo. Na leitura da porta serial ( <i>reade buffer</i> ) é possível observar a palavra que é recebida pelo supervisor, que por padrão possui 7Bytes. Os campos "Código" e "Leitura" são resultados da fragmentação da palavra recebida. . . . .	52
Figura 28 – Log's de dados comunicação com dois sensores. No teste realizado, é primeiramente acionado o ponto 0101, passados 10 segundos o segundo sensor (ponto 0102) é acionado. Os arquivos de log mostram os horários das leituras, e analisando-as é possível verificar que não houve perda de dados, as gravações são feitas de segundo em segundo. . . . .	53
Figura 29 – Tela supervisor: Histórico de consumo de água na cozinha. . . . .	69
Figura 30 – Tela supervisor: Histórico de consumo de água na descarga. . . . .	69
Figura 31 – Tela supervisor: Histórico de consumo de água na máquina de lavar. . . . .	70
Figura 32 – Tela supervisor: Histórico de consumo de água na pia do banheiro. . . . .	70

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Especificações Arduino UNO . . . . .	73
Tabela 2 – Especificações do FS300A G3/4” . . . . .	75
Tabela 3 – Módulo Receptor . . . . .	77
Tabela 4 – Módulo Transmissor . . . . .	77



# Lista de abreviaturas e siglas

ASCII	Código Padrão Americano para Troca de Informações ( <i>American Standard Code for Information Interchange</i> )
IHM	Interface Homem Máquina
LabView	<i>Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench</i>
NI	<i>National Instruments</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SCADA	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados ( <i>Supervisory control and data acquisition</i> )
SI	Sistema Internacional
SMI	Sistema de Medição Individualizada



# Lista de símbolos

$Q$	Vazão
$\Delta P$	Diferença de Pressão
$f$	Frequência
$e$	Tensão Induzida
$\vec{v}$	Velocidade do fluido
$\vec{B}$	Densidade de campo magnético
$D$	Diâmetro



# RESUMO

A água cobre cerca de 70% da superfície da Terra. Este fato dá a impressão de que a água é um recurso abundante, inesgotável e sem valor econômico. Tal pensamento perdurou por muitos anos, mas a realidade atual impõe que esses paradigmas sejam repensados. Nos últimos anos, o Brasil passou por uma das maiores crises de abastecimento de água das últimas décadas e em 2014 teve seu ápice. Diante da escassez de chuvas, 166 cidades em Minas Gerais, 211 no Piauí e 68 em São Paulo declararam situação de emergência. Algumas cidades do Rio de Janeiro e Mato Grosso, também, enfrentam problemas de abastecimento de água. Este trabalho apresenta o projeto de um protótipo de um sistema automático para medição individualizada de água em apartamentos. Geralmente, em apartamentos antigos, a conta de água é dividida igualmente entre os condôminos, não havendo uma conta individual por unidade habitacional, o que pode gerar um descaso com o consumo exagerado. Com a possível flexibilização da medição individualizada é possível estimular o consumo consciente de água, já que cada unidade passará a pagar o que de fato gastou. O protótipo desenvolvido permite o monitoramento da vazão de dois pontos de consumo de água, podendo este número ser ampliado. As saídas monitoradas simulam pontos de consumo do apartamento como torneiras, canos de chuveiros, máquinas de lavar entre outras. As leituras das vazões dos sensores são transmitidas via ondas de rádio, tratadas e apresentadas ao usuário em uma interface, onde é possível monitorar o gasto com água.

**Palavras-chaves:** Automação Residencial. Automação Predial. Racionamento Hídrico. Medição de Vazão.



# ABSTRACT

Water covers about 70 % of the earth's surface. This fact gives the impression that it is an abundant resource, inexhaustible and of no economic value. Such thinking has lasted for many years, but today's reality dictates that these paradigms are rethought. In recent years, Brazil has experienced one of the biggest water supply crises of the last decades in 2014. Faced with the scarcity of rainfall, 166 cities in Minas Gerais, 211 in Piauí and 68 in São Paulo declared the emergency situation. Cities in Rio de Janeiro and Mato Grosso, too, face problems of water supply. This work presents the design of a prototype of an automatic system for individualized measurement of water in apartments. Generally, in old apartments, a water bill is equally divided among the condominium owners, not having an individual bill per housing unit, which can generate a disregard for the exaggerated consumption. With the possible flexibilization of the individualized measurement it is possible to stimulate the conscious consumption of water, since each unit will begin to pay what it has actually spent. The developed prototype allows the monitoring of the flow of two points of water consumption, and this number can be enlarged. As monitored outputs simulate points of consumption of the apartment such as taps, shower pipes, washing machines among others. The readings of the sensores flows are transmitted by radio waves, treated and presented to the user in an interface, where it is possible to monitor the water consumption of the apartments.

**Key-words:** Home automation. Building automation. Rationing Hydride. Flow Measurement.



# 1 INTRODUÇÃO

A água é o líquido mais importante existente na Terra. Em reconhecimento à sua importância a ONU <sup>1</sup> propôs a Declaração Universal dos Direitos da Água em 22 de março de 1992, em Paris, que apresenta em seu primeiro artigo: *"A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos"* (CEARÁ, 2008).

A água cobre cerca de três quartos da Terra, esta quantidade parece ser muita, porém a forma como está distribuída não permite descuido. De toda a água existente na Terra, 97% é água salgada. Sendo assim, apenas 3% é água doce própria para consumo humano e industrial. Contudo, mais da metade da água doce está congelada compondo as geleiras polares, uma outra parte é água subterrânea, sobrando apenas um pequeno percentual no planeta, cerca de 0,007%, de água doce disponível para consumo imediato (SILVA, 2010).

Segundo Silva (2010), o Brasil é beneficiado com 12% de toda a água doce superficial disponível na Terra. Junto disso, a distribuição da água em solo brasileiro não é proporcional por regiões, a região Norte possui 68% de toda água doce do país, cabendo as regiões Sul e Sudeste os percentuais de 6% e a Nordeste o de 3%.

No ano de 2014 o Brasil passou pelo ápice de uma das maiores crises de abastecimento de água, o sistema Cantareira, que abastece um terço da Grande São Paulo (6,5 milhões de pessoas) teve a maior seca da sua história, chegando a 5,5% de todo o seu nível (UOL, 2014). Apesar da volta da operação do sistema, a situação não é confortável, durante o período de seca, muitas cidade brasileiras ainda enfrentam o racionamento de água.

Tal crise não é simplesmente devido a falta de chuvas, também influenciaram fatores importantes, como a falta de planejamento dos órgãos administrativos e o desperdício de água, tanto na distribuição quanto no consumo. A economia dos recursos se faz tão importante, que no auge da crise no ano de 2014 uma das manobras do governo brasileiro para controlar a situação foi o incentivo financeiro para quem economizasse água. A proposta do Governo para a população foi uma redução de 30% do consumo de água.

Segundo a ONU cada pessoa necessita de 110 litros de água por dia, mas de acordo com último diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos referente ao ano de 2015, o consumo médio de água por habitante no Brasil é de 154 litros por dia, tendo uma redução de 6,8% em relação aos três anos anteriores, valor muito distante da meta estabelecida pelo governo

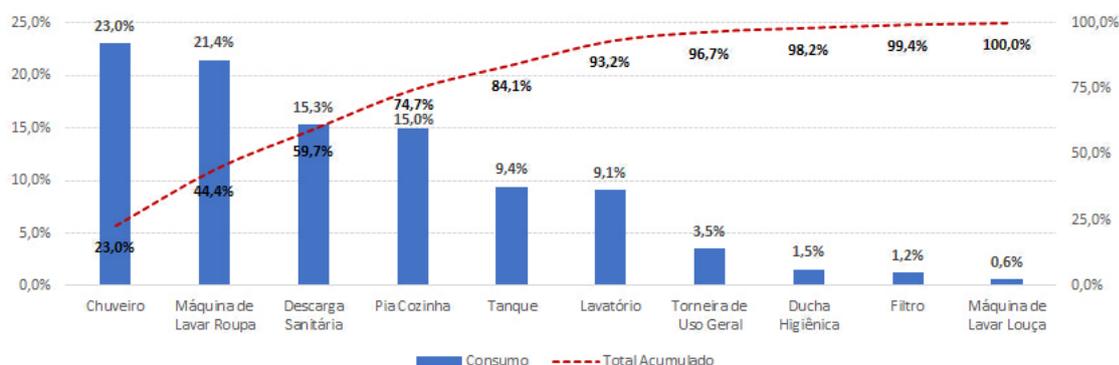
---

<sup>1</sup> Organização das Nações Unidas.

(SNIS, 2017). Segundo Martins e Memelli (2011) os maiores responsáveis pelo desperdício de água nas residências são os hábitos e costumes dos consumidores.

O conhecimento das fontes de consumo doméstico permite um melhor planejamento, e por consequência, a redução do consumo de água por meio do uso sustentável. De acordo com os estudos realizados por Sant'Ana et al. (2013), dentro de uma residência, as atividades que apresentam o maior índice de consumo de água são: o chuveiro (23,0%), seguido pela máquina de lavar roupas (21,4%), a descarga sanitária (15,3%) e a pia de cozinha (15,0%). O consumo residencial, de modo geral, é apresentado na Figura 1.

Figura 1: Uso final do consumo de água doméstico.



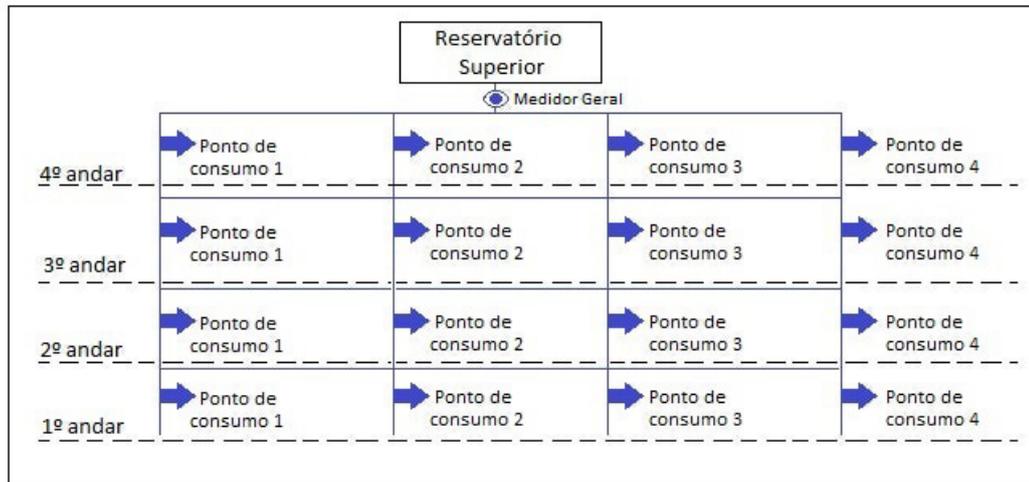
Fonte: Adaptado de Sant'Ana et al. (2013).

O consumo responsável se dá com a gerência dos gastos com água, contudo, como é lembrada pela frase clássica da ciência da administração citada por Silva (2010) "O que não se mede não se controla. O que não é controlado não se gerencia".

Um problema em prédios antigos é a ausência de um sistema de medição individualizada (SMI) em cada apartamento. O sistema tradicional de medição coletiva nos edifícios, como é apresentado na Figura 2, pode trazer uma série de equívocos ao dividir igualmente os gastos com água para cada habitação. Segundo Carvalho (2010) os benefícios obtidos a partir do sistema de medição individualizada é a equidade na cobrança do consumo doméstico, o que acarreta em uma maior satisfação e incentivo do uso consciente da água e pode gerar uma redução de cerca de 25% no consumo de água do condomínio.

Vários municípios brasileiros, como medidas de incentivo ao uso consciente da água, implantaram leis para a regulamentação do sistema de medição individualizada em prédios. Na esfera federal, em maio de 2014, foi aprovado, pela Câmara dos Deputados, o Projeto de Lei 5020/13. Este projeto altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e prevê a instalação de medidores de consumo individuais em condomínio novos, essa norma passa a valer a partir de 2019. (NEVES, 2014).

Figura 2: Esquema genérico de medição de água em edifícios que não possuem medidores individuais. As linhas representam a tubulação do condomínio e as setas os pontos de consumo de água.



Fonte: Adaptado de [Carvalho \(2010\)](#).

A Figura 3 apresenta um esquemático da planta hídrica de um edifício projetado para medição individualizada. A adaptação de um condomínio com o esquema de distribuição hídrica, como apresentado na Figura 2, que não prevê a medição individualizada, é dificultada pelo fato de haver uma única coluna de distribuição para cada área de consumo de água de apartamentos diferentes. Uma solução seria a instalação de um hidrômetro em cada ponto de água do apartamento, a conta final de água seria a soma de todos os hidrômetros. Contudo, o custo dessa obra seria elevado tendo em vista a quantidade de unidades de medição de consumo, outra desvantagem seria a perda da pressão de água gerada pelos hidrômetros devido às perdas de carga que este último insere no sistema. Outra opção, seria a reforma de todo o sistema hidráulico do prédio e a adaptação das novas instalações, também, tal tipo de solução é cara devido aos gastos com obras.

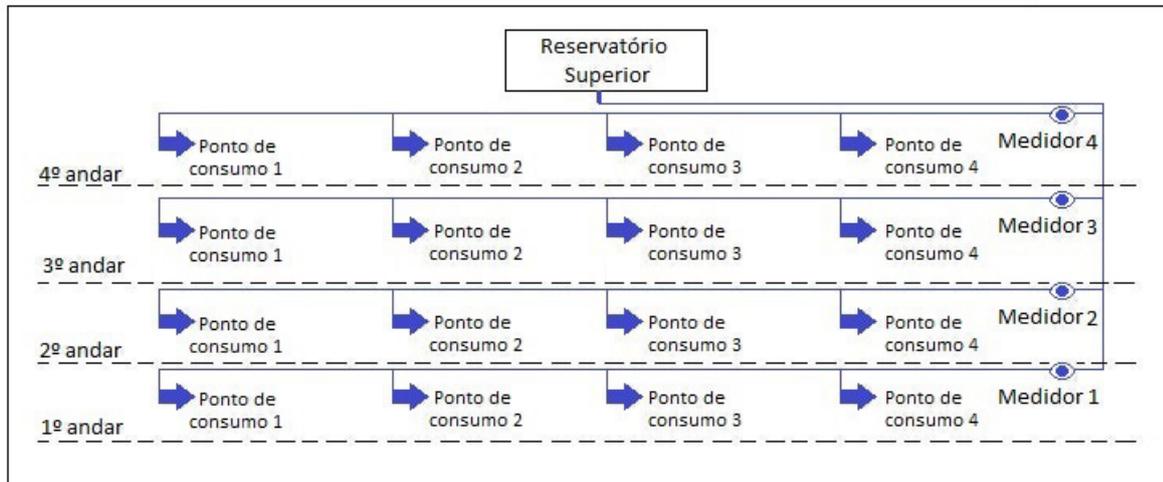
Dada a relevância dos indicativos supracitados, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de medição individualizada de água de fácil adaptação e de baixo custo. O sistema proposto consiste em uma interface de monitoramento conectada a sensores. Estes últimos são instalados nas nas saídas de água dos apartamentos.

## 1.1 Contextualização Teórica

Esta seção apresenta um pouco da evolução da automação residencial e como ela é aplicada hoje em dia na eficiência energética de uma residência.

A automação residencial foi desencadeada pela automação de edifícios comerciais,

Figura 3: Esquema genérico de medição de água em edifícios que possuem medidores individualizados. As linhas representam o encanamento do condomínio e as setas os pontos de consumo, agora monitorados por um medidor em área comum. Considerando que cada apartamento ocupe um andar.



Fonte: Adaptado de [Carvalho \(2010\)](#).

que buscava proporcionar a segurança e o conforto aos seus usuários ([MESQUITA et al., 2014](#)). Nesse contexto, na década de 70, surgiram os primeiros dispositivos inteligentes, chamados X-10. Eles permitiam o controle de dispositivos remotamente utilizando a rede elétrica da residência sem a necessidade de alterá-la ([OLIVEIRA; PETREK, 2014](#)).

Na década de 80, o avanço da informática permitiu a criação de interfaces amigáveis facilitando, assim, as operações em sistemas automáticos ([CARDOSO et al., 2014](#)). Anos mais tarde, com a evolução de sistemas embarcados a automação residencial passou a utilizar microcontroladores e microprocessadores, possibilitando a redução do consumo de energia e a descentralização do sistema de controle dos PCs ([OLIVEIRA; PETREK, 2014](#)).

Com a evolução da internet e da telefonia celular, tornou-se possível o usuário monitorar e controlar sistemas automáticos em sua residência remotamente. Assim, com a evolução dos *tablets* e *smartphones* estes dispositivos passaram a integrar todo sistema de comunicação, internet e automação residencial em um só dispositivo móvel ([OLIVEIRA, 2010](#)).

Segundo [Suzy \(2009\)](#), a domótica tem por objetivo otimizar a integração das áreas de uma residência, como: segurança, comunicação, controle e gestão de fluidos por meio da automação residencial. O conceito de domótica vem da fusão das palavras *domus* (que em latim significa casa) e robótica. Na literatura também são utilizados termos como *smart building* e *intelligent building*.

O crescente mercado de sistemas de automação residencial estimula pesquisadores e empreendedores a buscarem sistemas de baixo custo para automatizar as residências. Como é o caso de [Oliveira e Petrek \(2014\)](#), que em seu trabalho desenvolveram um sistema de controle de equipamentos de uma residência por meio de interface *web* de baixo custo. O sistema tem a capacidade de, por exemplo, acionar lâmpadas, ler o *status* de um sensor ou acionar um alarme.

[Miranda et al. \(2014\)](#) apresentam o projeto Casa Florianópolis que é um sistema de automação residencial voltando não somente para o conforto e agilidade das tarefas dos moradores, mas todo seu projeto prevê uma maior eficiência hídrica e energética da residência. A Casa Florianópolis conta com um sistema supervisor de código aberto que controla vários processos e realiza a aquisição de dados.

Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA, do inglês *Supervisory control and data acquisition*), são sistemas utilizados para o monitoramento de sensores e supervisão de elementos que são conectados à *softwares* por meio de controladores específicos, possibilitando atuação remota. A partir de uma interface gráfica o usuário tem uma melhor perspectiva do processo, tendo melhores condições de tomar decisões sustentáveis ([MIRANDA et al., 2014](#)).

Uma aplicação de um sistema supervisor na automação predial foi realizada por [Vignes et al. \(2014\)](#). Onde utilizou-se um sistema SCADA para o monitoramento de falta de água de um reservatório e por meio do gerenciamento das bombas, controlar a quantidade de água fornecida a cada usuário. O autor destaca em seu trabalho a importância do sistema supervisor para o uso racional desse recurso.

Nos últimos anos é possível notar o papel importante que a automação residencial vem exercendo no consumo consciente de água. No trabalho de [SILVA et al. \(2017\)](#), foi desenvolvido um sistema de captação da água da chuva, para fins não potáveis, e monitoramento do consumo através de um aplicativo de celular. O sistema além de contar com um o microrcontrolador Arduino, possui um chuveiro controlado por uma válvula solenoide que é aberta no momento que um detector de presença é acionado. O aplicativo informa também o volume de água de uma cisterna e o volume consumido por período.

Um outro tipo de aplicação em domótica está no auxílio de pessoa com deficiência física ou com dificuldades de locomoção. Por exemplo, o protótipo desenvolvido por [Cardoso et al. \(2016\)](#) permite que o usuário ligue e desligue as lâmpadas de uma residência por meio de dispositivos móveis e dispositivos vestíveis (*wearable Myo*) que são pulseiras de comando colocadas no braço dos usuários.

Diante das discussões apresentadas nos parágrafos anteriores, percebe-se que a automação residencial pode, em futuro muito próximo, se tornar mais acessível e entrar no cotidiano de todas as pessoas. Para isso, os desenvolvedores de tais tecnologias podem

utilizar aplicações de código aberto e dispositivos de baixo custo e de fácil comunicação. Certamente, grande parte de tais esforços empreendedores têm o intuito de melhorar a qualidade de vida dos usuários e proporcionar o uso consciente dos recursos naturais disponíveis.

## 1.2 Objetivos

Como objetivo geral, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo de um sistema automático para supervisão de vazão de água em prédios residências. Para isso, é utilizado um sistema supervisorio que proporciona ao usuário o monitoramento de consumo de água residencial, informando não só a vazão de água totalizada como o valor do consumo de acordo com as tarifas vigentes da localidade. Ademais, o supervisorio permite ao usuário o controle de cada item de sua residência, como: chuveiro, torneira, descarga, torneira de alimentação de eletrodomésticos, e máquina de lavar.

De um modo geral, o protótipo propõe soluções para edificações cujo sistema de medição de consumo de água é coletivo. A proposta é simular dois pontos de consumo, para fins de testes de precisão dos sensores, comunicação a rádio e funcionamento do sistema supervisorio.

## 1.3 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira:

No Capítulo 1 é introduzido o problema da água no contexto mundial e nacional, relacionados à distribuição da mesma em relação à densidade demográfica. Neste sentido, é apresentado o problema de medição coletiva adotada em muitos prédios. Ademais, é apresentada a proposta do trabalho e seus objetivos.

No Capítulo 2 apresenta uma breve revisão dos conceitos e equipamentos que são utilizados no desenvolvimento do presente trabalho. Dessa forma, na seção 2.1 é aprofundado o conceito de automação residencial e nas seções seguintes são discutidos sensores de vazão, 2.2, sistemas embarcados, 2.3 e sistemas supervisorios, 2.4.

No Capítulo 3 são apresentados os métodos e materiais utilizados no desenvolvimento do protótipo. Iniciando, na seção 3.1 pela escolha do sensor, são apresentadas as principais características do medidor, bem como os testes e resultados realizados com o mesmo. Posteriormente, na seção 3.2, são retratadas as propriedades do sistema de transmissão de dados. Por fim, 3.3, é exposto o diagrama de instrumentação do protótipo construído, incluindo seus aspectos construtivos e programação, além dos testes de validação do sistema.

No Capítulo 4, é apresentada a conclusão do projeto, discutido os resultados, análise de viabilidade e sugestão de projetos futuros.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta os aspectos teóricos e práticos dos componentes utilizados na construção do protótipo de medição e supervisão de vazão de água. Dessa forma, Seção 2.1 aborda, resumidamente, aspectos relevantes de sistemas de automação residencial. Os principais tipos de sensores utilizados da variável vazão são tratados da Seção 2.2. Na Seção 2.3 e 2.4 são apresentados o sistema embarcado utilizado no desenvolvimento deste projeto e a ferramenta utilizada na construção do sistema supervisorio, respectivamente. Por fim, a Seção 2.5 traz um breve resumo a respeito da técnica escolhida para a transmissão das informações processadas.

### 2.1 Automação Residencial

Um sistema de automação, de maneira genérica, é composto por sensores e atuadores. As informações de entrada e saída dos sistemas periféricos são centralizadas em um computador que realiza o controle e a ligação entre os elementos de campo e um sistema supervisorio. A Figura 4 apresenta um diagrama geral de automação residencial, onde o integrador é a unidade de processamento central ou computador que centraliza as informações dos sistemas periféricos (SUZY, 2009).

Figura 4: Diagrama de conexão dos ambientes domésticos através de um integrador.



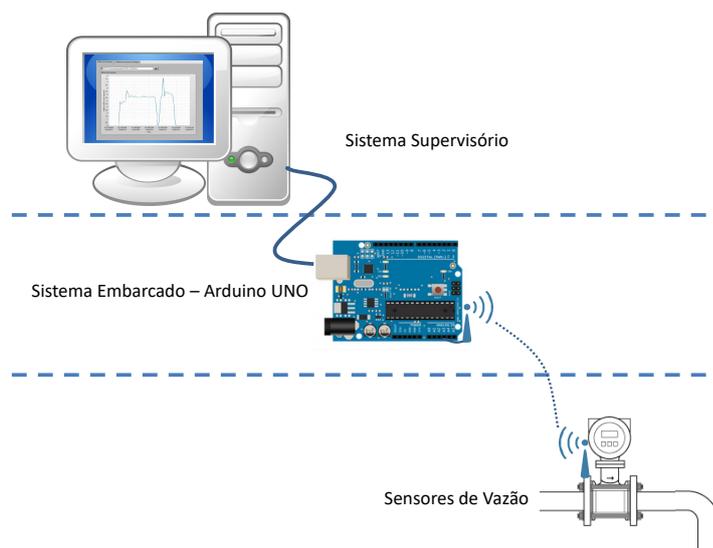
Fonte: Adaptado de Suzy (2009).

Exemplos de sistemas difundidos na automação residencial são os de iluminação,

que podem promover o controle de claridade de lâmpadas de acordo com a luz ambiente, ou a possibilidade de configurações de luzes para as situações propostas pelo usuário. Há ainda os sistemas de seguranças desenvolvidos com sensores de presença que possibilitam o acionamento de alarmes e acionamentos de luzes caso haja a detecção de estranhos na residência. Os sistemas de automação hidráulica usuais são os de acionamento de bombas, sistemas de irrigação do jardim, aquecimento e pressurização da água.

A Figura 5 apresenta a ideia geral de funcionamento do sistema proposto. O diagrama mostra, de maneira simplista, o sistema de conexão dos componentes utilizados. Os sensores de vazão são instalados nas tubulações do ponto onde deseja realizar a medição. Um sistema de comunicação sem fio realiza a transmissão das informações, que são processadas em um microcontrolador e exibidas nas telas do sistema supervisor.

Figura 5: Diagrama de conexão do sistema de supervisor.

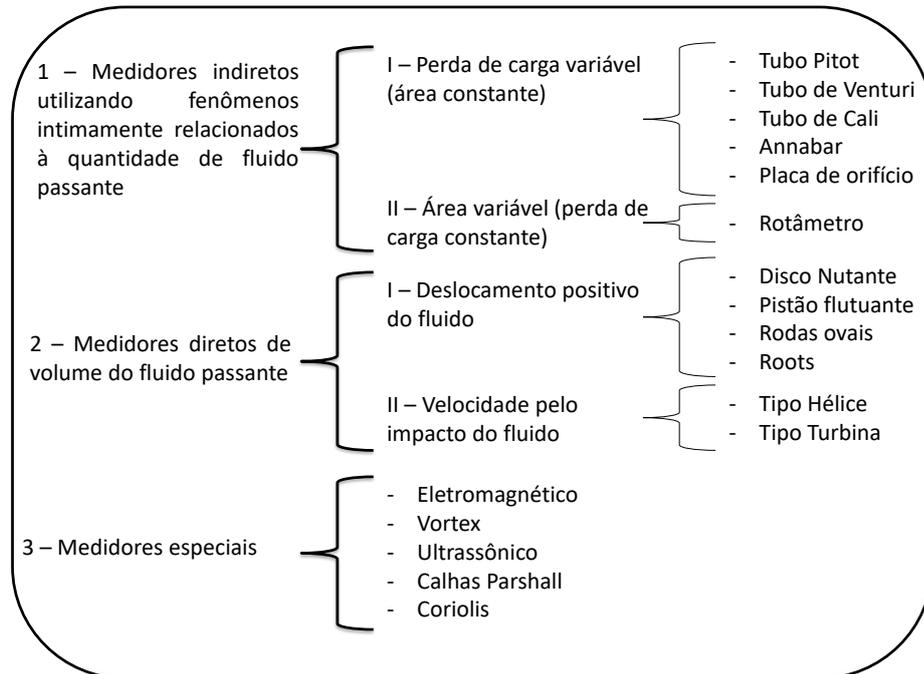


Fonte: Do próprio autor.

## 2.2 Sensores de vazão

A medição de vazão ( $Q$ ) consiste basicamente na determinação da quantidade de líquidos, gases e sólidos que passa por um determinado local por unidade de tempo, podendo, também, ser incluídos instrumentos que indicam a quantidade total movimentada, num intervalo de tempo. A unidade de vazão volumétrica no Sistema Internacional (SI) é  $m^3/s$ . Os medidores de vazão podem ser classificados como apresentado no esquema da Figura 6.

Figura 6: Classificação dos medidores de vazão.



Fonte: Adaptado de [Cassiolato e Orellana \(2010\)](#).

### 2.2.1 Pressão Diferencial

Os medidores de pressão diferencial são medidores indiretos de vazão, localizando-se no grupo 1 item I da Figura 6. Os instrumentos deste grupo utilizam-se de elementos deprimogênicos, como placas do orifício, para gerar um obstáculo à passagem do fluido, gerando uma redução na pressão. Assim, a partir de sensores diferencial de pressão a vazão pode ser encontrada utilizando o Teorema de Bernoulli. Dado que a densidade e a viscosidade do fluido permanecem constantes pode-se encontrar a vazão ( $Q$ ) em  $m^3/s$  que é dada por:

$$Q = k\sqrt{\Delta P}, \quad (2.1)$$

onde  $k$  é uma constante que equaciona características da tubulação e do elemento deprimogênio. Se  $\Delta P$  (variação de pressão) for dada em kPa, a unidade de medida de  $k$  é  $m^3/(s\sqrt{kPa})$ . Os principais elementos deprimogênicos são: Placa de Orifício, Tubo Venturi, Bocal, Tubo de Pitot ([THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005](#)).

Os medidores indiretos de vazão são amplamente utilizados devido a sua simplicidade, baixo custo e facilidade de manutenção, contudo seus maiores defeitos são as perdas de carga geradas pela restrição causada pelos elementos deprimogênicos ([THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005](#)).

### 2.2.2 Medidores de vazão por deslocamento positivo

Nos medidores de vazão por deslocamento positivo a vazão é medida de forma direta, portanto são classificados no grupo 2 da Figura 6. Neste tipo de medidores, a própria energia do líquido é usada para girar equipamentos que, junto com medidores, registram a vazão do líquido (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005). Uma das aplicações mais conhecidas desse tipo de medição são os hidrômetros residenciais, que medem o deslocamento do fluido a partir de um disco de nocaute que gira e oscila de acordo com a vazão da água (VIEIRA, 2014). Este dispositivo é apresentado na Figura 7.

Figura 7: Hidrometro residencial.



Fonte:Vieira (2014, p. 33).

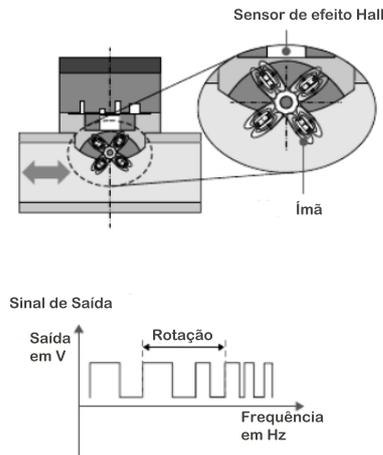
### 2.2.3 Medidor de vazão tipo turbina

Outro medidor direto comumente aplicado é do tipo turbina, contudo este utiliza-se da velocidade gerada pelo impacto do fluido para aferir a vazão. O primeiro a usar uma turbina alinhada com o fluxo de água para medir vazão foi o alemão Reinhard Woltmann (1757 - 1837) que criou um molinete hidráulico. Nesse tipo de configuração, as pás da turbina giram a uma velocidade angular que varia de acordo com a velocidade de escoamento do fluido (Aguirre, 2013). O movimento das hélices podem ser captados por sensores de efeito Hall, ópticos, indutivos, capacitivos ou magnéticos, e até mesmo por engrenagens. O sensor utilizado para captar o movimento da hélice irá fornecendo um pulso de tensão a cada rotação no sinal de saída. Um esquema de funcionamento desse medidor e a forma de onda emitida por um sensor de efeito Hall são elucidados na Figura 8. De acordo com cada fabricante haverá uma constante  $k$  que relaciona a frequência dos pulsos de saída com a vazão. Esta constante dependerá da viscosidade do fluido e da dimensão do medidor de acordo com

$$Q = f/k. \quad (2.2)$$

A exatidão desse tipo de dispositivo é muito boa, são robustos e fáceis de usar, porém podem somente ser utilizados em aplicações onde o fluido é líquido. Uma desvantagem é a perda de carga que ele pode proporcionar por ser um elemento intrusivo no sistema.

Figura 8: Medidor tipo turbina utilizando sensor de efeito Hall.



Fonte: Souza (2012, p. 42).

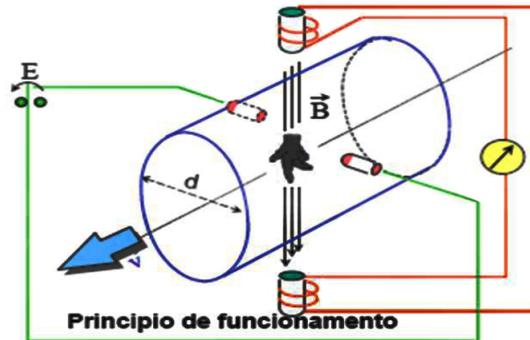
#### 2.2.4 Medidor de vazão eletromagnético

Os medidores eletromagnéticos são do tipo especiais, grupo 3 da Figura 6. O cientista Michael Faraday demonstrou pela primeira vez o princípio que leva o seu nome em 1832, a Lei de Faraday. Desde então, foram desenvolvidos muitos equipamentos baseados em tal princípio, o medidor de vazão magnético é um desses equipamentos (AGUIRRE, 2013). A lei de Faraday aplicada em medidores de vazão, determina que o movimento do líquido (o qual deverá possuir uma condutividade elétrica mínima admitida) através do campo magnético induz uma força eletromotriz (f.e.m) que atravessa o líquido num sentido perpendicular ao campo magnético, sendo essa f.e.m. diretamente proporcional à sua velocidade de escoamento. O esquema de funcionamento pode ser visto na Figura 9. Segundo Aguirre (2013), considerando que  $D$  é o diâmetro do duto, a tensão induzida  $e$  é dada pela lei de Faraday e é descrita por

$$e = (\vec{v} \times \vec{B})D. \quad (2.3)$$

Dessa forma, a força eletromotriz medida nos eletrodos corresponde a velocidade média do perfil de velocidade do escoamento. Os medidores de vazão eletromagnéticos apresentam como vantagem não serem intrusivos, ou seja, não há nada que se oponha à passagem do fluido, são insensíveis à viscosidade, à densidade e ao perfil de velocidade

Figura 9: Princípio de funcionamento de um medidor eletromagnético.



Fonte: [Vieira \(2014, p. 42\)](#).

do fluido, desde que este seja simétrico em torno da linha central da tubulação. Além do mais, a faixa de operação linear desses medidores é bastante ampla ([AGUIRRE, 2013](#)).

## 2.3 Sistema Embarcado

A conexão entre os sensores de vazão instalados no sistema e o supervisório pode ser feita por meio de sistemas embarcados. Neste trabalho é utilizado o sistema Arduino, apresentado na Figura 10, que recebe os dados, os processa e os envia através da comunicação serial para o supervisório.

O Arduino é uma plataforma de código aberto (*hardware e software*) criada em 2005 visando o desenvolvimento de projetos de baixo custo voltado principalmente para estudantes. Por ser código aberto, a plataforma se desenvolveu rapidamente. Existem vários módulos do Arduino, especificamente neste projeto é utilizado o Arduino Uno. Tal placa possui um microcontrolador ATmega338P, 14 pinos de entrada e saída digital e 6 pinos de entrada analógica ([ARDUINO, 2015](#)). O sistema integrado possui uma entrada USB para comunicação com o computador e alimentação. A alimentação também pode ser feita a partir de uma fonte AC/DC ou bateria a partir de um plug de 2,1 mm com centro positivo. As especificações da placa se encontram no Anexo A.

Na plataforma Arduino a programação é feita, principalmente, através de *sketchs* utilizando linguagem Arduino baseada na linguagem C e C++. Nos *sketchs* são configurados os pinos de entrada e saída e a lógica do sistema, após compilar o código ele é gravado na placa, a partir deste ponto o Arduino não precisa mais do computador para executar suas tarefas, apenas de uma fonte de alimentação.

Figura 10: Placa Arduino UNO.



Fonte: Retirado de ([ARDUINO, 2015](#)).

## 2.4 Sistemas Supervisórios

Sistemas supervisórios são sistemas que utilizam *softwares* para monitorar e/ou armazenar variáveis medidas de dispositivos de interesse, tais sistemas também podem ser chamados de SCADA. A partir do supervisório o usuário tem acesso a variáveis monitoradas, possibilitando tanto a supervisão quanto a modificação dos estados do sistema, permitindo por exemplo, a ativação de um elemento ou a aplicação de um *setpoint* no sistema.

Normalmente, aliados aos supervisórios existem interfaces ou IHMs (Inteface Homem Máquina). O objetivo das IHMs, de maneira geral, é facilitar a comunicação entre os dispositivos monitorados e/ou controlados e seus usuários/operadores. O que difere o supervisório das IHMs é que estas são instaladas no chão de fábrica e controlam um grupo de equipamentos, já o supervisório é operado de uma central de controle de onde pode-se monitorar/controlar toda a planta. As interfaces podem contar com gráficos de histórico, central de alarmes, tela de controle e monitoramento, conexão com banco de dados do sistema e opções de relatórios de acordo com as especificações do usuário.

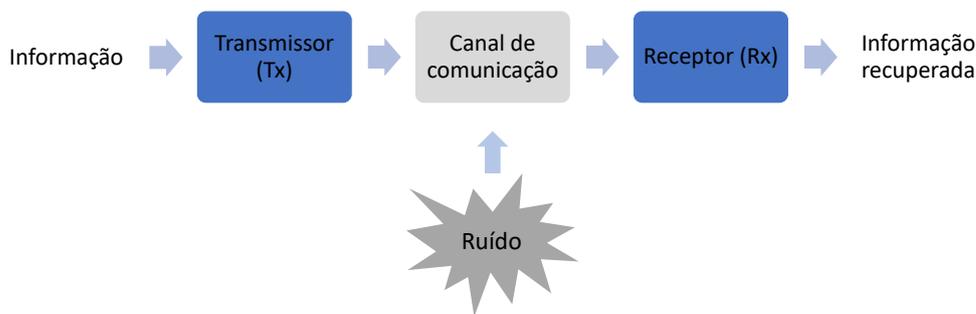
No presente trabalho, o sistema supervisório é desenvolvido em ambiente LabView (do inglês *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) da *National Instruments* NI [National Instruments \(2018\)](#). Este *software* é um sistema bem difundido no mercado por apresentar grandes avanços desde a sua criação em 1986. Para o desenvolvimento na plataforma é necessário uma licença de uso. Contudo, uma importante característica desta plataforma, é a possibilidade criação de executáveis do programa desenvolvido, que podem ser instalados nos computadores dos usuários e excetuados, sem a necessidade de que estes possuam licença de *software*. As suas principais aplicações são medição e controle de sistemas. Para realizar tais procedimentos, o *software* apresenta todas as configurações necessárias para atividades como a leitura/escrita de arquivos e comunicação com outros

dispositivos. Sua linguagem de programação gráfica (Linguagem G) torna a programação mais rápida e intuitiva comparada com a programação baseada em texto. Maiores detalhes sobre as funcionalidades do *software* podem ser encontradas em [National Instruments \(2018\)](#).

## 2.5 Sistema de Transmissão de Dados

Os valores medidos pelo sensor de vazão são enviados para o sistema embarcado por meio de um sistema de transmissão. A Figura 11 apresenta de forma genérica tal sistema. A comunicação se inicia quando a mensagem é gerada, essa mensagem pode ser gerada por uma pessoa, por um computador ou por um sistema eletrônico, como é o caso deste trabalho, e é denominada informação. A informação, em forma de sinal eletrônico alimenta o transmissor que transmite o sinal por meio do canal de comunicação. Por fim, a informação é captada pelo receptor ([FRENZEL, 2009](#)).

Figura 11: Modelo geral dos sistemas de telecomunicações.



Fonte: Adaptado de [Frenzel \(2009\)](#).

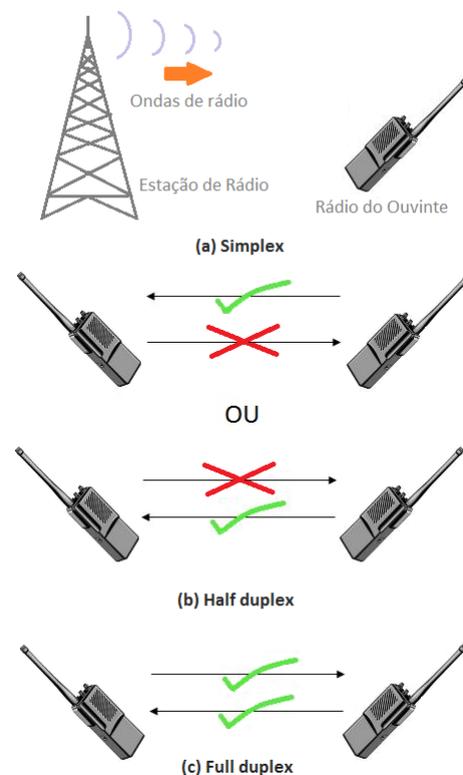
O **canal de comunicação** pode ser cabo de cobre de transmissão, cabos de fibra óptica ou o espaço livre. O último foi o utilizado neste trabalho, tal comunicação também é conhecida como rádio, chamada de **comunicação sem fio** (do inglês *wireless*). Nela a informação é convertida em campo eletromagnético e tem a capacidade de se propagar por longas distâncias sem necessidade de meio físico.

Quando se trata de comunicação a rádio, os componentes da transmissão de dados terão o seguinte papel: o **transmissor** é um circuito eletrônico responsável por modular

o sinal em uma portadora, uma onda senoidal de alta frequência gerada pelo circuito, e o transmitir para o receptor por meio do espaço livre. O **receptor** captura esse sinal e demodula para o sinal original.

Observando as características das comunicações eletrônicas, elas podem ser classificadas em dois grupos, como é apresentado na Figura 12, as unidirecionais e as bidirecionais. Na Unidirecional (*simplex*), o papel do transmissor e do receptor não se invertem, os circuitos de transmissão utilizados no presente trabalho utilizam essa configuração. Já na comunicação bidirecional (*full duplex* ou *half duplex*) tanto transmissor quanto receptor podem transmitir e receber dados, sendo que na *full duplex* ambos podem transmitir dados ao mesmo tempo e na *half duplex* a transmissão de dados não pode ser simultânea.

Figura 12: Classificação dos tipos de comunicação.



Fonte: Do próprio autor.



## 3 METODOLOGIA PROPOSTA E RESULTADOS

O presente capítulo aborda a metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho. A Seção 3.1 apresenta as características do sensor de vazão e os testes de validação realizados com o medidor. A Seção 3.2 expõe os aspectos dos circuitos de transmissão e recepção de dados empregados. Na Seção 3.3 tem-se uma visão geral do projeto, a partir do diagrama de instrumentação são apresentados, também, os circuitos e fluxogramas dos módulos de transmissão, recepção e as telas do supervisor. Por fim, na Seção 3.4 são mostrados os aspectos construtivos do protótipo e logo em seguida, na Seção 3.5 os testes de validação do mesmo.

### 3.1 Escolha do Sensor

A partir dos estudos levantados sobre medidores de vazão, foi escolhido para os testes iniciais o medidor de fluxo de água do tipo turbina com sensor de efeito Hall modelo FS300A G3/4" (FS300A, 2015). Esta escolha foi feita, devido às suas facilidades de comunicação com o Arduino e pela facilidade de instalação. O medidor possui alimentação de 5V a 24 V, podendo medir uma faixa de fluxo de água de 1L/min a 60 L/min com precisão de 3%. A tabela com as demais características do sensor se encontra no Anexo B. Uma foto do sensor escolhido é mostrada na Figura 13, como pode-se observar no lado externo do sensor há uma seta indicando o sentido correto do fluxo.

Figura 13: Medidor de fluxo com sensor de efeito Hall modelo FS300A G3/4".



Fonte: Reritado de FS300A (2015).

A vazão em L/min é encontrada a partir da frequência dos pulsos gerada pelo sensor de efeito Hall dividido por uma constante indicada pelo fabricante que varia de acordo com as dimensões do sensor escolhido. Segundo o fabricante a relação é descrita por (FS300A, 2015)

$$Q = (f \times 60)/5, 5. \quad (3.1)$$

Os testes iniciais com o medidor foram realizados para verificar se a vazão indicada correspondia à real e observar as perdas de carga geradas pela turbina. Para isso com o auxílio de um recipiente de 2L, um cronômetro e uma mangueira, primeiramente foi verificada a vazão do ponto aferido sem o medidor, com o cronômetro foi medido o tempo para encher o recipiente. Posteriormente foi inserido o medidor na mangueira e realizado o mesmo procedimento, sempre com a torneira totalmente aberta. Não foram observadas quedas de vazão e pressão de água após a adição do medidor.

A partir da validação do medidor de fluxo de água do tipo turbina com sensor de efeito Hall, foram realizados os mesmos testes com um modelo FY-21 1/2". Este medidor possui range de 1L/min a 30L/min com precisão de 5% e as mesmas características de interface com o Arduino. A relação de conversão fornecido pelo fabricante é descrita por (STUDIO, 2013).

$$Q = (f \times 60)/7, 5. \quad (3.2)$$

Os testes realizados com o sensor mostraram que o mesmo manteve a característica de não inserir perdas significativas no sistemas, contudo as medições apresentaram um erro. A fim de ajustar a medição, foi utilizado o método de mínimos quadrados (AGUIRRE, 2007), em que os dados foram obtidos por um procedimento de média simples de três ensaios. A Figura 14 apresenta as curvas de medição de dados experimentais (\*), de ajuste pelo método de mínimos quadrados (-) e o ajuste fornecido pelo fabricante (+). A equação ajustada do medidor é

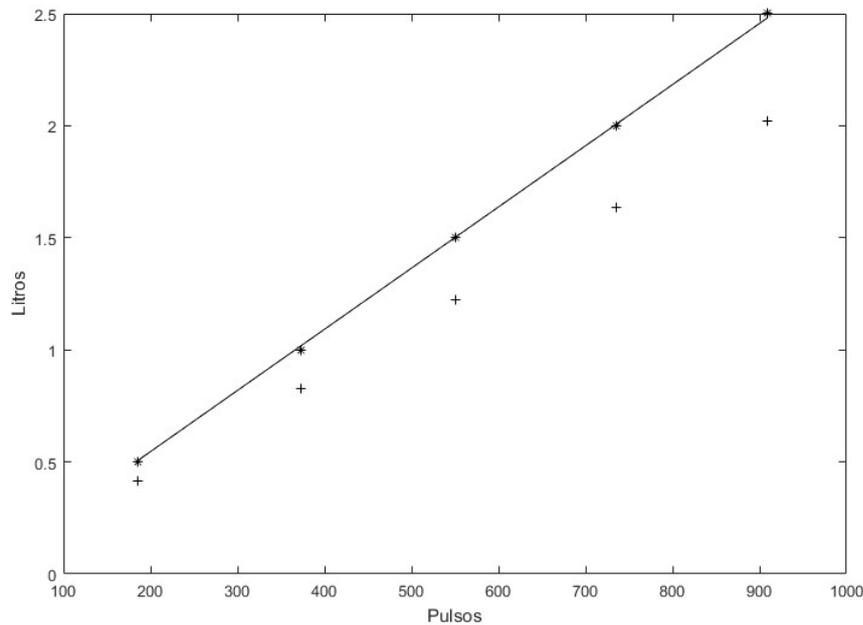
$$Q = (f \times 60)/6. \quad (3.3)$$

A rotina criada em *MatLAB* se encontra no Apêndice C.

## 3.2 Escolha do Módulo de Transmissão de Dados

O sistema de transmissão de dados escolhido foi o módulo de rádio frequência RF Link, apresentado na Figura 15. Tal escolha foi devido ao seu baixo custo, fácil interação

Figura 14: Calibração do sensor FY-21 1/2" pelo método de mínimos quadrados. Em (\*) tem-se os dados reais obtidos por um procedimento de média simples de três ensaios. Em (-) tem-se o ajuste pelo método de mínimos quadrados (3.3). Em (+) equação do fabricante (3.2).



Fonte: Do próprio autor.

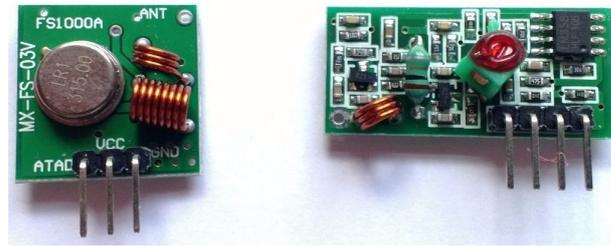
com o sistema embarcado e capacidade de alcance de 20 a 200 metros. As características técnicas do sensor se encontram no Anexo C.

O módulo RF 315MHz AM atua na faixa de Rádio conhecida como SubGiga, é uma faixa de uso livre liberada pela Anatel. Essa faixa é amplamente usada por rádio amadores e também por controles remoto (OLSSON, 2013).

Os testes de validação foram realizados alimentando o módulo transmissor com 6 volts através de um conjunto de pilhas alcalinas. O local dos testes foi uma residência de  $120 m^2$ , o módulo receptor foi fixado em um cômodo da residência e o módulo transmissor deslocado pela área. O sistema se mostrou eficiente em realizar a comunicação entre os cômodos da residência sem apresentar perda de informação.

Uma das características do módulo, é a utilização do Código Padrão Americano para Troca de Informações (**ASCII** - *American Standard Code for Information Interchange*) para a transmissão. A decodificação do sinal é realizada no microcontrolador do módulo receptor.

Figura 15: Modelo RF Link 315MHz AM.

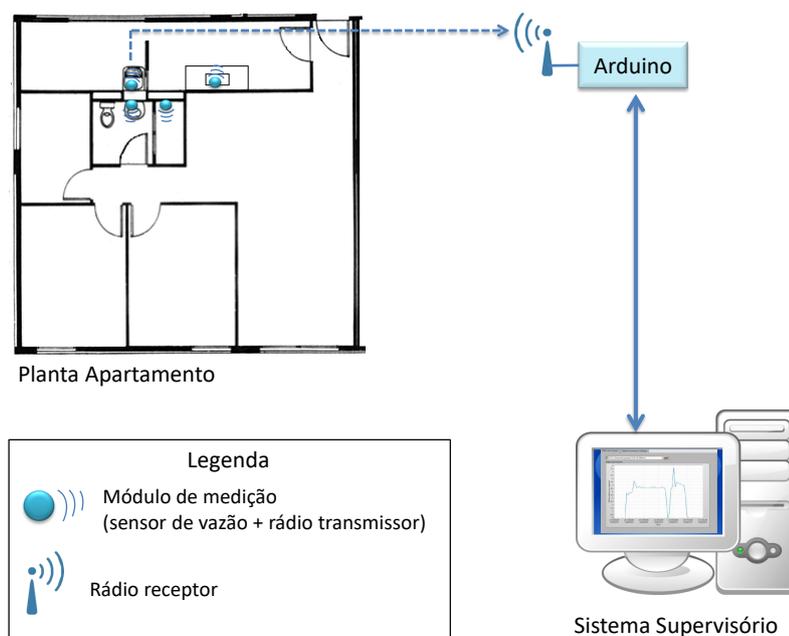


Fonte: Retirado de [Buildcircuit \(2018\)](#).

### 3.3 Instrumentação do Sistema

O esquemático do protótipo na Figura 16 representa o diagrama de instrumentação do sistema. A partir dos sinais recebidos dos sensores, o Arduino faz o tratamento, convertendo-os de acordo com a tabela ASCII e os envia para o computador. No computador o supervisor irá tratar novamente os dados recebidos, gerar um histórico e permitir que o usuário tenha acesso tanto aos valores de consumo atual como os valores passados de sua residência.

Figura 16: Diagrama esquemático da instrumentação do protótipo de medição individualizada.

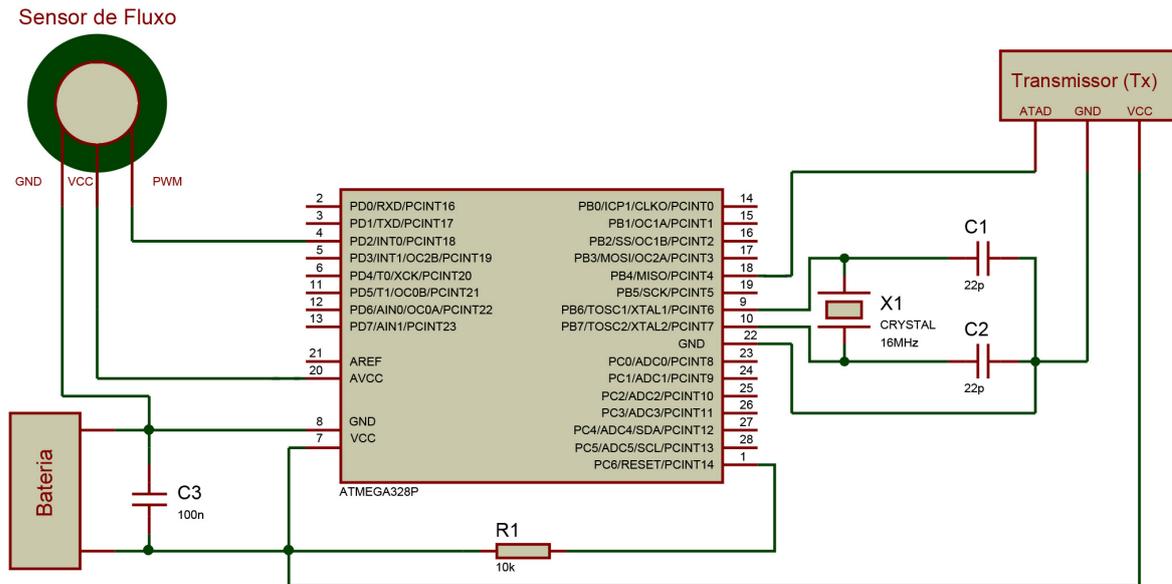


Fonte: Do próprio autor.

### 3.3.1 Módulos de Transmissão e Recepção

O sistema possui um módulo de recepção e os módulos de transmissão de dados. O módulo de transmissão consiste no sensor de fluxo, o microcontrolador e RF Link Transmitter - 315Mhz. A alimentação pode ser realizada por meio de bateria ou pilhas, facilitando assim a instalação do conjunto.

Figura 17: Esquema módulo de transmissão de dados.



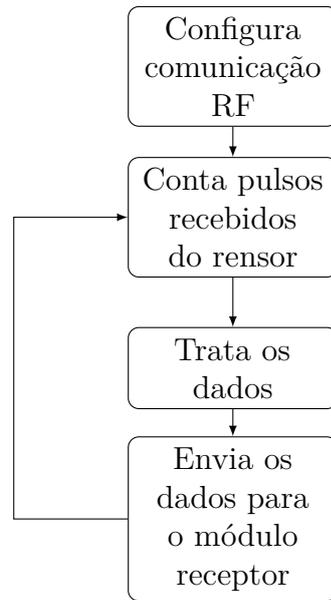
Fonte: Do próprio autor.

Foi desenvolvido um *Sketch* na interface de desenvolvimento do Arduino. A Figura 18 apresenta o fluxograma utilizado na programação. O código da programação se encontra no Apêndice A. Inicialmente são realizadas as configurações do módulo de rádio e do pino digital que receberá os pulsos do sensor de fluxo, posteriormente o programa realiza a contagem destes pulsos durante um segundo e envia ao módulo receptor que está acoplado ao computador. Após o envio o ciclo se reinicia, dessa forma, as medições são enviadas a cada um segundo para o receptor.

Visando viabilizar a comunicação de mais de um sensor, na fase "Trata dados" é adicionado o código de identificação do ponto na palavra que será transmitida. O código possui quatro dígitos, os dois primeiros correspondem ao número de identificação da residência e os dois últimos ao ponto de consumo.

O módulo receptor consiste no RF Link Receiver - 315Mhz e na placa de Arduino Uno ligada ao computador. O fluxograma é apresentado na Figura 20. A função desse módulo é receber os dados, tratá-los e enviar à porta serial so computador. Nesse processo, o tratamento dos dados é a conversão da tabela ASCII para números decimais e a montagem

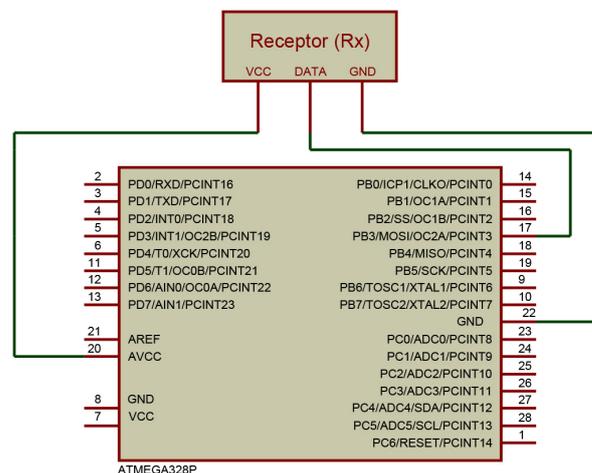
Figura 18: Fluxograma mostrando os passos do Módulo de Transmissão.



Fonte: Do próprio autor.

da palavra de dados com 7 dígitos, dessa forma todo dado enviado possui 7 Bytes. A programação no Arduino do módulo se encontra no Apêndice B.

Figura 19: Esquema módulo de recepção de dados.

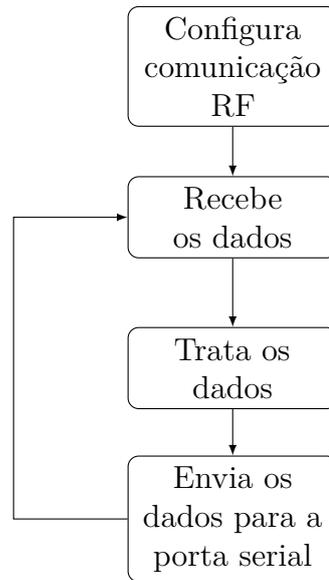


Fonte: Do próprio autor.

### 3.3.2 Interface Gráfica

A Figura 21 apresenta o fluxograma da rotina criada em ambiente LabView para gravar os dados em um arquivo de *LOG*. O programa realiza constantemente a leitura da porta serial, ao receber o pacote de dados, estes são fragmentados, detectando o código

Figura 20: Fluxograma mostrando os passos do Módulo de Recepção.



Fonte: Do próprio autor.

do ponto e a vazão instantânea. Ele realiza a conversão da vazão para  $L/s$ , incrementa esse valor ao totalizador do ponto e grava esses dados em arquivo textual *.lmv* que gera os *log's* de consumo de acordo com a data no momento da gravação, neste arquivo são gravados data e vazão volumétrica.

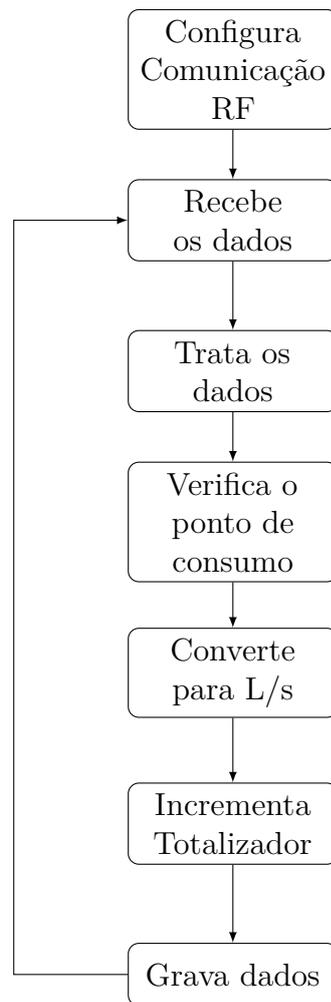
No supervisor o usuário terá acesso aos valores de consumo de água instantâneos e passados, a fim de permitir o monitoramento do consumo e por consequência a economia de água. O sistema supervisor é apresentado por meio de abas. A primeira aba apresenta o consumo instantâneo que é atualizada a cada meio segundo, a Figura 22 apresenta o gráfico da leitura instantânea no momento do teste.

O usuário poderá verificar em forma de gráfico e tabela o histórico de consumo, estas ferramentas se encontram em abas diferentes para facilitar a compreensão. Na aba de Gráfico de Histórico de Consumo ele seleciona o arquivo de log referente à data desejada, o resultado é apresentado na Figura 23.

Na aba seguinte, o usuário tem acesso ao seu consumo em forma de tabela, como é mostrado na Figura 24. A fim de estimular a economia, a barra indica a quantidade de consumo em relação ao valor estipulado pela ONU de 110L para permitir ao usuário um controle do seu consumo em relação ao padrão considerado suficiente. Na interface é apresentado a tarifa referente ao gasto de água. O valor da tarifa apresentado foi calculada de acordo com a taxa vigente no município de João Monlevade - MG.

A fim de facilitar o planejamento econômico do usuário, nas abas seguintes foram apresentados o consumo referente a cada ponto de água. A ilustração apresenta o posicionamento do sensor (ponto verde) e o histórico e consumo em forma de interface gráfica.

Figura 21: Fluxograma mostrando os passos do Módulo de Recepção.



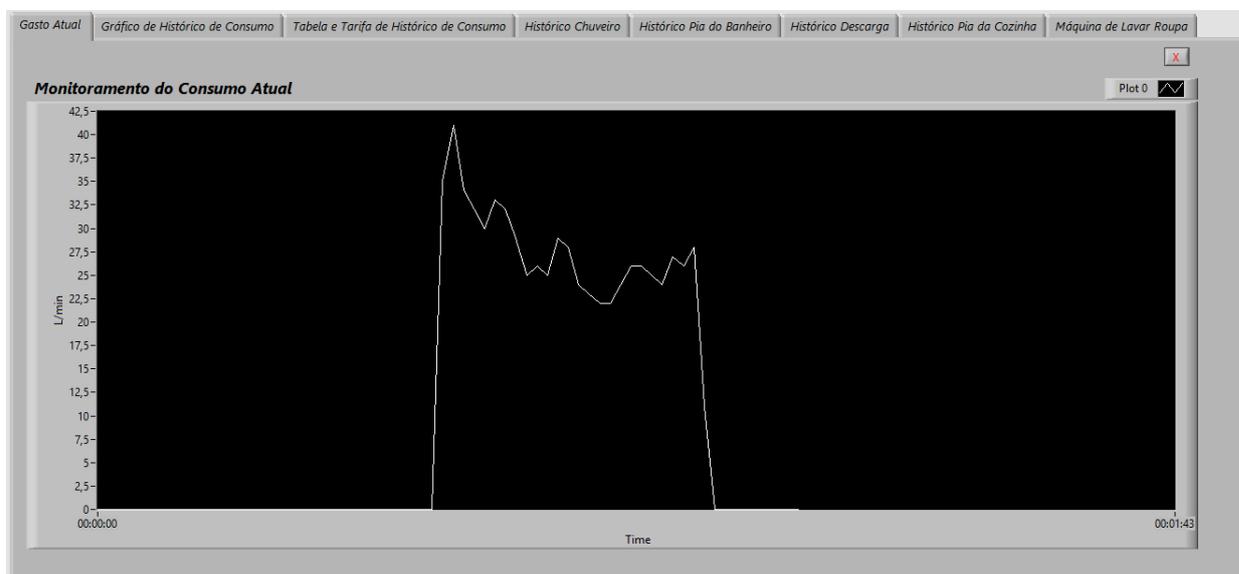
A barra indica o consumo total naquele ponto, com isso o usuário pode observar qual o ponto de maior consumo de água e verificar as possibilidades de economia. A Figura 25 apresenta a aba de consumo do chuveiro, as demais telas se encontram no Apendice D.

### 3.4 Aspectos Construtivos

O protótipo conta com um conjunto de quatro caixas, duas fazendo o papel da caixa d'água, e duas os reservatórios, onde vai ser contabilizado o consumo. Foram utilizados dois medidores de vazão de efeito Hall, um de 3/4" e o outro de 1/2". Para o controle do fluxo, cada medidor é alimentado por uma válvula manual. Um esquemático do protótipo pode ser visualizado na Figura 26.

Primeiramente, com o auxílio de um copo dosador, foram realizadas as marcações de nível dos reservatórios. A régua de medição marca de meio em meio litro de 1/2 até 3L. Tal marcação foi realizada, a fim de possibilitar o acompanhamento do nível real no protótipo e o indicado no supervísório. Permitindo assim a validação dos dados recebidos.

Figura 22: Tela 1 do supervisor: medição instantânea.



Fonte do próprio autor.

Figura 23: Tela 2 do supervisor: gráfico de histórico de consumo.



### 3.5 Testes de medição e comunicação

Para realizar os testes do protótipo foi desenvolvida uma tela de monitoração no LabView, que é apresentada na Figura 27, onde alguns pontos importantes foram destacados. Monitorando a porta serial (*reade buffer*) é possível ler a palavra de estados, que é formatada pelo módulo de recepção. Nos campos código e leitura é possível notar que

Figura 24: Tela 3 do supervisor: tabela e tarifa de histórico de consumo.

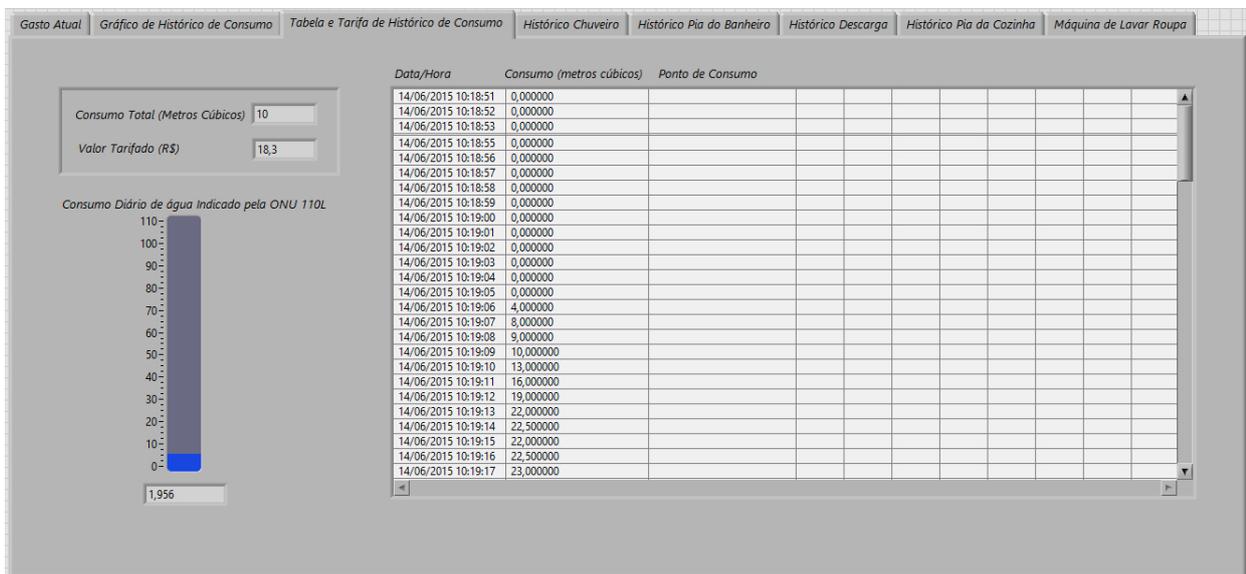
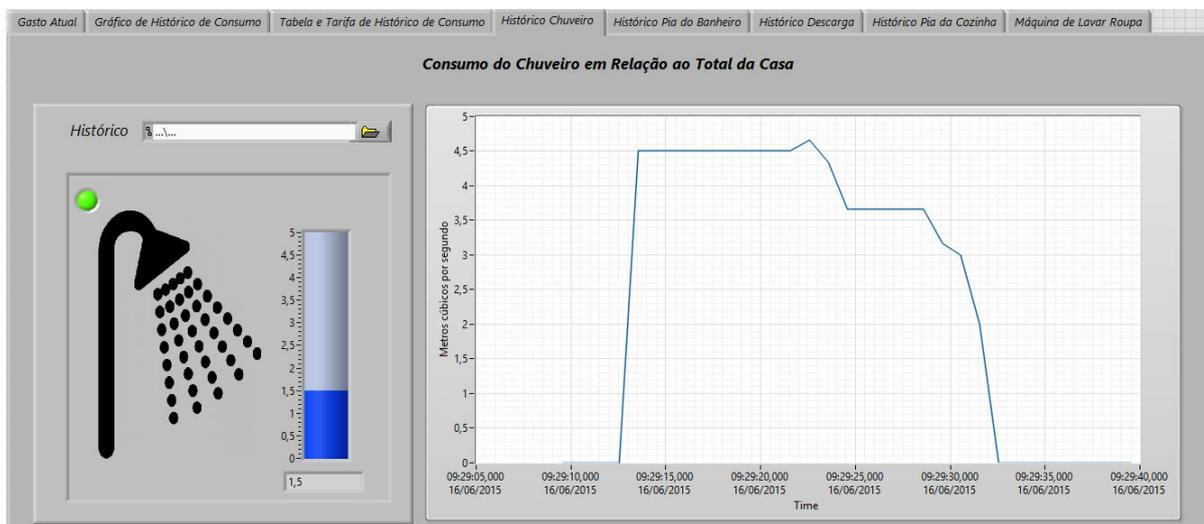


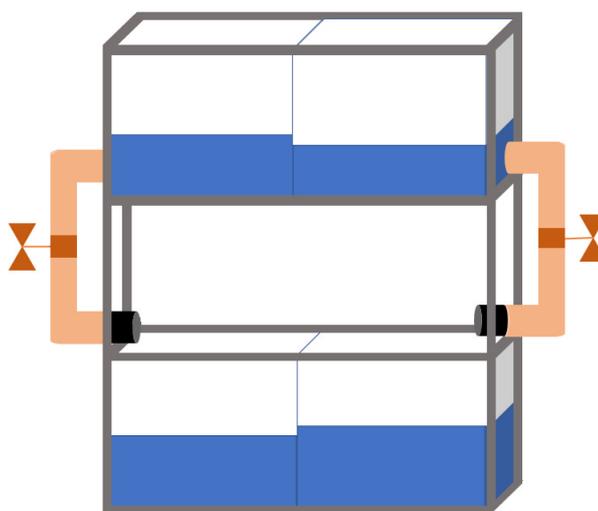
Figura 25: Tela 4 do supervisor: no lado esquerdo é apresentado o ponto de medição e o consumo acumulado em forma de interface gráfica (tanque). O gráfico apresenta o histórico de consumo no chuveiro.



os valores foram fragmentados corretamente. No gráfico é apresentado o valor instantâneo em L/s e no tanque o valor acumulado no reservatório.

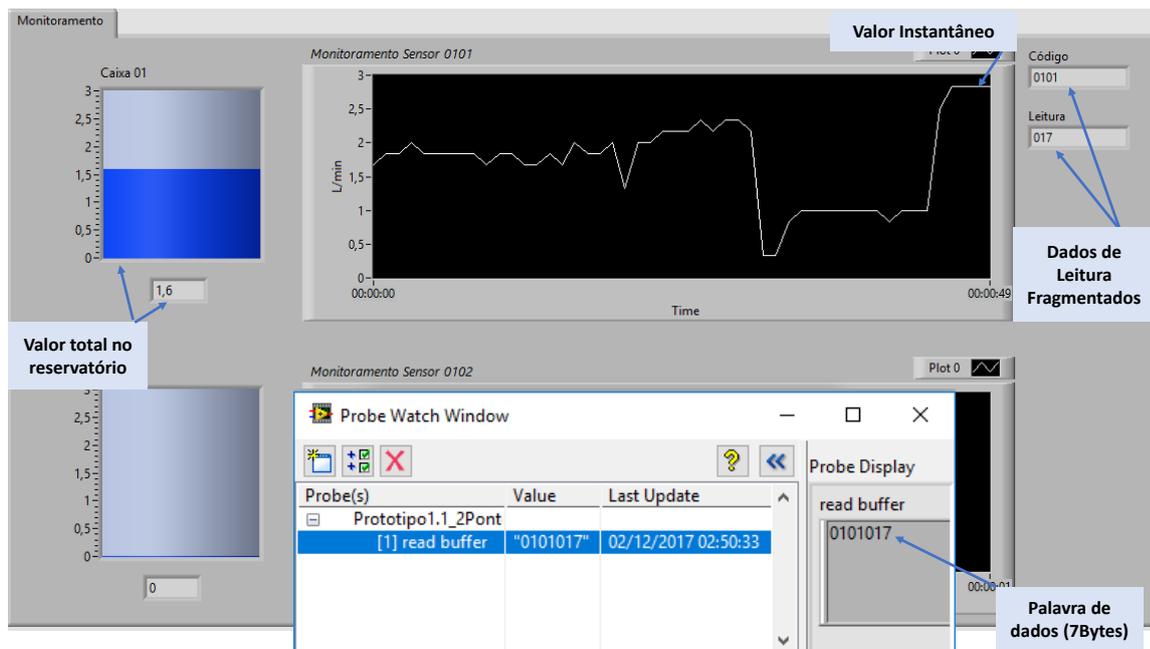
Na comunicação com dois sensores, o fator de atenção era a perda de dados na comunicação. O teste foi realizado acionando um sensor primeiro, ponto 0101, após 10s o segundo sensor foi ligado. Portanto, como é amostrado na Figura 28, não houve perda de informações quando o segundo medidor passou a enviar dados.

Figura 26: Protótipo do sistema. Conjunto de quatro caixas, duas fazendo o papel da caixa d'água (caixas superiores), e duas os reservatórios (caixas inferiores). O sistema conta, também, com dois medidores de vazão de efeito Hall, um de 3/4" e o outro de 1/2" (cilindro preto). Cada medidor é alimentado por uma válvula manual.



Fonte: Do próprio autor.

Figura 27: Tela de monitoramento do protótipo. A interface apresenta o valor instantâneo da medição, atualizado a cada meio segundo. Os dois tanques ilustram o nível dos reservatórios do protótipo. Na leitura da porta serial (*read buffer*) é possível observar a palavra que é recebida pelo supervisor, que por padrão possui 7Bytes. Os campos "Código" e "Leitura" são resultados da fragmentação da palavra recebida.



Fonte do próprio autor.

Figura 28: Log's de dados comunicação com dois sensores. No teste realizado, é primeiramente acionado o ponto 0101, passados 10 segundos o segundo sensor (ponto 0102) é acionado. Os arquivos de log mostram os horários das leituras, e analisando-as é possível verificar que não houve perda de dados, as gravações são feitas de segundo em segundo.

Arquivo de log Ponto: 0101		Arquivo de log Ponto: 0102	
Time		Time	
19/11/2017 13:59:48	0,003	19/11/2017 13:59:59	0,01
19/11/2017 13:59:49	0,022	19/11/2017 14:00:00	0,07
19/11/2017 13:59:50	0,042	19/11/2017 14:00:01	0,12
19/11/2017 13:59:51	0,064	19/11/2017 14:00:02	0,18
19/11/2017 13:59:52	0,086	19/11/2017 14:00:03	0,24
19/11/2017 13:59:53	0,106	19/11/2017 14:00:05	0,29
19/11/2017 13:59:54	0,131	19/11/2017 14:00:06	0,35
19/11/2017 13:59:55	0,167	19/11/2017 14:00:07	0,41
19/11/2017 13:59:56	0,200	19/11/2017 14:00:08	0,47
19/11/2017 13:59:57	0,236	19/11/2017 14:00:09	0,52
19/11/2017 13:59:58	0,269	19/11/2017 14:00:10	0,58
19/11/2017 13:59:59	0,303	19/11/2017 14:00:11	0,64
19/11/2017 14:00:00	0,336	19/11/2017 14:00:12	0,69
19/11/2017 14:00:01	0,372	19/11/2017 14:00:13	0,73
19/11/2017 14:00:02	0,406	19/11/2017 14:00:14	0,76
19/11/2017 14:00:04	0,439	19/11/2017 14:00:15	0,78
19/11/2017 14:00:05	0,472	19/11/2017 14:00:16	0,81
19/11/2017 14:00:06	0,506	19/11/2017 14:00:17	0,84
19/11/2017 14:00:07	0,539	19/11/2017 14:00:18	0,86
19/11/2017 14:00:08	0,572	19/11/2017 14:00:19	0,89
19/11/2017 14:00:10	0,606	19/11/2017 14:00:20	0,91
19/11/2017 14:00:11	0,639	19/11/2017 14:00:21	0,94
19/11/2017 14:00:12	0,672	19/11/2017 14:00:22	0,96
19/11/2017 14:00:13	0,706	19/11/2017 14:00:28	0,98
19/11/2017 14:00:14	0,739	19/11/2017 14:00:59	1,02
19/11/2017 14:00:15	0,769	19/11/2017 14:01:00	1,06
19/11/2017 14:00:16	0,803	19/11/2017 14:01:01	1,07
19/11/2017 14:00:17	0,836	19/11/2017 14:01:31	1,07

Fonte: Do próprio autor.



## 4 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os principais aspectos para o desenvolvimento de um protótipo de medição individualizada de água. Em se tratando de edifícios com medição coletiva, o objetivo do projeto é por meio de um sistema de supervisão solucionar o problema da medição coletiva minimizando ações intrusivas na estrutura dos apartamentos. Vale salientar, que com a medição individualizada e o monitoramento contínuo dos gastos em todas as saídas de água os usuários tem a chance de adotarem hábitos conscientes de consumo.

Com o protótipo foi possível realizar testes com o sistema que se mostraram eficazes. Para a ampliação do sistema, basta inserir o novo código de identificação no supervisorio. Inicialmente na programação do LabView, contudo o sistema possui recursos para gerar formulários de cadastro de ponto de consumo. No caso de alteração da tecnologia de comunicação, do RF Link para qualquer outra, basta respeitar o padrão da palavra de 7 Bytes sendo os quatro primeiros o código de identificação do ponto e os três últimos a frequência do medidor que nenhuma alteração será necessária no sistema. Outro ponto a ser destacado, que para rodar o sistema não é necessário a instalação do LabView, apenas do executável do supervisorio, o que viabiliza o projeto, pois não requer a compra de licença pelo usuário.

Para aprofundar os estudos do sistema seria interessante testes reais em apartamentos, o que exigiria um estudo mais aprofundado a respeito da interferência da umidade no circuito e sistema de proteção à prova de água. No presente trabalho a água não interferiu no circuito.

Também seria importante, o teste de sensores não intrusivos, como sensores eletromagnéticos. E que estes sensores possuíssem indicação de nível de bateria, para proporcionar ações preventivas nos dispositivos.

Como sugestão para trabalhos futuro pode-se citar o estudo de um sistema redundante e de buffer, inserindo por exemplo um módulo de cartão de memória no receptor para que grave os dados de consumo mesmo sem o sistema supervisorio. —



# Referências

AGUIRRE, L. A. *Introdução à Identificação de Sistemas – Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais*. 3<sup>a</sup>. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. Citado na página 42.

AGUIRRE, L. A. *Fundamentos de Instrumentação*. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: PEARSON, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.

ARDUINO. *Arduino Uno*. 2015. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno&prev=search>>. Acesso em: 21 de jun. 2015. Citado 3 vezes nas páginas 36, 37 e 73.

BUILDCIRCUIT. *HOW TO USE 315MHZ RF TRANSMITTER AND RECEIVER MODULES WITH ARDUINO*. 2018. Disponível em: <<http://www.buildcircuit.com/how-to-use-rf-module-with-arduino/>>. Acesso em: 08 de jan. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 44 e 77.

CARDOSO, A.; AFONSO, E.; JÚNIOR, L.; FERNANDES, F. G.; LUDOVICO, J.; BARBOSA, M.; LAMOUNIER, C.; FERNANDES, J.; RESUMO, B. Sistema de automação residencial controlado por dispositivos móveis e dispositivos vestíveis. *FTT journal of Engineering and Business*, p. 74–90, 2016. Citado na página 27.

CARDOSO, A. R.; BARRETO, L. P.; MACHADO, T. *Melhoria da eficiência energética em edificações residenciais utilizando automação residencial*. 100 p. Tese (Doutorado) — Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Citado na página 26.

CARVALHO, W. F. *Medição individualizada de água em apartamentos*. Belo Horizonte: [s.n.], 2010. 109 p. Citado 3 vezes nas páginas 24, 25 e 26.

CASSIOLATO, C.; ORELLANA, E. *Medição de Vazão*. 2010. Disponível em: <[www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html](http://www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html)>. Acesso em: 21 de jun. 2015. Citado na página 33.

CEARÁ. *Cenário atual dos recursos hídricos do Ceará / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos*. 2008. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2008. 174p. : il. – (Coleção Pacto das Águas). Citado na página 23.

FRENZEL, L. *Fundamentos de Comunicação Eletrônica - Volume 1*. McGraw Hill Brasil, 2009. (Série Tekne). ISBN 9788580551389. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=kUKaKXCrYhkC>>. Citado na página 38.

FS300A. *DataSheet Water Flow Sensor FS300A G3/4"*. 2015. Disponível em: <[http://www.seeedstudio.com/wiki/G3/4\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G3/4_Water_Flow_sensor)>. Acesso em: 21 de jun. 2015. Citado 3 vezes nas páginas 41, 42 e 75.

MARTINS, J. L.; MEMELLI, M. S. *Balanço hídrico e indicadores de consumo de água potável e não potável em uma edificação dotada de sistema de reuso de águas cinza*. 89 p.

- Tese (Doutorado) — Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011. Citado na página 24.
- MESQUITA, M. J. C.; NETO, J. C. G.; ALMEIDA, W. R. M. Sistema de controle e supervisão residencial utilizando a plataforma Arduino. In: *Computer on the Beach*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 350–359. Citado na página 26.
- MIRANDA, F. F.; MIYAMOTO, J.; KÓs, J. R. Sistemas de Automação Residencial Construindo Hábitos Sustentáveis nos Moradores. In: *XVII Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital*. [S.l.]: Blucher Design Proceeding, 2014. v. 1, p. 567–571. Citado na página 27.
- NATIONAL INSTRUMENTS. *National Instruments*. 2018. Disponível em: <<http://www.ni.com/pt-br.html>>. Acesso em: 18 de jan. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- NEVES, M. *Comissão aprova obrigatoriedade de medidores individuais de água em prédios*. 2014. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIDADES/467545-COMISSAO-APROVA-OBRIGATORIEDADE-DE-MEDIDORES.html>>. Acesso em: 21 de jun. 2015. Citado na página 24.
- OLIVEIRA, D. V. G.; PETREK, J. F. *Sistema de automação residencial controlado via web*. 170 p. Tese (Doutorado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- OLIVEIRA, M. A. A. *Desenvolvimento de um medidor de vazão termal inteligente*. 114 p. Tese (Doutorado) — Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Citado na página 26.
- OLSSON, C. M. C. Comunicação Por Radio Controladores Lógicos Controladores Lógicos Programáveis ( Clp ). p. 60, 2013. Citado na página 43.
- SANT’ANA, D.; BOEGER, L.; MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – parte 1 : reduções no consumo de água. *Água e Sociedade*, Paranoá, Brasília, n. n° 10, p. 77–84, 2013. Citado na página 24.
- SILVA, A. D. C.; ROCHA, L. V.; MACHADO, A. P.; GUTIERREZ, D. M. G.; SANTOS, L. S.; GUTIERREZ, C. B. B. Sistema de automação para captação de águas pluviais e gerenciamento hídrico residencial utilizando aplicativo móvel. *Revista Espacios*, v. 38, n. N° 19, p. 31, 2017. Citado na página 27.
- SILVA, S. R. D. S. *Avaliação Do Sistema De Medição Individualizada De Água Em Prédios Populares Situados Na Cidade Do Salvador Bahia*. 168 p. Tese (Doutorado), 2010. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. *Diagnostico dos Serviços de Água e Esgotos-2015*, p. 212, 2017. Citado na página 24.
- SOUZA, R. d. L. e. *Automação de chuveiro com misturador de água quente/fria através de controle de temperatura e vazão da água*. 100 p. Tese (Certificado de Conclusão de Curso) — Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2012. Citado na página 35.

STUDIO, W. YIFA the plastics Ltd Prodcut Introduction. p. 1, 2013. Disponível em: <[http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=G1/2\{\\_\}Water\{\\_\}Flow\{\\_\}sens](http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=G1/2\{_\}Water\{_\}Flow\{_\}sens)>. Citado na página 42.

SUZY, D. S. *Desenvolvimento e implementação de um sistema de supervisão e controle residencial*. 62 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 31.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. *Sensores Industriais: Fundamentos e aplicações*. 4ª. ed. São Paulo: Editora Érica LTDA, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

UOL. *Nível do sistema Cantareira cai para 5,5% e atinge seu nível mais crítico*. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2014/10/08/nivel-do-sistema-cantareira-cai-para-55-e-atinge-seu-nivel-mais-critico.htm>>. Acesso em: 21 de jun. 2015. Citado na página 23.

VIEIRA, A. M. *Dispositivo para micromedição remota de consumo de água*. Tese (Doutorado) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 36.

VIGNES, V. U.; DUTRA, M. K.; MIHOMUM, R. L.; ROHLOFF, R. C. Sistema inteligente de gestão de água predial. In: *III Seminário de Tecnologia Inovação e Sustentabilidade*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 319–329. Citado na página 27.



# Apêndices



# APÊNDICE A – Código Módulo Transmissor

```

#include <VirtualWire.h>
int contaPulso = 0; //Variável para a quantidade de pulsos
char in;
char msg[4];
char dados[8];
char ID[4] = "0102";
void setup(){
  Serial.begin(9600); //Inicia a serial com um baud rate de 9600
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  attachInterrupt(0, inPulso, RISING); //Configura o pino 2(Interrupção 0) para trabalhar como
  interrupção
  vw_set_ptt_inverted(true);
  vw_setup(2000);
}
void loop (){
  memset(&dados, 0, sizeof (dados) );
  digitalWrite(7, HIGH);
  contaPulso = 0; //Zera a variável para contar os giros por segundos
  sei(); //Habilita interrupção
  delay (1000); //Aguarda 1 segundo
  cli(); //Desabilita interrupção
  Serial.println(contaPulso);
  sprintf(msg, "%d", contaPulso); // essa função converte o valor inteiro de "valor" para const
  char em "msg"
  strcat(dados, ID); //concatena i ID com o valor contapulso
  strcat(dados, msg);
  digitalWrite(13, true); // Flash a light to show transmitting
  vw_send((uint8_t *)dados, strlen(dados));
  delay(100);
  digitalWrite(13, false);
}

void inPulso (){
  contaPulso++; //Incrementa a variável de contagem dos pulsos
}

```



# APÊNDICE B – Código Módulo Receptor

```

#include <VirtualWire.h>
int aux[55];
int j=0;
int c=0;
int ID[4],ID_aux[8],contaPulso_aux;
float contaPulso=0,vazao=0;
char in;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  //Configurando Comunicação
  vw_set_ptt_inverted(true);
  vw_setup(2000);
  vw_rx_start();
}
void loop() {
  contaPulso=0;
  uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
  uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
  if (vw_get_message(buf, &buflen)) {
    int i;
    //CONVERTE TABELA ASCII
    for (i = 0; i < 4; i++) {
      ID[i]=buf[i]-48;
      //Serial.print(ID[i]);
    }
    if(buf[4]!=48) {
      for (i = 4; i < buflen; i++)
      {
        aux[i]=buf[i]-48;
      }
      j=i;
      while(j != 1){
        c=i-j;
        contaPulso=contaPulso+aux[c]*pow(10,(i-1)-c);
        j--;
      }
      contaPulso=contaPulso+aux[i-1];
    }
    else{
      contaPulso=0;
    }
  }
  contaPulso_aux=(int)contaPulso;
  Serial.print(ID[0]);
  Serial.print(ID[1]);
  Serial.print(ID[2]);
  Serial.print(ID[3]);
  if((contaPulso_aux/100)<1){
    Serial.print('0');
  }
  if((contaPulso_aux/10)<1){
    Serial.print('0');
  }
  Serial.print(contaPulso_aux); //Imprime na serial o valor da vazão
}
}

```



# APÊNDICE C – Código Mínimos Quadrados

```
%Limpa as opções iniciais e variáveis
clc;
clear all;
close all;
%dados em volts
x=[185 186
   362 383
   551 551
   736 736
   902 917];
%dados provenientes do padrão em newtons
y_medido=[0.5 1 1.5 2 2.5];
x_medio=mean(x,2);
%caso 1: y=ax
psil=x_medio;
a_medido=inv(psil'*psil)*psil'*y_medido'
a_datasheet=(1/(7.5*60))
figure()
plot(x_medio,y_medido,'*k')
hold on
plot(x_medio,a_medido*x_medio,'k')
hold on
plot(x_medio,a_datasheet*x_medio,'+k')
xlabel('Pulsos')
ylabel('Litros')
legend('Teste','y = ax','DataSheet','Location','NorthWest')

hold off
```



# APÊNDICE D – Telas supervisorío

Figura 29: Tela supervisorío: Histórico de de consumo de água na cozinha.

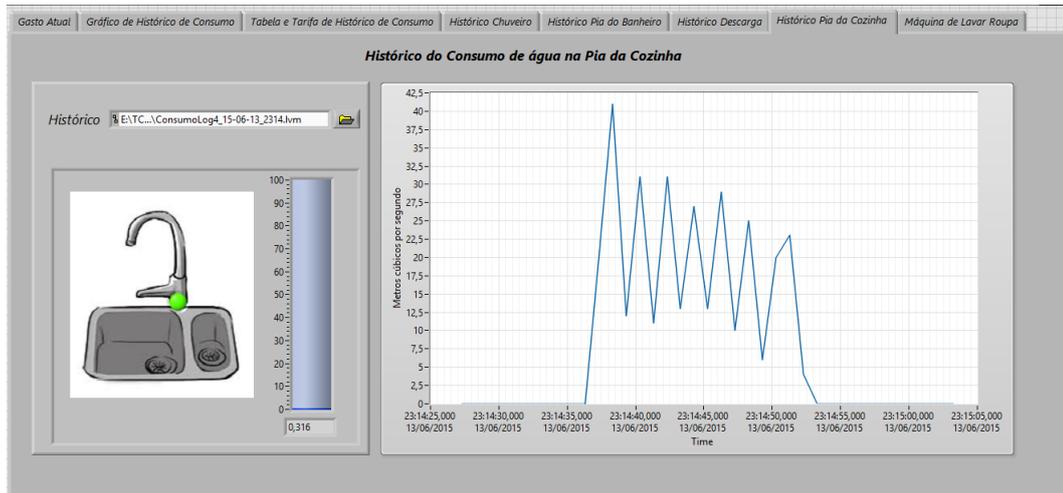


Figura 30: Tela supervisorío: Histórico de de consumo de água na descarga.

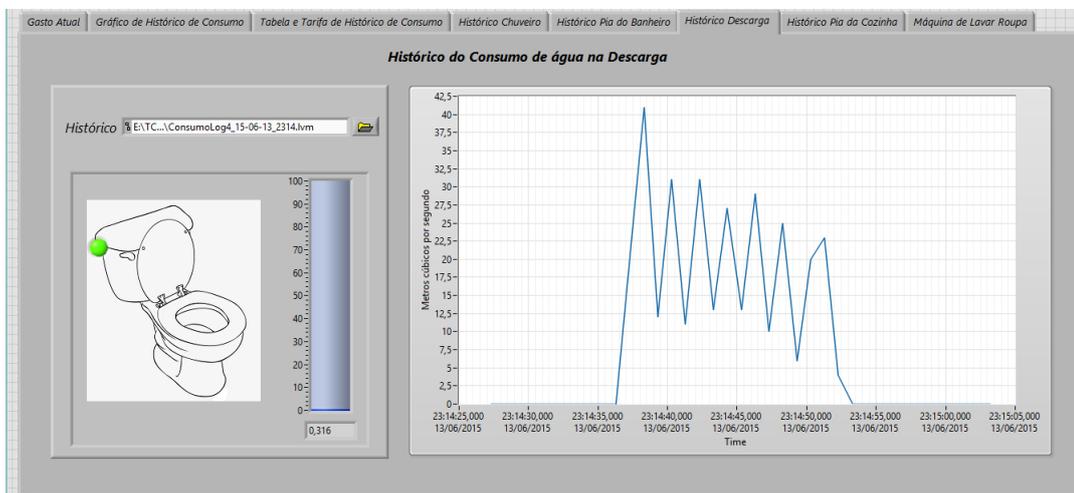


Figura 31: Tela supervisorio: Histórico de de consumo de água na máquina de lavar.

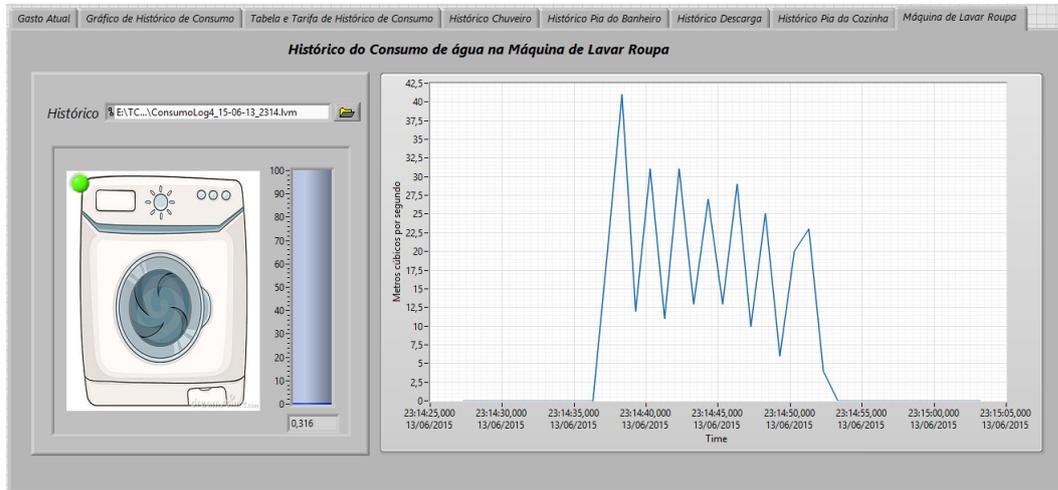
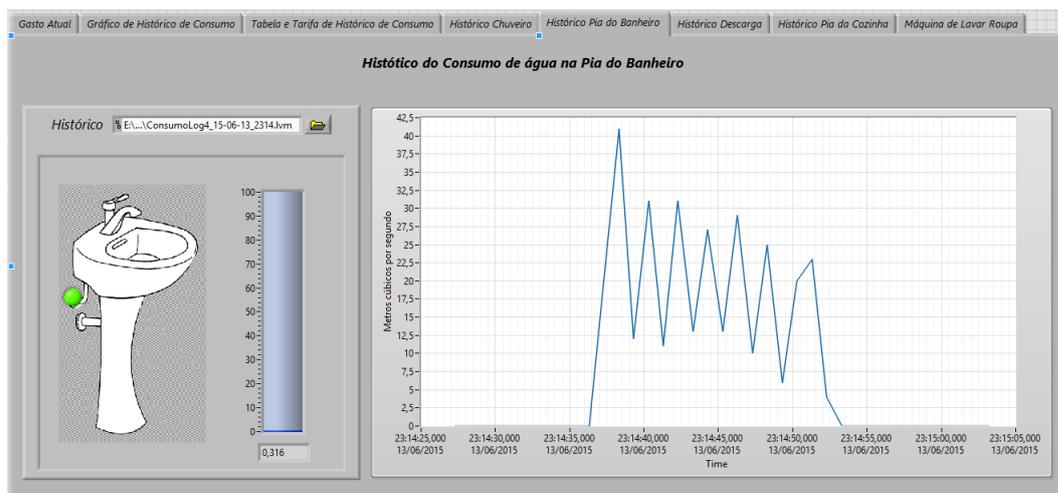


Figura 32: Tela supervisorio: Histórico de de consumo de água na pia do banheiro.



# Anexos



# ANEXO A – Especificações Arduino UNO

Tabela 1: Especificações Arduino UNO

Microcontrolador	ATmega328
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada (recomendado)	7-12V
Tensão de entrada (limites)	6-20V
Pinos Digitais I/O	14 (Possibilidade de 6 saídas PWM)
Pinos Analógicos de entrada a	6
Corrente DC por pino de I / O	40 mA
Corrente DC 3.3V por pino	50 mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Frequência do clock	16 MHz
Comprimento	68,6 mm
Largura	53,4 mm
Peso	25g

Fonte: ([ARDUINO, 2015](#))



## ANEXO B – Especificações Sensor de Fluxo

Tabela 2: Especificações do FS300A G3/4”

Tensão de alimentação	5V - 24V
Tensão do pulso de saída (Nível alto)	>4.5 (VDC 5V)
Tensão do pulso de saída (Nível baixo)	<0.5 (VDC 5V)
Corrente Máxima	15mA (5VDC)
Taxa de Fluxo	1 - 60L/min
Temperatura de operação	0°C - 80°C
Temperatura do Líquido	< 120°C
Umidade de operação	35% - 90%RH
Pressão de operação	<1.75MPa
Precisão	3%

Fonte:([FS300A](#), 2015)



# ANEXO C – Especificações RF Link 315MHz

Tabela 3: Módulo Receptor

Modelo	MX-05V
Tensão operacional	5V
Corrente	4mA
Frequência de Recepção	315MHz
Sensibilidade de Recepção	-105DB
Dimensões	30*14*7mm

Fonte:Retirado de [Buildcircuit \(2018\)](#)

Tabela 4: Módulo Transmissor

Modelo	MX-FS-05=3V
Tensão operacional	3.5-5V
Alcance	20-200m (Dependendo da tensão de alimentação)
Frequência de Transmissão	315MHz
Potência de Transmissão	10mW
Taxa de Transferência	4KB/s
Dimensões	19*19mm

Fonte:Retirado de [Buildcircuit \(2018\)](#)