

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

RENATO AUGUSTO DE PAULA ALVES

**SOLUÇÃO DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA
RESIDENCIAL**

MARÍLIA
2015

RENATO AUGUSTO DE PAULA ALVES

SOLUÇÃO DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA
RESIDENCIAL

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador

Profº Ms. Allan Cesar Moreira de Oliveira

Coorientador

Profº Dr. Paulo Augusto Nardi

MARÍLIA
2015

ALVES, Renato Augusto de Paula

Solução de monitoramento de consumo de água residencial

/ Renato Augusto de Paula Alves; orientador Profº Ms. Allan Cesar Moreira de Oliveira; coorientador Profº Dr. Paulo Augusto Nardi. Marília, SP: [s.n.], 2015.

70 folhas.

Trabalho de curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Curso de Sistemas de Informação, Fundação de Ensino “Eurípedes Soares da Rocha”, mantedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, Marília, 2015.

1. Solução de monitoramento. 2. Consumo de água.

CDD: 004.67



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA - UNIVEM
MANTIDO PELA FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Renato Augusto de Paula Alves

Solução de Monitoramento de Consumo de Água Residencial.

Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Nota: 10.0 (dez)

Orientador: Allan Cesar Moreira de Oliveira Alc

1º.Examinador: Rodolfo Barros Chiamonte Rodolfo Barros Chiamonte

2º.Examinador: Giulianna Marega Marques Giulianna Marega Marques

Marília, 03 de dezembro de 2015.

Dedico este trabalho:

A todos que me deram força e incentivo para concluir o curso;

Ao meu pai, Carlos, minha mãe, Valdete e meu irmão Vinícius;

Aos meus amigos pelos incentivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas pessoas que colocou em meu caminho e por todas as oportunidades dadas a mim.

À minha mãe – Valdete Aparecida de Paula Alves – ao meu pai – Carlos Roberto Alves – e ao meu irmão - Vinicius de Paula Alves, que estiveram me apoiando em todos os momentos.

Agradeço ao professor Paulo Augusto Nardi, por indicar os caminhos a seguir de forma clara e objetiva.

Agradeço ao professor Allan Cesar Moreira de Oliveira, por me auxiliar e dar orientações para que fosse concluída esta monografia.

Agradeço aos examinadores da banca, professora Julianna Marega Marques e professor Rodolfo Barros Chiaramonte, pelas sugestões de melhoria no projeto.

Agradeço aos colegas de trabalho, aos colegas da faculdade, aos professores do curso de Sistema de Informação e funcionários da UNIVEM.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que me ajudaram de alguma maneira nesta monografia.

“Aqueles que param esperando as coisas melhorarem acabam descobrindo mais tarde que aqueles que não pararam estão tão na frente que não podem ser alcançados”

(Rui Barbosa)

“Pessimismo leva à fraqueza, otimismo ao poder. ”

(William James)

“A persistência é o caminho do êxito. ”

(Charles Chaplin)

ALVES, Renato Augusto de Paula. **Solução de monitoramento de consumo de água residencial**. 70 f. Trabalho de curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2015.

RESUMO

No Brasil várias cidades enfrentam problemas no seu abastecimento de água, para amenizar esse problema faz-se necessário a criação de soluções capazes de auxiliar a população no processo de racionamento e uso adequado da água. Esse projeto apresenta uma solução de monitoramento de consumo de água residencial composta por módulos medidores de consumo de água instalados nos pontos consumidores da residência. Um módulo principal que recebe as informações vindas dos módulos sensores e encaminha para uma aplicação web. Esta aplicação disponibiliza as informações para o usuário através de gráficos, mostrando o consumo de água dos pontos monitorados da residência, conscientizando o usuário sobre o consumo de água da sua residência, auxiliando-o a realizar medidas para economizar água.

Palavras-Chave: consumo de água residencial, racionamento e uso adequado da água, solução de monitoramento de consumo de água.

ALVES, Renato Augusto de Paula. **Solução de monitoramento de consumo de água residencial**. 70 f. Trabalho de curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2015.

ABSTRACT

In Brazil many cities are facing problems in their water supply. To alleviate this problem it is necessary to create capable solutions to help people in the process of rationing and proper use of water. This project proposes a residential water consumption monitoring solution that consists of water consumption modules installed on consumers points of residence. It also consists of a main module that receives the information coming from the sensors modules and forwards it to a web application. This application provides the information to the user through graphs, showing the water consumption of the monitored points of the residence. Making users aware of their water consumption and helping them make decisions to save water.

Keywords: residential water consumption, rationing and proper use of water, monitoring solution of water consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disponibilidade de água doce no Planeta	19
Figura 2 - Distribuição de água doce no Brasil	20
Figura 3 - Karotz (Nabaztar)	24
Figura 4 - Nascimento da Internet das Coisas	25
Figura 5 - Medidor Tipo Turbina	27
Figura 6 - Primeiro protótipo do Arduino.....	28
Figura 7 - Arduino Uno	29
Figura 8 - Arduino Pro Mini.....	31
Figura 9 - Pinos do Arduino Pro Mini.....	33
Figura 10 - Interface IDE Arduino	34
Figura 11 - Arduino UNO e Arduino Ethernet Shield.....	35
Figura 12 - Sensor de Fluxo de água 3/4	36
Figura 13 - Comunicação entre dispositivos SPI.....	37
Figura 14 - Transceptor nRF24L01+	38
Figura 15 - Esquema elétrico transceptor nRF24L01+	38
Figura 16 - Utilização de banda de sistemas sem fio operando na banda ISM de 2,4 GHz.....	39
Figura 17 - Objeto JSON	40
Figura 18 - Array JSON	41
Figura 19 - Exemplo de página PHP	41
Figura 20 - Apresentação do esquema de funcionamento da solução.....	43
Figura 21 - Esquema de ligação do módulo sensor	44
Figura 22 - Esquema de ligação do sensor de fluxo de água.....	45
Figura 23 - Esquema de ligação do transceptor nRF24L01+	46
Figura 24 - Quantidade de voltas com 1 litro de água.....	47
Figura 25 - Função montarJson() - Programa módulo sensor	48
Figura 26 - Padrão gerado pela função montarJson () - Programa módulo sensor	49
Figura 27 - Função enviarMsg() - Programa módulo sensor.....	49
Figura 28 - Função receberMsg() - Programa módulo sensor.....	50
Figura 29 - Esquema de ligação do módulo principal	51
Figura 30 - Exemplo de mensagem recebida do módulo sensor	52
Figura 31 - Tabelas do banco de dados	53
Figura 32 - Código para gravar dados no banco de dados.....	54
Figura 33 - Consumo semanal contabilizado pelo sensor (consumo ilustrativo).....	55
Figura 34 - Consumo do chuveiro durante três dias (consumo de água em litros).	56
Figura 35 - Consumo do chuveiro durante sete dias	57
Figura 36 - Hardware do módulo sensor	58
Figura 37 - Módulo sensor instalado no chuveiro	58
Figura 38 - Hardware - Módulo principal	59
Figura 39 - Cadastro de usuário.....	60
Figura 40 - Login na aplicação web	60
Figura 41 - Painel de controle da aplicação web	61

Figura 42 - Tela Cadastrar sensor.....	62
Figura 43 - Etiqueta de identificação do módulo sensor	62
Figura 44 - Tela consumo total de água dos pontos monitorados	63
Figura 45 - Tela de consumo por sensor (consumo ilustrativo)	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do Arduino UNO	30
Tabela 2 - Especificações do Arduino Pro Mini	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	<i>Corrente continua</i>
EEPROM	<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
ID	<i>Identificação</i>
IOT	<i>Internet of Things – Internet das Coisas</i>
IRQ	<i>Interrupt Request Line</i>
ISM	<i>Banda de radio</i>
KB	<i>Kilobyte</i>
LED	<i>Diodo emissor de luz</i>
MHZ	<i>Megahertz</i>
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i>
RF	<i>Radiofrequência</i>
RX	<i>Receptor</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
TX	<i>Emissor</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Motivação e justificativa	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Estrutura do trabalho	17
2. CONCEITOS GERAIS E CONTEXTO	19
2.1. Água	19
2.2. Internet das Coisas	22
2.3. Medidores de consumo de água	26
2.3.1. Medidor tipo turbina.....	26
3. COMPONENTES UTILIZADOS	28
3.1. Plataforma Arduino	28
3.1.1. Placa Arduino Uno	30
3.1.2. Placa Arduino Pro Mini.....	31
3.2. Arduino Ethernet Shield.....	35
3.3. Sensor de Fluxo de Água	36
3.4. Comunicação SPI.....	37
3.5. Transceptor nRF24L01+	38
3.6. JSON	40
3.7. Ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da aplicação WEB.....	41
4. DESENVOLVIMENTO	43
4.1. Módulo Sensor	44
4.1.1. Hardware	44
4.1.2. Software.....	46
4.2. Módulo Principal.....	51
4.2.1. Hardware	51
4.2.2. Software.....	52
4.3. Aplicação WEB.....	53
4.3.1. Funcionamento da aplicação WEB.....	54
5. RESULTADOS OBTIDOS	56
5.1. Módulo Sensor	57
5.2. Módulo Principal.....	59
5.3. Aplicação web.....	59

6. CONCLUSÃO	64
6.1. Sugestões de trabalhos futuros	65

INTRODUÇÃO

Novas tecnologias surgem diariamente no mercado para aperfeiçoar processos e auxiliar os seres humanos em suas tarefas diárias. Atualmente faz-se necessário a criação de soluções capazes de auxiliar a população no processo de racionamento e uso adequado dos recursos naturais do planeta.

Um dos recursos naturais mais importantes para a humanidade é a água, toda a população mundial tem conhecimento sobre a enorme importância da água para sobrevivência e manutenção da vida no planeta. Mas isso não nos faz grandes conservadores deste recurso, a cada dia mais água potável é perdida devido ao seu mau uso (BATISTA, 2013).

Segundo Mourão (2009), a população mundial se encontra preocupada com o futuro do planeta Terra, pois o desperdício de água está se tornando cada dia mais preocupante para a humanidade. Já estamos sofrendo os reflexos deste desperdício. Daqui algumas décadas a água valerá como o petróleo, valerá muito economicamente, tanto para consumo, quanto para a venda. Portanto temos que começar a investir desde já em soluções eficientes e eficazes para garantir a sustentabilidade do planeta.

Todo o desenvolvimento da humanidade está associado ao uso da água. Durante muito tempo, o homem acreditou que este era um recurso inesgotável. Há apenas algumas décadas, a humanidade tem despertado para a dura realidade de que, diante da má utilização, da poluição e da superexploração, esse recurso se tornou escasso (FLORES, 2007).

O ambiente residencial é visto como responsável por grande parcela do desperdício de água, o que agrava ainda mais a situação (FLORES, 2007). De acordo com a Organização das Nações Unidas, o uso de 110 litros de água por dia é suficiente para suprir as necessidades de consumo e higiene de uma pessoa. Mas estatísticas apontam que no Brasil o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros por dia, o que representa quase o dobro do que a quantidade de água necessária diariamente (SABESP, 2015).

Frente a tal realidade algumas medidas devem ser tomadas, como a utilização da tecnologia para conscientizar sobre a utilização deste recurso e campanhas educacionais de redução de consumo de água para que este recurso seja mais bem distribuído entre a população, melhorando a sua utilização.

Visando facilitar a percepção do consumo de água e seu desperdício em uma residência, este trabalho apresenta uma solução capaz de captar dados de consumo de água de diversos locais da residência, utilizando o conceito da Internet das Coisas, apresentando estes

dados para o usuário através de gráficos em uma aplicação web.

Atualmente o consumo de água nas residências é acompanhado mensalmente, através de leitura realizada pela empresa responsável por sua distribuição. Esta leitura é relativa ao consumo total da residência em certo período, através dela não é possível saber a quantidade de água consumida diariamente ou em cada ponto consumidor da residência.

Em função destes fatores, o objetivo deste trabalho, é apresentar uma solução de monitoramento de consumo de água residencial que auxilie o usuário a economizar água, apresentado o consumo de água individual dos pontos consumidores com o módulo sensor instalado. Por meio dos dados obtidos destes módulos é possível saber quantos litros de água que são consumidos por chuveiros, torneiras e demais pontos consumidores de água da residência. Estes dados serão exibidos em forma de gráficos, que poderão ser gerados por tempo determinado pelo usuário, como por exemplo: por dia, mês e ano. Por meio da apresentação destes dados ao usuário é possível conscientizá-lo sobre o consumo de água de sua residência, auxiliando na economia de água.

O monitoramento ponto-a-ponto de consumo de água provê informação mais precisa dos locais de desperdício em relação à leitura de consumo total. Com este recurso, é esperado o aumento do controle de consumo e conseqüente aumento na eficiência da economia de água.

1.1. Motivação e justificativa

A falta de água no planeta está se agravando, nos dias de hoje a água se tornou uma preocupação prioritária em grande parte do planeta. O grande problema ocorre nos lugares onde há maior disponibilidade de água. Nesses lugares há uma cultura de desperdício, onde se prega, erroneamente, que a água é um bem que nunca irá faltar. Mas aos poucos esta cultura vem sendo combatida, a população está se conscientizando da importância de economizar água e encontrar meios de utilizá-la de maneira racional. O reflexo do desperdício já está aparecendo no Brasil, atualmente várias cidades enfrentam problemas no abastecimento, pois seu consumo é muito elevado e os reservatórios estão secando. Uma das principais fontes de consumo de água em áreas urbanizadas são as residências, que pode atingir até 50% do consumo total de água potável disponível na cidade (FERNANDES, 2007).

A população não tem um controle preciso sobre o seu consumo de água, pois não sabem a quantidade de litros que gastam no chuveiro e nas torneiras espalhadas pela casa. No

futuro teremos menos água potável disponível tornando difícil a sua captação no meio ambiente, esse fator elevará o valor comercial da água. Para amenizar essa situação precisamos criar soluções que conscientize a população sobre o consumo excessivo de água. Com a utilização desta solução, os consumidores residenciais terão controle do seu consumo de água, mostrando quais equipamentos consomem mais água, auxiliando-os na redução de consumo, ajudando a economizar água e dinheiro.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste projeto é prover um meio de controle de consumo de água mais preciso que o atual para auxiliar no controle de gastos e melhoria no consumo consciente deste recurso.

Para isso, foram definidos alguns objetivos específicos, que são apresentados na sequência:

- apresentar uma solução de monitoramento de consumo de água residencial que seja acessível a grande parte da população;
- conscientizar o usuário sobre seu consumo de água;
- ajudar o usuário a economizar e diminuir o desperdício de água;
- levantar o consumo de água dos pontos monitorados de uma em uma hora.

1.3. Estrutura do trabalho

Capítulo 1 - Introdução: É apresentada a importância da água para os seres humanos, dados de consumo de água no Brasil e como devemos conscientizar a população sobre o seu consumo, os objetivos do trabalho, a motivação e justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2 – Conceitos gerais e contexto: São apresentados neste capítulo dados referentes à água, sua distribuição no mundo e seu consumo, conceitos sobre a Internet das Coisas e medidores de consumo de água.

Capítulo 3 – Componentes utilizados: São apresentados neste capítulo os componentes utilizados no desenvolvimento do sistema como: a plataforma Arduino, tipos de placas Arduino que foram utilizadas e como são programadas, sensor de fluxo de água

utilizado e sobre o Transceptor nRF24L01+ e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento.

Capítulo 4 – Desenvolvimento: Neste capítulo é apresentado a ferramenta que foi desenvolvida ao longo deste trabalho. Esta ferramenta é dividida em três partes: Módulo sensor, Módulo principal e Aplicação web.

Capítulo 5 – Resultados obtidos: São apresentados os resultados obtidos, os módulos desenvolvidos e a aplicação web.

Capítulo 6 – Conclusão: É apresentada à conclusão do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

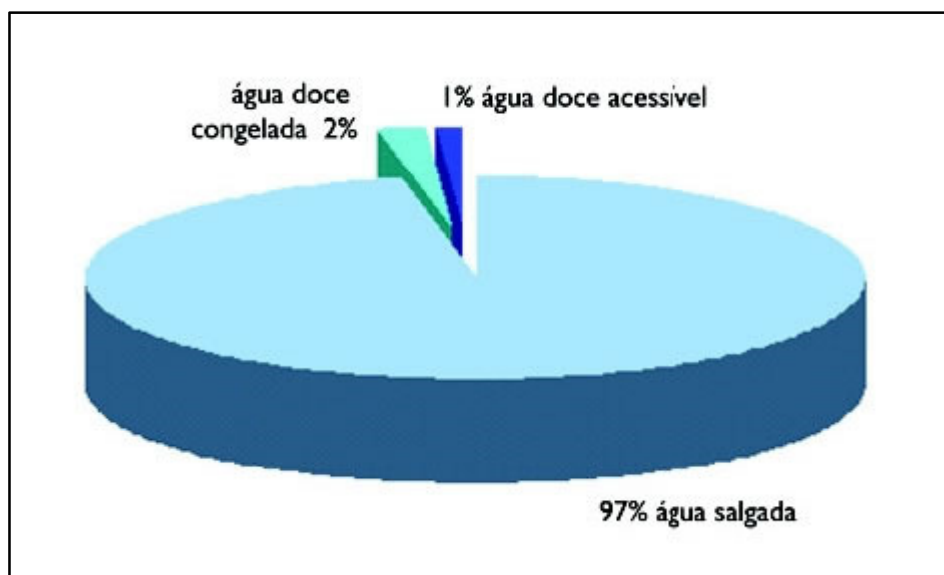
2. CONCEITOS GERAIS E CONTEXTO

Neste capítulo são apresentados os dados referente a água no Brasil e no mundo, como é sua distribuição e seu consumo, os principais problemas enfrentados com a escassez de água e conceito de Internet das Coisas que foi utilizado para auxiliar na criação de uma solução para amenizar o desperdício de água, demonstrando o seu consumo para o usuário.

2.1. Água

A água encontrada na natureza é essencial para a vida no nosso planeta, mas o volume de água potável para o consumo está se tornando cada vez mais escasso. O crescimento populacional desordenado e o desperdício de água são os fatores que mais influenciam no consumo de água das cidades. (MAY, 2009).

Figura 1 - Disponibilidade de água doce no Planeta



Fonte: (FRANCISCO, 2015)

Cerca de três quartos da superfície do planeta Terra é ocupada por água, mas conforme a Figura 1, deste total apenas 3% são de água doce, mas 80% desta água se encontra congelada nas calotas polares do Oceano Ártico, na Antártida e em lençóis subterrâneos profundos. Então somente 20% da água doce do planeta se encontra disponível para consumo humano (BERTOLO, 2006).

Na Figura 2 é apresentado um gráfico sobre a distribuição de água no Brasil.

Figura 2 - Distribuição de água doce no Brasil



Fonte: (PENA, 2015)

O Brasil possui 12% da água doce do mundo, a qual é mal distribuída no país. Em estados da região nordeste, a disponibilidade hídrica per capita é insuficiente para atender a demanda necessária atual. Já a região norte dispõe de maior parte do volume de água doce e a menor concentração demográfica, resultando maior disponibilidade hídrica per capita. Nas regiões onde há predominância das atividades industriais e agrícolas existe uma pequena porcentagem do volume de água, verificando-se o oposto nas regiões onde essas atividades são pouco desenvolvidas (MAY, 2009 apud TOMAZ, 2001).

Em questão de recursos hídricos, o Brasil é um país privilegiado, pois detém uma grande porcentagem de água doce, mas 80% da água doce disponível no Brasil está na Amazônia. Destes 20% restantes, 60% são utilizados no setor agrícola, 21% nas indústrias e 19% são para o consumo humano (ADASA, 2015).

Segundo Fernandes (2007), umas das principais fontes de consumo de água nas grandes cidades são as residências que podem atingir até 50% do consumo total de água potável disponível na cidade. Uma redução significativa desse consumo (de 30% até 40%) pode ser atingido nas residências através de técnicas racionalizadoras, como por exemplo

utilizar equipamentos que auxiliam na redução de consumo e a utilização de fontes alternativas, como águas de chuva ou água de reuso.

Segundo Segala (2012), em 2012, 40% da população do planeta já sofria as consequências da falta de água. Além do aumento da sede no mundo, a falta de recursos hídricos já tem graves implicações econômicas e políticas para os países.

Em países menos desenvolvidos, a situação é mais dramática, falta acesso a água potável e saneamento para a maioria dos cidadãos. Só o tempo perdido por uma pessoa para conseguir água de mínima qualidade pode chegar a 2 horas por dia em várias partes da África. Um estudo desenvolvido na escola de negócios Cass Business School, ligada à City University, de Londres, indica que um aumento de 10% no número de pessoas com acesso a água potável nos países do Bric (Brasil, Rússia, Índia e China) conseguiriam elevar o crescimento do PIB per capita do bloco em cerca de 1,6% ao ano. Segundo este estudo o avanço econômico depende da disponibilidade de níveis elevados de água potável (SEGALA, 2012).

Os brasileiros desperdiçam 40% da água tratada fornecida (ADASA, 2015). Cada pessoa individualmente necessita segundo a ONU, 110 litros de água por dia (SABESP, 2015), mas os brasileiros consomem em média 200 litros e os norte-americanos consomem em média mais de 500 litros diariamente (ADASA, 2015).

No final de 2014, a falta de água atingiu 13,7 milhões de pessoas em 68 municípios do Estado de São Paulo, fora a capital, São Paulo. Desses, 38 tiveram que adotar o racionamento, três ficaram em situação de emergência e um em estado de calamidade pública. Grandes cidades do interior, como Campinas/SP, Piracicaba/SP e Americana/SP sofreram com a falta de água, mas não assumiram o racionamento. Em Bauru/SP, uma cidade a aproximadamente 100 quilometro de Marília/SP, 158 bairros conviveram com o rodízio de água (VEJA, 2015).

Um estudo feito pelo grupo Parceiros da Natureza prevê que se os governos e a sociedade não tomarem providências até 2025, dois terços da população viverão em condições de séria escassez de água e 1/3 em estado de escassez absoluta. Porém, felizmente, existe perspectiva de equacionar o problema, se providências forem tomadas. Em seu Relatório para o Desenvolvimento Humano, publicado pela ONU em 2006, a organização apontou que algumas medidas simples de gestão de água, aliadas às tecnologias adequadas, poderão ajudar a aliviar o desequilíbrio entre a oferta e a procura da água (BATISTA, 2013).

Atualmente a água se tornou uma grande preocupação no planeta, pois há um grande desperdício deste bem precioso. Os reflexos deste desperdício já estão aparecendo no Brasil,

várias cidades enfrentaram problemas no seu abastecimento este ano. Mas aos poucos a população vem se conscientizando da importância de economizar água e estão à procura de soluções para economizá-la. Para ajudar nesta conscientização, este projeto utilizou o conceito de Internet das Coisas para criar uma ferramenta que demonstra o consumo de água da residência do usuário, auxiliando na economia de água.

2.2. Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito de que objetos em nossa volta sejam conectados entre si e à Internet, permitindo a criação de uma grande rede de comunicação entre os objetos e humanos.

Segundo Lemos (2013) com a Internet das Coisas é possível tornar os objetos já existentes mais eficientes.

O que chamamos de IoT nada mais é do que uma forma de comunicação eletrônica entre objetos, dotando-os de capacidade performativa infocomunicacional. Não é a novidade da ação que deve ser destacada aqui, mas a sua qualidade. Não é o aparecimento de objetos mediando humanos, mas antigos objetos com novas qualidades, produzindo novas associações e revelando novas qualidades reais desses novos/velhos objetos (LEMOS, 2013).

A Internet das Coisas, descreve um futuro onde diariamente surgirão novos objetos físicos ligados a Internet, que serão capazes de se identificarem perante outros dispositivos ou equipamentos. Atualmente está crescendo o desenvolvimento de equipamentos, etiquetas e sensores que são capazes de transmitir informações através da tecnologia IP, que é uma tecnologia vista como essencial no conceito de Internet das Coisas. (MOTA et al, 2013).

A relevância da Internet das Coisas prende-se com o fato de o objeto não estar apenas relacionado com o indivíduo, estando também ligado a outros objetos ao seu redor, tornando-se assim, participante ativo, partilhando informação com outros membros da sua rede ou com quaisquer outros agentes, tendo a capacidade de detectar e identificar alterações no ambiente que o rodeia podendo reagir de forma autônoma a estas alterações - Torna-se um Smart Object (MOTA et al, 2013).

Os *Smart Objects*, são objetos inteligentes capazes de se comunicarem, detectar e identificar alterações no ambiente que o rodeia e podendo reagir de forma autônoma, eles podem ser físicos ou digitais autônomos, adaptados de forma a terem capacidades de receber,

processar e fornecer informações detalhadas sobre o seu funcionamento e as condições do ambiente em que se encontra (MOTA et al, 2013).

Os principais desafios da criação de *Smart Objects* estão relacionados com a integração de sistemas de processamento, comunicação entre os objetos e gerenciamento de energia, pois as baterias terão que ter tamanhos reduzidos, alta capacidade de armazenamento energético e baixo custo. Os protocolos de comunicação deverão ser padronizados e abertos, caso sejam protocolos proprietários deverão ter a capacidade de comunicação entre si (MOTA et al, 2013).

Outro desafio é a criação de uma organização capaz de gerir e definir regras para a Internet das Coisas e para os *Smart Objects*. Esta organização terá que ter um alcance global e ser gerida de uma forma concertada entre as várias nações mundiais (MOTA et al, 2013).

Segundo Singer (2012), o surgimento do termo Internet das Coisas ocorreu entre 1999 e 2001:

O termo “Internet das Coisas”, propriamente, só aparece em 2001 no livro branco de Brock, pesquisador do Auto-ID Center (SINGER, 2012 *apud* BROCK, 2001). Entretanto, Kevin Ashton, outro pesquisador do Auto-ID Center, reclama para si a paternidade do termo. Ashton diz que em 1999, usou a expressão pela primeira vez enquanto falava sobre as potencialidades do RFID na cadeia de abastecimento da multinacional Procter & Gamble (SINGER, 2012 *apud* ASHTON, 2009; UCKELMANN et al, 2011). Naquele momento, ele falava de uma Internet das Coisas para chamar a atenção dos empresários para o fato de que existem coisas que computadores fazem melhor do que as pessoas que tem tempo, atenção e precisão limitadas (SINGER, 2012).

Outro possível nascimento do termo foi no ano de 1999, quando o então diretor do consórcio de pesquisa “Things that Think” do MIT Media Lab, Neil Gershenfeld, publicou “When Things Start to Think” (1999). O livro prevê e descreve algumas experiências de computação usável, nanotecnologia e preocupações relacionadas às emoções e direitos civis em uma realidade onde objetos processam informação (SINGER, 2012).

O primeiro eletrodoméstico inteligente surgiu em julho de 2000. Nesta data a LG apresentou uma geladeira inteligente durante um evento na Coreia do Sul. O conceito do produto era se comunicar com outros dispositivos conectados à Internet e ser gerenciado através de um sistema próprio da fabricante. Neste lançamento, o presidente da LG nos Estados Unidos, Simon Kang, comentou que a geladeira não resfriava apenas alimentos, mas também poderia ser utilizada para assistir TV, escutar rádio, fazer chamadas de vídeo, ser utilizada com agenda e tirar fotos (SINGER, 2012).

Em 2005 a discussão sobre o tema se generalizou e começou a ganhar a atenção de

governantes. Foi neste ano que a Internet das coisas tornou pauta do Internacional Telecommunication Union (ITU), agência das Nações Unidas para as tecnologias da informação e da comunicação, que publica anualmente relatórios sobre as tecnologias emergentes. Desta forma ela ganhou a atenção de órgãos e passou a se mostrar como o próximo passo da tecnologia (SINGER, 2012 apud ITU, 2005).

Também em 2005 foi o lançamento do *Karotz (Nabaztar)*, apresentado na Figura 3, um objeto com forma de coelho que conectado à Internet, poderia ser programado para receber informações de previsão do tempo, ler e-mails e fazer outras tarefas. Este objeto foi o primeiro objeto inteligente a ser comercializado em escala (SINGER, 2012).

Figura 3 - Karotz (Nabaztar)



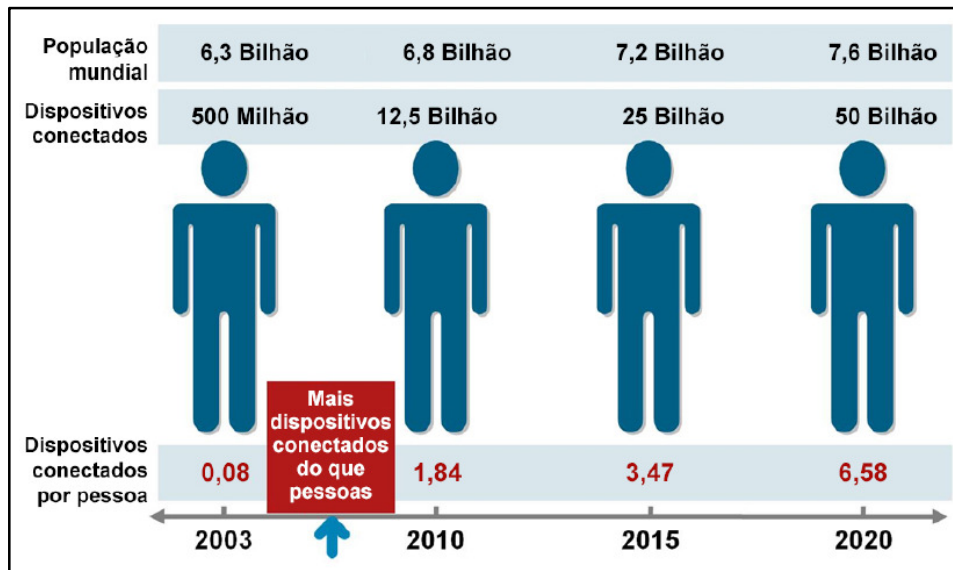
Fonte: (CLUBIC, 2015)

Em 2008 foi lançado o Patchube.com, uma plataforma que conectava dispositivos e fornecia controle e armazenamento de dados em tempo real. Este serviço permitia que usuários conectassem seus próprios sensores ou dispositivos na Internet (SINGER, 2012).

Em 2010 foi realizado o 1º Congresso de Tecnologia, Sistemas e Serviços com RFID, no Brasil. Tratava-se sobre a utilização da Internet das Coisas. Na sua segunda edição que foi realizada em 2011, seu nome foi mudado para Congresso Brasileiro de Internet das Coisas e RFID, para melhor se adequar ao seu contexto (SINGER, 2012).

De acordo com o Cisco Internet Business Solutions Group, a Internet das Coisas surgiu no momento em que foram conectados mais objetos a Internet do que a população mundial.

Figura 4 - Nascimento da Internet das Coisas



Fonte: (CISCO IBSG, 2011)

Conforme a Figura 4, em 2003, havia aproximadamente 6,3 bilhões de pessoas vivendo no planeta e 500 milhões de dispositivos conectados à Internet, ou seja, existia menos de um dispositivo por pessoa. Com o surgimento de *smartphones e tablets*, o número de dispositivos conectados aumentou para 12,5 bilhões em 2010, ultrapassando a população humana. (CISCO IBSG, 2011).

Segundo a Cisco Internet Business Solutions Group (2011), haverá cerca de 25 bilhões de dispositivos conectados no final de 2015, o equivalente a mais de 3 dispositivos por pessoa. E em 2020 teremos mais de 6 dispositivos conectados por pessoas.

A miniaturização de componentes eletrônicos e redução de custos de produção contribuiu para que esse conceito fosse implementado, hoje já é possível ver alguns objetos utilizando esse conceito.

No agronegócio, um exemplo são os sensores de rastreamento para o gado, que permitem aos pecuaristas monitorarem a saúde dos animais e acompanharem seus movimentos, garantindo um aumento na produção e na qualidade do alimento, que se torna mais saudável para o consumo humano (SEBRAE, 2014 *apud* BBC, 2014).

Um dos exemplos mais divulgados e vendidos para a Copa do Mundo da FIFA 2014 são as smart TVs, que contam com a integração de diversos aplicativos e funcionalidades, tudo isso, conectadas à Internet (SEBRAE, 2014).

Com base nessas informações, este trabalho apresenta um sistema que se enquadra no conceito de Internet das Coisas. Ele é uma solução de monitoramento de consumo de água residencial, capaz de captar os dados de consumo de água em diversos pontos consumidores de água da residência, enviando esses dados para a Internet e apresentando essas informações para o usuário através de gráficos visíveis em computadores, proporcionando um melhor controle do consumo de água ao usuário.

2.3. Medidores de consumo de água

Medidores de consumo de água são equipamentos utilizados para calcular a vazão de água dentro de um cano. Numerosos dispositivos têm sido inventados ou adaptados para realizar este propósito. Eles podem ser divididos entre aqueles que empregam meios de medidas diretos “quantitativos” e aqueles que são indiretos, que são chamados de medidores de “taxa” (FLORES, 2007).

Os medidores quantitativos medem o volume de líquido que passa pelo cano, já os medidores de taxa consistem em dois componentes, a parte primária está em contato com o líquido e a parte secundária que converte a reação da parte primária em uma quantidade mensurável (FLORES, 2007 *apud* POTTER, 2004).

A seguir será descrito o medidor do tipo turbina que foi utilizado no projeto, ele é um medidor indireto que é chamado de medidor de taxa, pois mede a água através de pulsos magnéticos gerados pelo rotor.

2.3.1. Medidor tipo turbina

Este tipo de medidor consiste em uma hélice montada dentro de um tubo, que é girada quando passa líquido entre ela.

Na Figura 5, pode-se ver um medidor tipo turbina.

Figura 5 - Medidor Tipo Turbina



Fonte: Autoria Própria

O fluxo de água movimenta a hélice, que tem materiais magnéticos. Um sensor envia um pulso quando ela gira completamente, cuja frequência é proporcional à velocidade do líquido. Os pulsos podem ser contados e totalizados por um circuito e o resultado dado diretamente em unidade de vazão. A precisão, em geral, é boa. Este tipo é apropriado para líquidos de baixa viscosidade como a água (MSPC, 2008).

Este medidor foi utilizado no módulo sensor, ele é responsável por detectar a quantidade de água que passa pelo cano e informar a placa Arduino do módulo sensor, que trata e envia a informação para o módulo principal.

3. COMPONENTES UTILIZADOS

Neste capítulo são apresentados os componentes utilizados para o desenvolvimento da solução de monitoramento de consumo de água residencial e suas principais características.

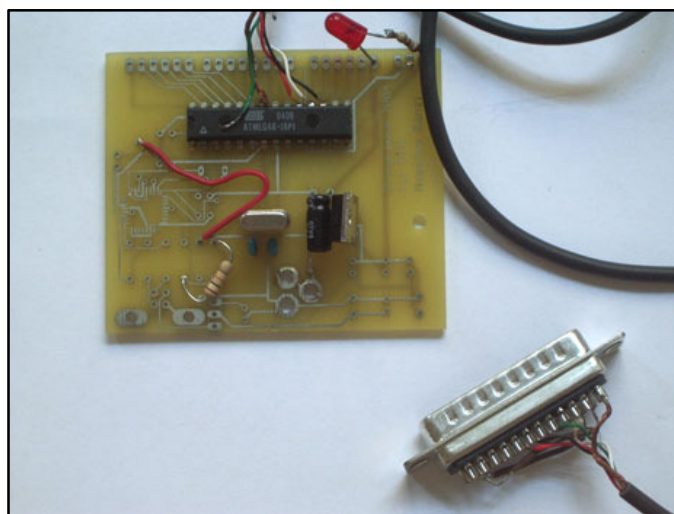
O principal componente utilizado no projeto é o Arduino, ele é responsável por todo o processamento de informações do sistema. A seguir será apresentado como aconteceu o seu surgimento e como ele foi utilizado no projeto.

3.1. Plataforma Arduino

A plataforma Arduino teve seu início no Interaction Design Institute na cidade de Ivrea, na Itália, em 2005, quando o professor, Massimo Banzi procurava um meio fácil e barato para ensinar eletrônica e programação para os seus alunos de Design. Ele discutiu a ideia com David Guartielles, que era um pesquisador visitante da Universidade de Mälmo, na Suécia, que estava procurando uma solução semelhante. Após conversa, eles decidiram criar a sua própria placa. David Guartielles desenhou a placa e um aluno de Massimo, David Mellis, programou o software necessário para executar a placa (MARTIN, NOBLE, HOCHENBAUM, 2013).

Na Figura 6, é mostrado o primeiro protótipo do Arduino, que nesta época, ainda não tinha seu nome definido.

Figura 6 - Primeiro protótipo do Arduino



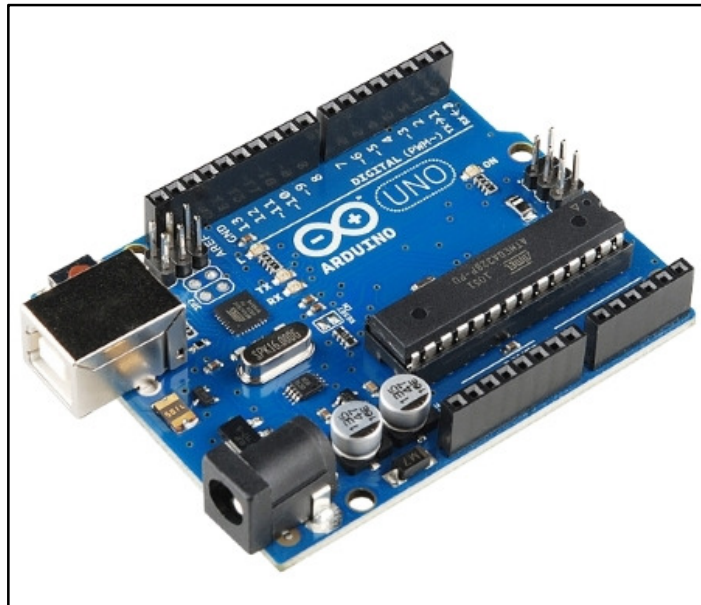
Fonte: (KUSHNER, 2011).

Durante esta primeira etapa a placa ainda não tinha nome definido, o nome foi dado por Massimo Banzi meses mais tarde. O nome Arduino foi originado de um bar chamado Rei de Arduino, uma homenagem ao Rei Arduin, que foi destronado pelo rei da Alemanha, Rei Henrique II. Neste bar os alunos do curso passavam suas horas vagas (HALAMA, 2014).

Massimo contratou um engenheiro local, Gianluca Martinho, que também trabalhou na instituição Design Institute. Ele auxiliou os alunos a produzirem esses protótipos. Mais tarde, concordou em produzir uma tiragem inicial de 200 peças. As peças foram vendidas para os alunos em forma de Kits, para que eles pudessem fazer seus próprios projetos, estas peças rapidamente se esgotaram e foram feitas mais para suprir a demanda. O projeto original foi melhorado e novas versões foram introduzidas. As vendas dos Arduinos oficiais já ultrapassaram a marca de 300 mil unidades (EVANS, NOBLE, HOCHENBAUM, 2013).

Na Figura 7, é mostrado o Arduino Uno, ele é um dos modelos mais utilizados atualmente.

Figura 7 - Arduino Uno



Fonte: (ARDUINO, 2015)

Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software (MCROBERTS, 2011).

Com o Arduino é possível automatizar e desenvolver novos equipamentos ou melhorar alguns já existentes. Nele podem ser acoplados vários tipos de sensores e componentes eletrônicos. Grande parte destes materiais são disponibilizados em módulos, que são pequenas placas que contém o sensor desejado e outros componentes que auxiliam no seu funcionamento (FLOP, 2015). Para o desenvolvimento deste projeto será utilizado os seguintes componentes: módulo de transmissão sem fio, ethernet shield, sensor de fluxo de água e *leds*.

Existem diferentes versões de placa Arduino. No projeto foi utilizado as versões: Arduino Uno e Arduino Pro Mini.

3.1.1. Placa Arduino Uno

A placa Arduino Uno mostrada na Figura 7, foi utilizada no módulo principal do projeto. Uma de suas principais características é o uso de um micro controlador baseado no micro controlador ATmega328, que dispõe de 14 pinos digitais de entrada e saída, dos quais 6 podem ser utilizados como entradas e saídas analógicas. Ela conta com 32 KB de memória flash, 2 KB de SRAM, 1 KB de EEPROM e sua velocidade de clock é de 16 MHz. Sua tensão operacional de trabalho é de 5V, mas a mesma pode ser alimentada com até 12V. Para alimentação desta placa no projeto será utilizado uma fonte de 5V (ARDUINO, 2015), suas especificações técnicas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações do Arduino UNO

Micro controlador	ATmega328P
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada	7 a 12 Volts
Digital I / O pins	14 (dos quais 6 oferecem saída PWM)
Pinos de entrada Analógica	6
Corrente DC por I / O Pin	20 mA
Memória Flash	32 kB (dos quais 0,5 kB utilizado pelo bootloader)
SRAM	2 kB
EEPROM	1 kB
Velocidade do Clock	16 MHz

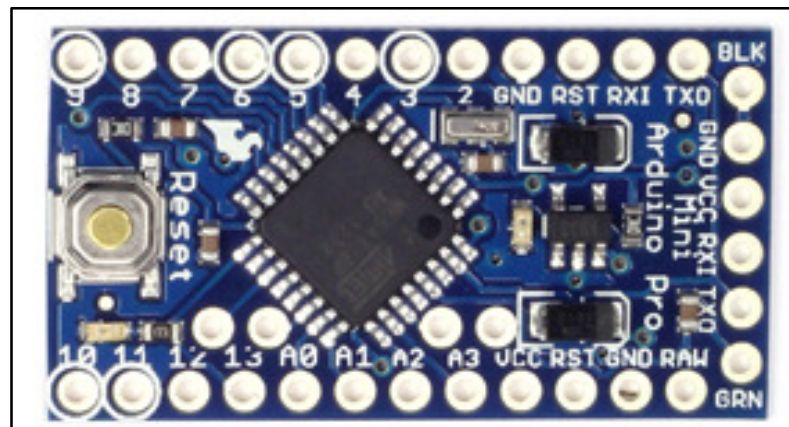
FONTE: (ARDUINO, 2015)

3.1.2. Placa Arduino Pro Mini

O Arduino Pro Mini, mostrado na Figura 8 é uma placa baseada no micro controlador ATmega328. Foi projetado e fabricado pela *SparkFun Electronics*. Ele não possui conexões pré-montadas, pois foi projetado para instalações de componentes de forma semipermanentes, possibilitando o uso de vários tipos de conectores ou solda direta de fios nas suas entradas/saídas (ARDUINO, 2015).

Ele será utilizado nos módulos sensores do projeto. Esta placa será utilizada por ser uma placa com quase todas as funcionalidades do Arduino Uno, mas com tamanho reduzido. Sua dimensão é de apenas 33x18x6mm, possibilitando o desenvolvimento de um módulo menor, facilitando o seu posicionamento na instalação (ARDUINO, 2015).

Figura 8 - Arduino Pro Mini



Fonte: (ARDUINO, 2015)

Existem duas versões do Arduino Pro Mini, uma que opera a 3.3 volts e frequência de 8 MHz, e outra que opera a 5 volts e frequência de 16 MHz, foi utilizada a versão de 5 volts (ARDUINO, 2015). Suas especificações técnicas podem ser observadas na Tabela 2

Tabela 2 - Especificações do Arduino Pro Mini

Micro controlador	ATmega328
Tensão operacional	3.3V ou 5V (dependendo do modelo)
Tensão de entrada	3,35 -12 V (modelo 3.3V) ou 5-12 V (modelo 5V)
Digital I / O pins	14 (dos quais 6 oferecem saída PWM)
Pinos de entrada Analógica	6
Corrente DC por I / O Pin	40 mA
Memória Flash	32 kB (dos quais 0,5 kB utilizado pelo bootloader)
SRAM	2 kB
EEPROM	1 kB
Velocidade do Clock	8 MHz (modelo 3.3V) ou 16 MHz (5V modelo)

FONTE: (ARDUINO, 2015)

3.1.2.1. Entradas e Saídas

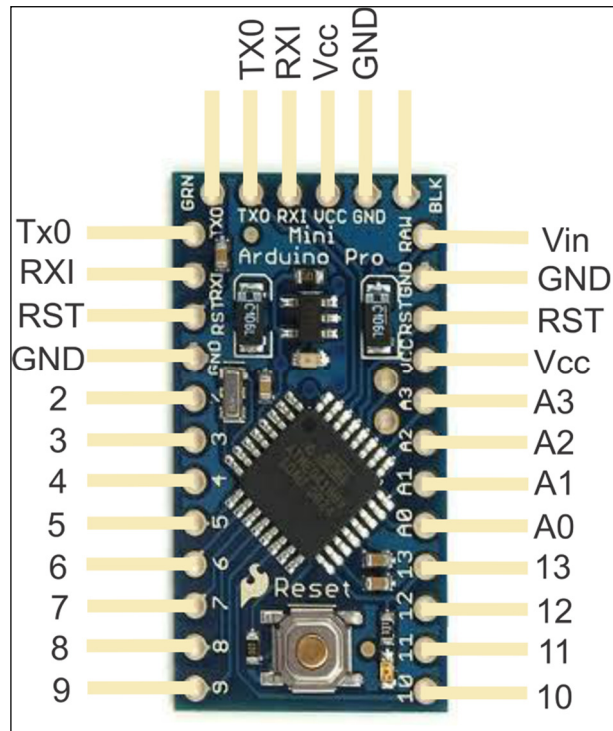
O Arduino Pro Mini possui 14 pinos digitais que podem ser utilizados como entrada ou saída, eles operam a 3.3 ou 5 volts dependendo do modelo. Cada pino pode fornecer ou receber no máximo 40 mA (ARDUINO, 2015).

Segundo Arduino (2015), alguns pinos têm funções especializadas:

- **Serial: 1 (RX) e 0 (TX)** são utilizados para receber (RX) e transmitir (TX) dados seriais.
- **Interrupções externas: 2 e 3.** Estes pinos podem ser configurados para disparar uma interrupção por um valor baixo, uma subida ou queda ou uma mudança de valor.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, e 11.** Fornece saída PWM de 8 bits.
- **SPI (Serial Peripheral Interface): 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** Estes pinos suportam comunicação SPI.
- **LED: 13.** Existe um LED conectado ao pino digital 13, que quando o pino recebe alto valor o LED está ligado, quando o pino recebe baixo valor o LED está desligado.

Ele também possui 8 entradas analógicas, quatro delas estão localizadas nas bordas da placa e 4 entradas em furos no interior da placa. Todas estas entradas e saídas podem ser observadas na Figura 9.

Figura 9 - Pinos do Arduino Pro Mini



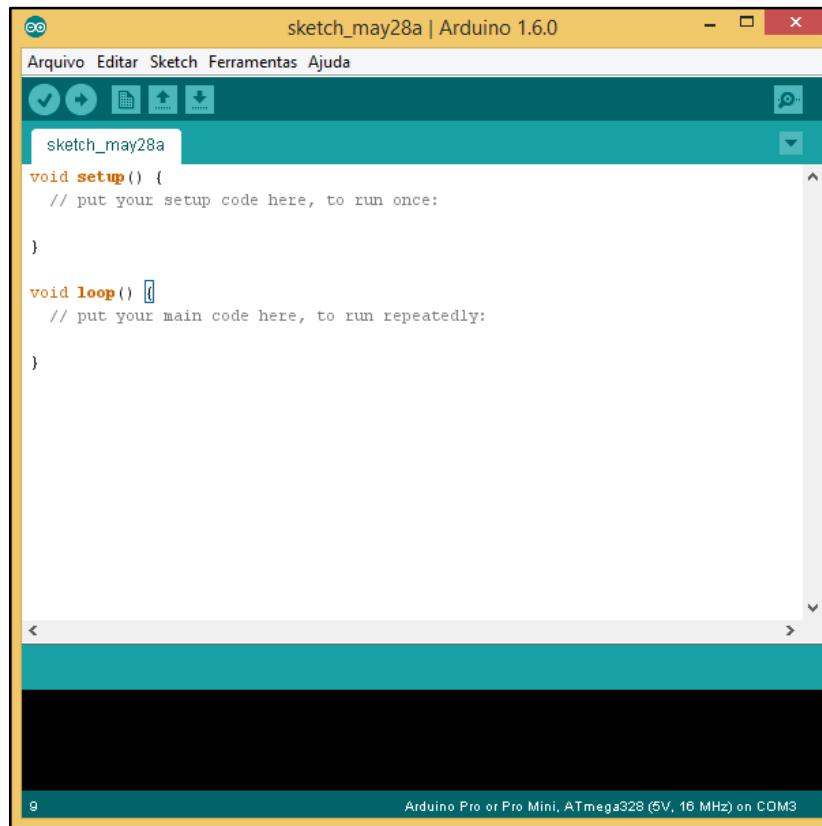
Fonte: (ENGINEERS GALLERY, 2014).

3.1.2.2. Programação

O Arduino possui uma IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento) própria, mostrada na Figura 10, que precisa ser baixado e instalado no computador, com seu ambiente de programação. Ela é composta por um editor, um compilador, um carregador de códigos e um monitor serial. Para o desenvolvimento de uma aplicação para Arduino é utilizada a linguagem C/C++ e a biblioteca Wiring, que é um framework de programação open source para micro controlador (ARDUINO, 2015).

Micro controlador é um circuito integrado, composto por um microprocessador e dispositivos essenciais para o seu funcionamento, como memória e interfaces de entrada e saída. Sua principal utilização é em sistemas embarcados, nestes sistemas o micro controlador é programado para cumprir determinadas funções (SANTOS, 2009).

Figura 10 - Interface IDE Arduino



Fonte: Autoria Própria

O Arduino possui muitas estruturas derivadas da linguagem C/C++, os programas criados são chamados de Sletchs. Existem duas funções principais, a `setup()` e a `loop()`, que precisam estar presentes mesmo quando não são utilizadas.

- A função `setup()` é executada apenas uma vez, logo após o código ter sido carregado, ou quando o Arduino é energizado. Ela é utilizada para iniciar variáveis, bibliotecas e etc.
- A Função `loop()` é executada continuamente enquanto o Arduino estiver sendo alimentado por uma fonte de energia, ela é essencial para a maioria dos programas criados para Arduino.

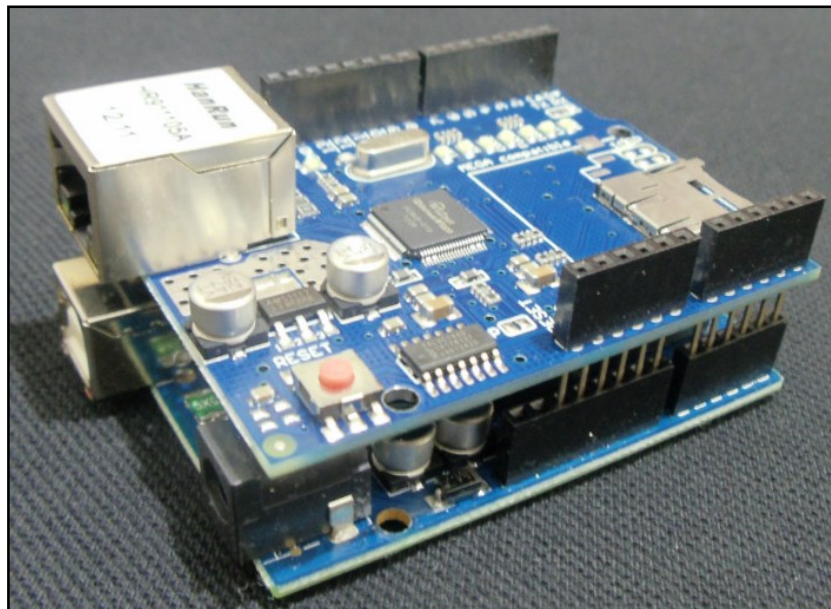
As funcionalidades do Arduino também podem ser extensíveis com o uso de bibliotecas, podendo o programador importá-las, criá-las ou usar as que vêm com a IDE padrão. O site oficial disponibiliza uma lista completa das bibliotecas criadas para o Arduino (ARDUINO, 2015).

3.2. Arduino Ethernet Shield

Um das vantagens de utilizar a plataforma Arduino é a existência de vários *Shields*, placas que são encaixadas encima do Arduino, sem precisar de conexões através de cabos (BEGHINI, 2013). Para a comunicação do Arduino do módulo principal do projeto com a Internet foi utilizado o Shield Ethernet, ele é responsável por enviar os dados de medições para a aplicação WEB.

Na Figura 11 é mostrado o Arduino Ethernet Shield, conectado ao Arduino UNO.

Figura 11 - Arduino UNO e Arduino Ethernet Shield



Fonte: (ARDUINO E CIA, 2015).

Para a comunicação do Arduino com o Shield Ethernet é utilizado o barramento SPI (*Serial Peripheral Interface*), posteriormente é descrito o funcionamento deste barramento. Esta comunicação é realizada através dos pinos 10, 11, 12 e 13 do Arduino. O pino 10 é responsável por ligar e desligar o *chip* W5100, chip principal do *shield*, que é responsável por fornecer a comunicação com o protocolo TCP/IP, para fornecer a conexão com a Internet (BEGHINI, 2013). O protocolo TCP/IP é o principal protocolo de envio e recebimento de dados através da Internet.

3.3. Sensor de Fluxo de Água

Neste projeto foram utilizados dois modelos de sensor de fluxo de água, um com diâmetro de $\frac{3}{4}$ e outro com diâmetro de $\frac{1}{2}$, mas a única diferença entre os sensores é o seu diâmetro de entrada de água e sua capacidade por minuto de vazão de água. No sensor de $\frac{1}{2}$ a vazão de água é de 30 litros por minuto e no de $\frac{3}{4}$ é de 60 litros por minuto. Estes sensores são compostos por uma carcaça plástica, um rotor e um sensor de efeito hall. Ambos foram utilizados no projeto, pois a utilização de um modelo ou outro depende do diâmetro de onde foi instalado o módulo sensor.

Na Figura 12 é mostrado um dos sensores de fluxo de água, que foi utilizado no projeto.

Figura 12 - Sensor de Fluxo de água 3/4



Fonte: (SEEED STUDIO, 2015).

Segundo Rocha et al (2014), conforme o fluxo de água passa pelo sensor, ele movimenta as pás do rotor e este sensor detecta através de um sensor de efeito hall quando o rotor girou completamente e manda um pulso elétrico de 5V no cabo de saída do sensor. Quando maior a velocidade em que a água passa pelo sensor, maior é a velocidade que o rotor gira.

Este modelo de sensor foi escolhido para o projeto por ter um bom custo-benefício,

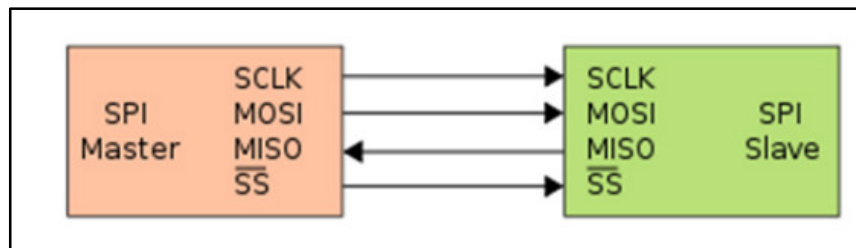
devido ao seu baixo custo em relação aos outros existentes no mercado. Sua margem de erros é de aproximadamente 3%. É possível definir a quantidade de água que passou pelo cano, através da quantidade de voltas que o rotor executou em um determinado tempo (SEED STUDIO, 2015).

3.4. Comunicação SPI

Para a comunicação dos Arduinos com o módulo de comunicação sem fio, será utilizado a comunicação SPI.

Segundo Filho, Barbosa (2012), “SPI, ou Serial Peripheral Interface bus, é um padrão de comunicação serial síncrono criado pela Motorola que opera em full-duplex - o que implica que a comunicação pode ser feita em duas direções”.

Figura 13 - Comunicação entre dispositivos SPI



Fonte: (FILHO, BARBOSA, 2012).

Na Figura 13 é mostrado um esquema de ligação entre dispositivos SPI, neste esquema um dispositivo atua como Master e outro como Slave, o Master controla o Slave. As setas indicam o fluxo da troca de informações entre os receptores.

Segundo Filho, Barbosa (2012) existem 4 canais para que seja feita a comunicação SPI:

- SCLK: Serial Clock, também visto como SCK ou CLK, que determina o tempo de envio de dados;
- MOSI: Onde os dados são enviados pelo Master;
- MISO: Onde os dados são enviados pelo Slave;
- SS: Permite que o Slave tramita dados para o Master e vice e versa, dependendo do circuito é visto também como CS (Chip Select).

Esta comunicação será utilizada para troca de dados entre o Arduino e o Transceptor

nRF24L01+ (Placa de comunicação sem fio).

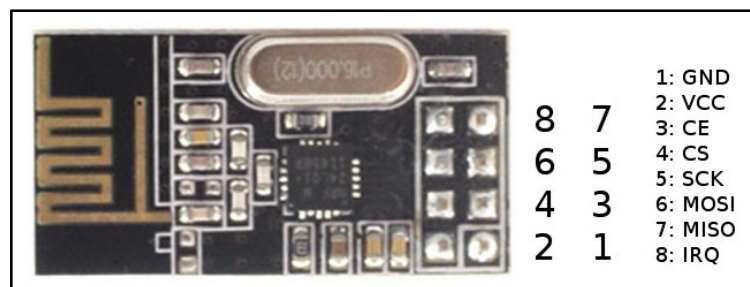
3.5. Transceptor nRF24L01+

Um transceptor é um dispositivo que consegue enviar e receber dados, ou seja combina um transmissor e um receptor utilizando componentes de circuito comuns para ambas as funções num circuito eletrônico (NORDIC, 2007).

O Módulo usado para o desenvolvimento deste trabalho, consiste em um circuito integrado nRF24L01+, produzido pela empresa Nordic Semiconductor. Este módulo conta com antena, conectores e outros componentes, todos em uma placa de aproximadamente três centímetros de comprimento (NORDIC, 2007).

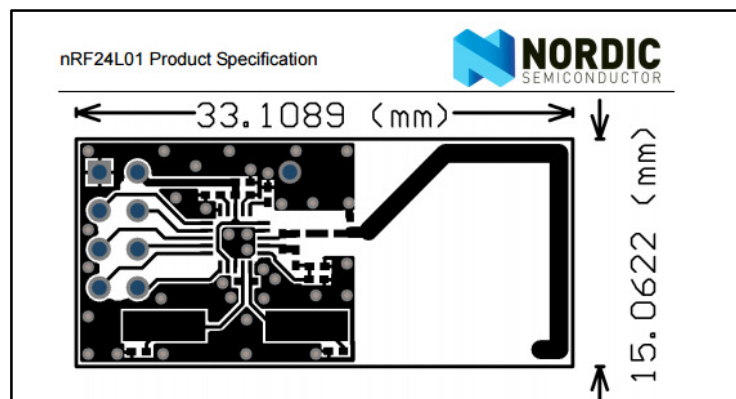
Na Figura 14 é mostrado o módulo Transceptor nRF24L01+ com as suas entradas e na Figura 15 é mostrado o esquema elétrico desta placa.

Figura 14 - Transceptor nRF24L01+



Fonte: (CHANTRELL, 2013)

Figura 15 - Esquema elétrico transceptor nRF24L01+



Fonte: (NORDIC, 2007)

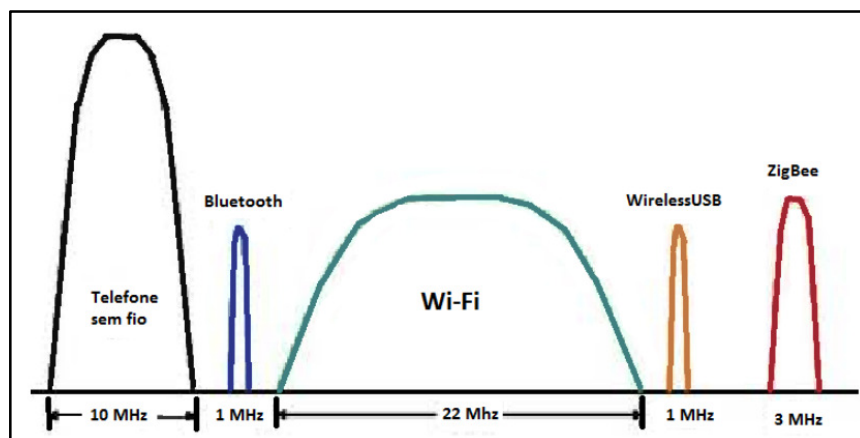
A comunicação entre o transceptor e o micro controlador externo (no projeto um Arduino UNO e um Arduino Pro Mini) é realizado por meio de comandos pré-definidos enviados através de um barramento.

Conforme a figura 14:

- O Pino VCC é utilizado para alimentação do módulo, ele deve ser alimentado com 3.3V.
- O Pino GND é utilizado como terra.
- O Pino CE é utilizado para ativar a comunicação do chip.
- Os Pinos CSN, SCK, MOSI e MISO são pinos padrão de comunicação da interface SPI descrita anteriormente.
- O Pino IRQ, indica as ocorrências de erros entre sua comunicação.

O Módulo nRF24L01+ é projetado para operar na banda ISM de frequência livre de 2.4 GHz, ele pode utilizar até 128 canais diferentes de 1 MHz de largura de banda. A banda ISM de frequência livre de 2.4 GHz, é compartilhada com diversos outros dispositivos, como roteadores *wireless*, dispositivos *bluetooth* e telefones sem fio. Na Figura 16, é mostrado a largura de banda ocupada pelos principais dispositivos presentes nesta faixa de transmissão (GIARETTA, 2014).

Figura 16 - Utilização de banda de sistemas sem fio operando na banda ISM de 2,4 GHz



Fonte: (GIARETTA, 2014 *apud* GERRIOR, WOODINGS, 2006)

O nRF24L01+, é classificado como um rádio de curto alcance de transmissão, segundo seu fabricante ele possui alcance de até 100 Metros em espaço aberto, quando transmitido em uma taxa de 250Kbps (NORDIC, 2007).

Para comunicação é utilizada a biblioteca RF24, que é desenvolvida especificamente para a comunicação com a plataforma Arduino, ela é responsável por fornecer uma interface de comunicação com o hardware deste módulo, esta biblioteca é distribuída de maneira livre (GIARETTA, 2014).

Os dados transferidos entre os módulos transceptores são enviados no formato JSON.

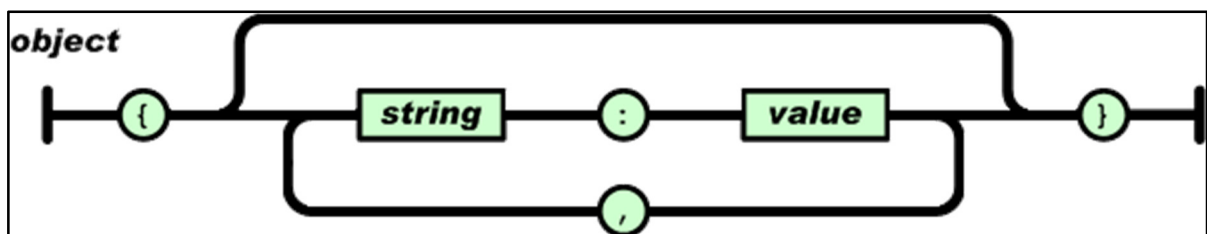
3.6. JSON

JSON (JavaScript Object Notation – Notação de Objetos JavaScript) é um formato leve para troca de dados, fácil de ser interpretado por máquinas e humanos. Ele é em formato de texto e completamente independente de linguagens de programação (ECMA, 2013).

Segundo ECMA (2013), em JSON os dados são apresentados da seguinte maneira:

- Um objeto é um conjunto desordenado de pares nome /valor, um objeto começa com { (chave de abertura) e termina com } (chave de fechamento). Cada nome é seguido por : (dois pontos), e os pares nome/valor são seguidos por , (virgula) (ECMA, 2013). A Figura 17 apresenta um objeto (conjunto de dados) JSON.

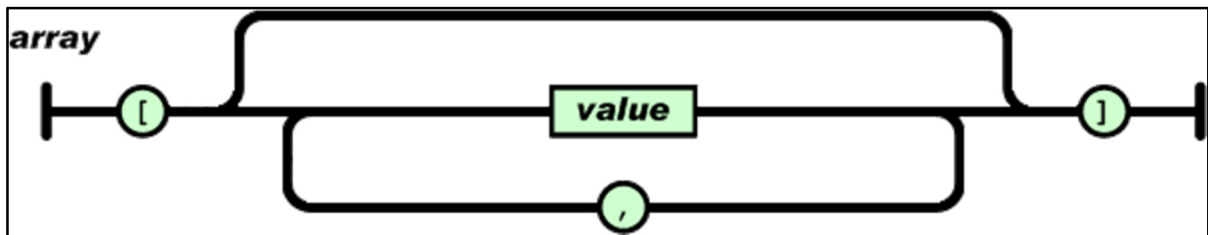
Figura 17 - Objeto JSON



Fonte: (ECMA, 2013).

- Um array é uma coleção de valores ordenados. O array começa com [(colchete de abertura) e termina com] (colchete de fechamento). Os valores são separados por , (Virgula) (ECMA, 2013). A Figura 18 apresenta um array (lista de conjuntos de dados) JSON.

Figura 18 - Array JSON



Fonte: (ECMA, 2013).

3.7. Ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da aplicação WEB

Para o desenvolvimento da aplicação WEB foi utilizado a linguagem PHP, o sistema gerenciador de banco de dados MySQL. Essas ferramentas serão descritas a seguir:

PHP

Segundo Minetto (2007), umas das grandes vantagens de utilizar a linguagem PHP, é sua facilidade de aprendizado, ao ler poucas páginas de tutoriais ou de algum livro sobre o assunto, um programador já é capaz de montar formulários HTML e criar *scripts* básicos PHP, que processe os dados fornecidos pelo usuário.

O PHP foi criado inicialmente como uma linguagem de script estruturada, mas, com o passar dos anos, novos recursos foram sendo adicionados com o intuito de transformá-la em uma linguagem orientada a objetos (MINETTO, 2007).

Para mostrar ao interpretador onde há um código PHP a ser interpretado é necessário salvar um arquivo com a extensão .php, o código PHP deve ser escrito entre as tags <?php e ?>, como é mostrado na Figura 19, onde escreve a mensagem no navegador “teste php”.

Figura 19 - Exemplo de página PHP

```

1 <?php
2
3     echo 'teste php';
4
5 ?>
```

Fonte: Autoria Própria.

MySQL

O sistema gerenciador de banco de dados utilizado na aplicação foi o MySQL, ele é o sistema gerenciador de banco de dados aberto mais popular do mundo, é um gerenciador de banco de dados relacional de alto desempenho e muito utilizado em aplicações web.

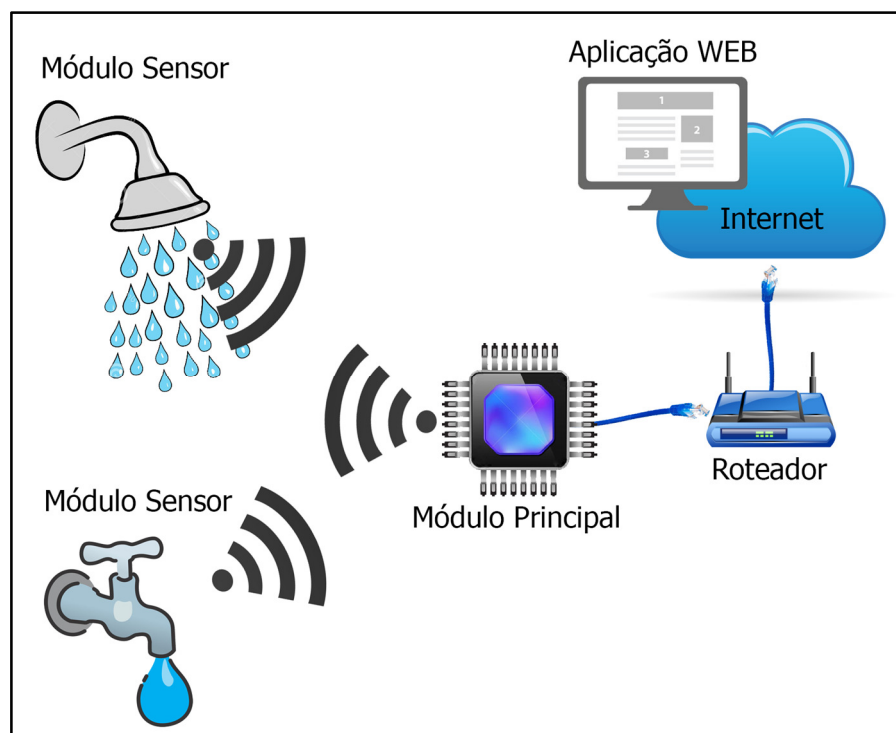
4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são apresentados detalhes de como foi realizada a implementação do sistema. Para o desenvolvimento da solução o projeto foi dividido em 3 módulos, módulo sensor, módulo principal e aplicação web.

O sistema funciona da seguinte maneira, conforme a Figura 20, os módulos sensores são instalados nos pontos consumidores de água que o usuário deseja monitorar. Por exemplo, na Figura 20, são dois módulos sensores instalados: um no chuveiro e um em uma torneira.

O módulo principal recebe estas informações e encaminha para um banco de dados hospedado na Internet. Para a exibição dos dados de consumo foi desenvolvido uma aplicação web, que interpreta estes dados e apresenta os dados de consumo para o usuário em forma de gráficos.

Figura 20 - Apresentação do esquema de funcionamento da solução



Fonte: Autoria Própria

A seguir é apresentado como foi desenvolvido os 3 módulos do sistema: módulo sensor, módulo principal e aplicação web.

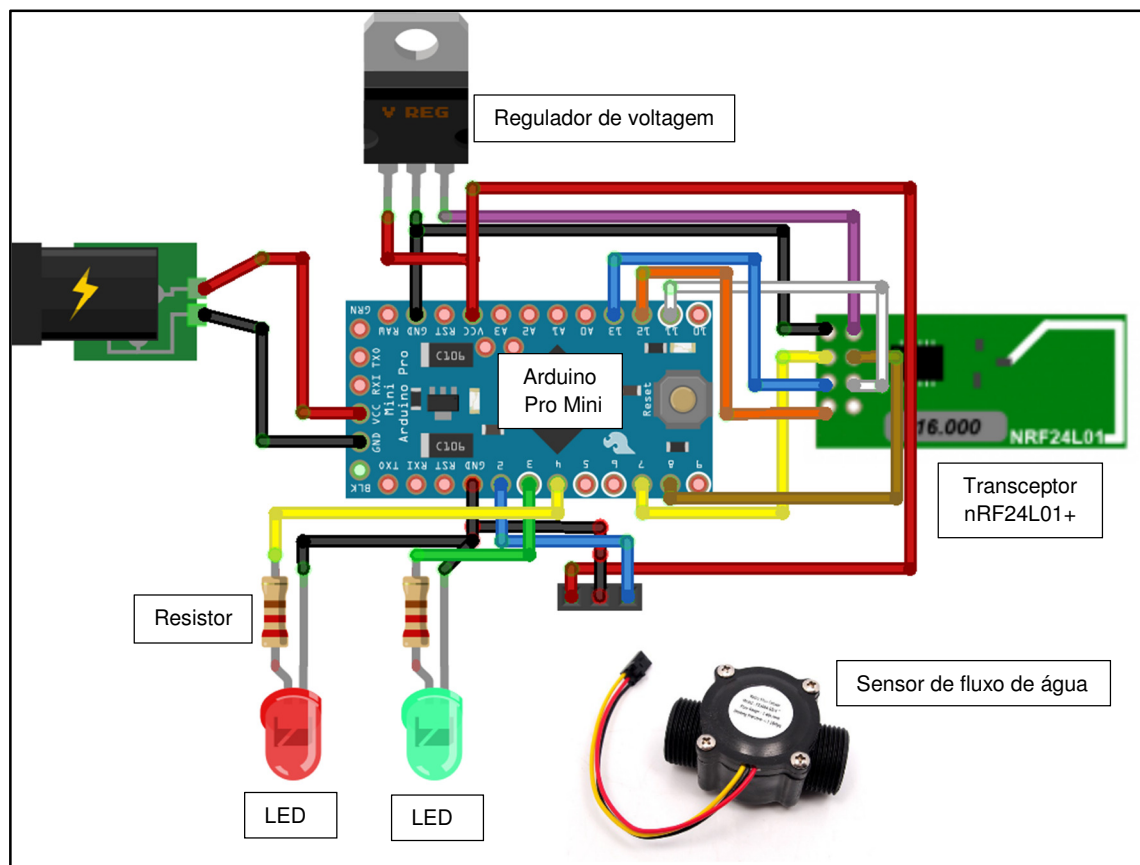
4.1. Módulo Sensor

O Módulo sensor é responsável por captar as informações referentes ao consumo de água nos pontos consumidores a serem monitorados. O desenvolvimento do Módulo Sensor foi dividido em 2 etapas: hardware e software que são descritas a seguir:

4.1.1. Hardware

Na Figura 21 é apresentado o esquema de ligação utilizado no módulo sensor:

Figura 21 - Esquema de ligação do módulo sensor



Fonte: Autoria Própria

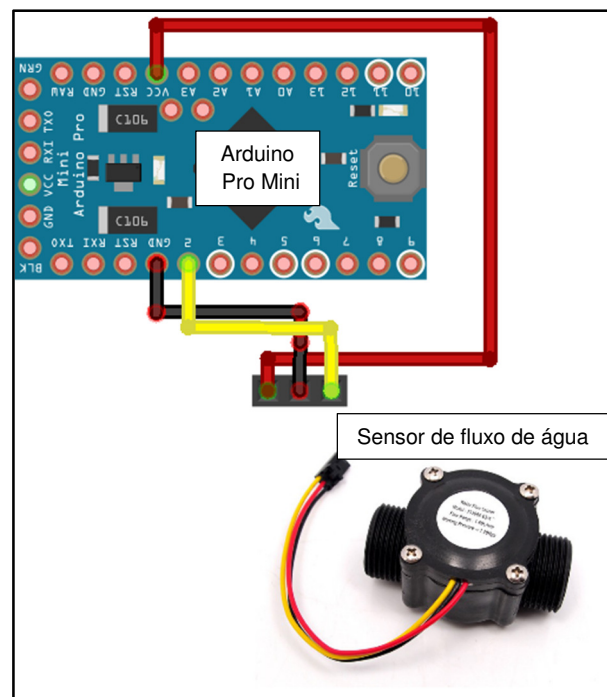
Conforme a Figura 21, no módulo sensor foi utilizado um Arduino Pro Mini, por ter um tamanho reduzido e ter quase as mesmas funcionalidades do Arduino UNO. Para alimentá-lo é necessário conectar uma fonte 5V, no conector que foi inserido nos pinos VCC (Positivo +) e GND (Negativo -) do Arduino.

No pino 3 do Arduino, foi colocado um led que informa o funcionamento do módulo, quando o módulo está ligado, ele se mantém aceso. Quando informações são enviadas para o módulo principal, o led verde pisca. Já no pino 4 foi colocado um led de cor vermelha que pisca quando é confirmado o recebimento das informações enviadas para o módulo principal. Para realizar ligações de leds no Arduino é necessário colocar um resistor antes do led, para diminuir a voltagem de 5V para 3V, pois o led opera em 3V.

Um resistor tem duas funções básicas, transformar energia elétrica em energia térmica e limitar a quantidade de corrente elétrica de um circuito. Através deles podemos limitar a passagem de corrente elétrica e fornecer a voltagem necessária para funcionamento de outros componentes eletrônicos, por exemplo os leds (SILVA, 2015).

A Figura 22, apresenta o esquema de ligação utilizado para conexão do sensor de fluxo de água:

Figura 22 - Esquema de ligação do sensor de fluxo de água

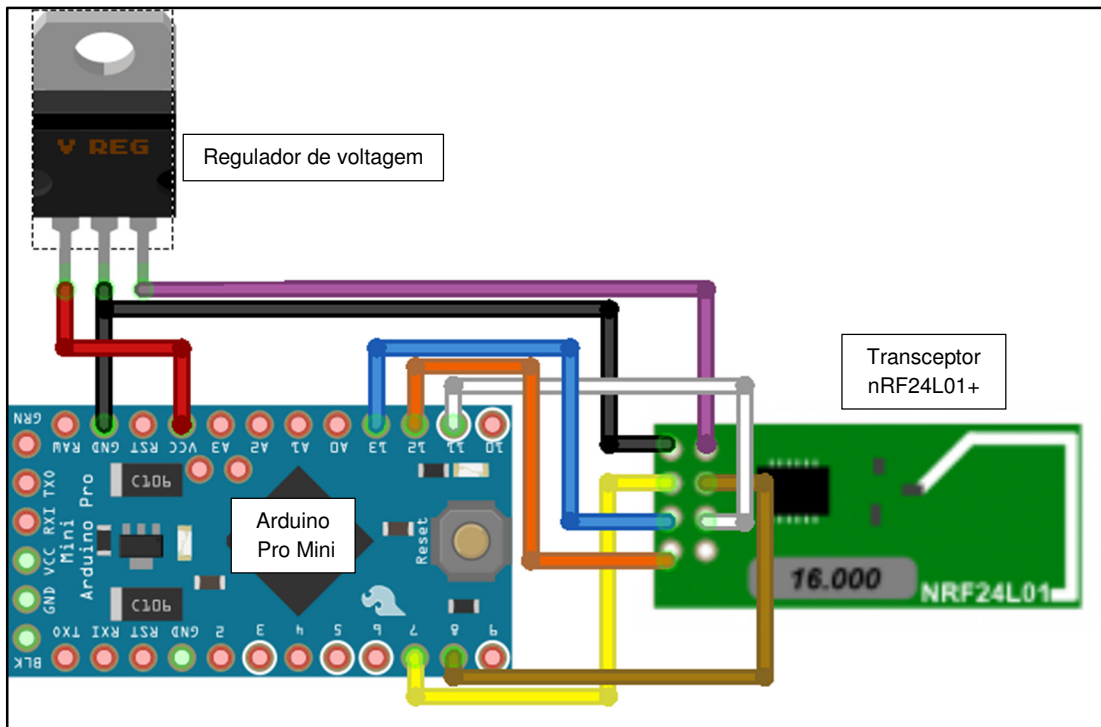


Fonte: Autoria Própria

O sensor de fluxo de água é alimentado pelos pinos VCC (Positivo +) e GND (Negativo -) do Arduino. Já o cabo amarelo da Figura 22 (cabo ligado na porta 2 do Arduino) é responsável por transmitir os pulsos elétricos do sensor de fluxo de água para o Arduino. Através destes pulsos que são contabilizados a quantidade de água que passou pelo ponto monitorado.

A Figura 23, apresenta o esquema de ligação utilizado para a comunicação do Arduino com o módulo transceptor nRF24L01+, que é utilizado para transmitir os dados do módulo sensor para o módulo principal através de conexão sem fio.

Figura 23 - Esquema de ligação do transceptor nRF24L01+



Fonte: Autoria Própria

O Transceptor nRF24L01+, necessita de uma tensão de 3.3V para poder operar e o Arduino Pro Mini, fornece apenas saídas de 5V, para corrigir este problema foi utilizado um regulador de tensão, que transforma 5V em 3.3V.

Sobre o esquema de ligação do Transceptor nRF24L01+, apresentado na Figura 23, pode-se obter mais detalhes do seu funcionamento nos tópicos: 3.5. Transceptor nRF24L01+ e 3.4. Comunicação SPI deste trabalho.

4.1.2. Software

A primeira etapa do desenvolvimento foi determinar o número de voltas que o rotor executa com a passagem de 1 litro de água pelo sensor. Para determinar este número foram realizadas medições através do procedimento abaixo:

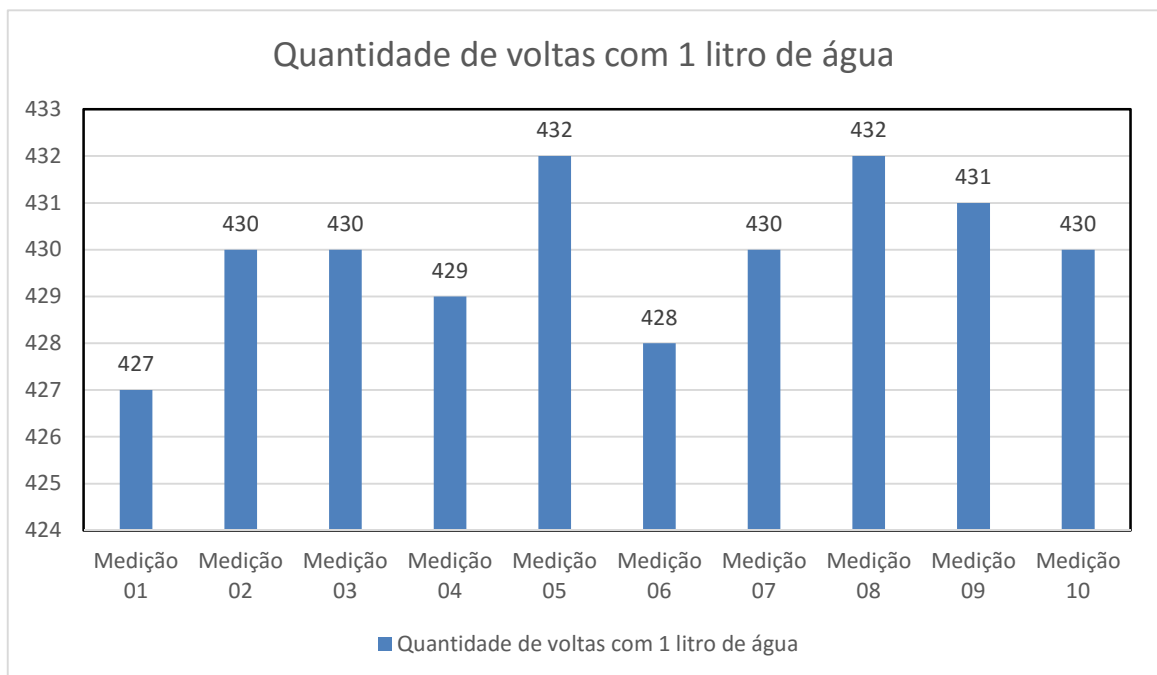
1 – O sensor foi conectado a um Arduino UNO e encaixado em uma garrafa PET, com um litro de água.

2 – Foi desenvolvido um programa para que o Arduino contasse o número de voltas realizado pelo rotor a cada um minuto.

3 – Em intervalos de um em um minuto a garrafa foi virada, para que passasse um litro de água pelo sensor. Foi contabilizada a quantidade de voltas que o sensor executa com um litro de água.

Este teste foi realizado 10 vezes para que fosse obtido um uma quantidade média de voltas por litro conforme a Figura 24:

Figura 24 - Quantidade de voltas com 1 litro de água



Fonte: Autoria Própria

Após tirar a média dos resultados obtidos na Figura 24, foi obtida a quantidade média de 429,9 voltas por litro, que foi arredondado para 430 voltas por litro para ser utilizado no projeto.

O programa desenvolvido para o módulo sensor calcula a quantidade de voltas que foram dadas em um intervalo de trinta minutos da seguinte forma:

Quantidade de Litros = Quantidade de Voltas / Quantidade Media de Voltas por Litro.

Após o cálculo da quantidade de litros de água, o programa cria uma *String* no

formato JSON para ser enviado para o módulo principal.

Para a criação da *string* JSON primeiramente foram utilizadas algumas bibliotecas disponíveis para Arduino, mas como essas bibliotecas consumiam muitos recursos o programa apresentava instabilidade, pois estourava a memória do Arduino. Perante a este problema foi necessário criar a estrutura JSON manualmente. A função criada para essa finalidade pode ser observada na Figura 25.

Figura 25 - Função montarJson() - Programa módulo sensor

```

1  String montarJson()
2  {
3      String data = "[";
4      data += "{";
5      data += "\"nS\": \"";
6      data += numeroSerie;
7      data += "\", \"sA\": \"";
8      data += senhaAcesso;
9      data += "\", \"l\": ";
10     data += (float)litros[0];
11
12     for (int i = 0; i < fila; i++) {
13         data += "}, ";
14         data += "{";
15         data += "\"nS\": \"";
16         data += numeroSerie;
17         data += "\", \"sA\": \"";
18         data += senhaAcesso;
19         data += "\", \"l\": ";
20         data += (float)litros[i + 1];
21     }
22
23     data += "}";
24     data += "];";
25     return data;
26 }

```

Fonte: Autoria Própria

Conforme a Figura 25, na linha 03, é criado uma array JSON, após a criação desta array, na linha 04 é criado um objeto JSON. Neste objeto são inclusos os dados referentes ao número de série do equipamento, senha de acesso e a quantidade de litros contabilizados no período de trinta minutos. Se não for bem sucedido o envio destas informações para o módulo principal, é criado outro objeto JSON na linha 12 dentro da mesma array, para que não ocorra perda de dados e os dados possam ser transmitidos no próximo envio.

O padrão gerado pela função `montarJson()`, pode ser observado na Figura 26.

Figura 26 - Padrão gerado pela função `montarJson()` - Programa módulo sensor

```

1  [
2  {
3      "nS": "ABCD1234",
4      "sA": "QWER1234",
5      "l": 0.16
6  }
7  ]

```

Fonte: Autoria Própria.

Para o envio da *string* JSON, é utilizado o transceptor nRF24l01+. Para a utilização deste transceptor é necessário utilizar as bibliotecas “nRF24L01.h” e “RF24.h”. A função criada para realizar o envio destes dados pode ser observada na Figura 27.

Figura 27 - Função `enviarMsg()` - Programa módulo sensor

```

1  void enviarMsg()
2  {
3      int tamanhoMsg = mensagem.length();
4      for (int i = 0; i < tamanhoMsg; i++) {
5          int enviarCaracter[1];
6          enviarCaracter[0] = mensagem.charAt(i);
7          radio.write(enviarCaracter, 1);
8      }
9
10     msg[0] = 2;
11     radio.write(msg, 1);
12     radio.startListening();
13
14     // código para piscar o led verde
15
16     digitalWrite(3, LOW); // desliga o led verde
17     delay(100);
18     digitalWrite(3, HIGH); // liga o led verde
19     receberMsg();
20 }

```

Fonte: Autoria Própria.

A mensagem é enviada caractere por caractere, na linha 03, é atribuído o tamanho da mensagem para a variável “`tamanhoMsg`”, após essa atribuição o programa entra em um laço para que sejam enviados todos os caracteres da mensagem. A função `radio.write(enviarCaracter, 1)`, é responsável por enviar os dados. Após o envio de todos os caracteres, conforme a linha 11, é enviado o caracter número 2, para que o receptor possa identificar o fim da transmissão.

O código criado entre a linha 16 e 19 é responsável por fazer o led verde piscar, após

enviar dos dados.

Quando o envio da mensagem é concluído é chamado a função `receberMsg()`, que é responsável por receber a confirmação de envio. A função `receberMgs()`, pode ser observada na Figura 28.

Figura 28 - Função `receberMsg()` - Programa módulo sensor

```

1  void receberMsg()
2  {
3      for (int i = 0; i < 1200; i++) {
4          if (radio.available()) {
5              bool recebido = false;
6              recebido = radio.read(msg, 1);
7              char caracter = msg[0];
8              if (msg[0] != 2) {
9                  mensagemRec.concat(caracter);
10             }
11         }
12         delay(4);
13     }
14     if (mensagem == mensagemRec) {
15         // código para piscar o led vermelho
16         digitalWrite(4, HIGH); // liga o led vermelho
17         delay(100);
18         digitalWrite(4, LOW); // desliga o led vermelho
19         fila = 0;
20     }
21     else{
22         if (fila == 14){
23             for (int i = 1; i < fila; i++){
24                 litros[i-1] = litros[i];
25             }
26             fila--;
27         }
28         else{
29             fila++;
30         }
31     }
32     mensagem = "";
33     mensagemRec = "";
34 }

```

Fonte: Autoria Própria.

Conforme exibido na Figura 28, na linha 03, há um laço para que o programa aguarde a mensagem de confirmação. O programa espera aproximadamente cinco segundos a resposta do módulo principal. A mensagem de confirmação é a mesma mensagem enviada para o módulo principal. Após estes 5 segundos, na linha 14 é verificado se a mensagem recebida é a mesma que a mensagem enviada, se for a mesma o led vermelho pisca confirmando o recebimento e a fila de espera é zerada.

Se ocorrer algum problema na transmissão ou confirmação da mensagem, é criado uma fila com as medições não enviadas. Após testes de performance realizadas com o módulo transmissor nRF24I01+, foi definido uma lista com tamanho máximo de 14 posições. Após

este tamanho a mensagem a ser transmitida fica com um tamanho muito grande dificultando a comunicação entre os módulos e ocupando muita memória do Arduino. Como o módulo sensor envia informações de trinta em trinta minutos, ele consegue ficar aproximadamente sete horas sem perder dados se ocorrer alguma falha de comunicação entre o módulo sensor e o módulo principal.

A identificação do módulo sensor é realizada através do número de série e da senha de acesso, são compostos por 8 dígitos e se encontra em uma etiqueta colada no módulo. O usuário necessita cadastrar a etiqueta no sistema para ter acesso ao consumo contabilizado pelo módulo sensor.

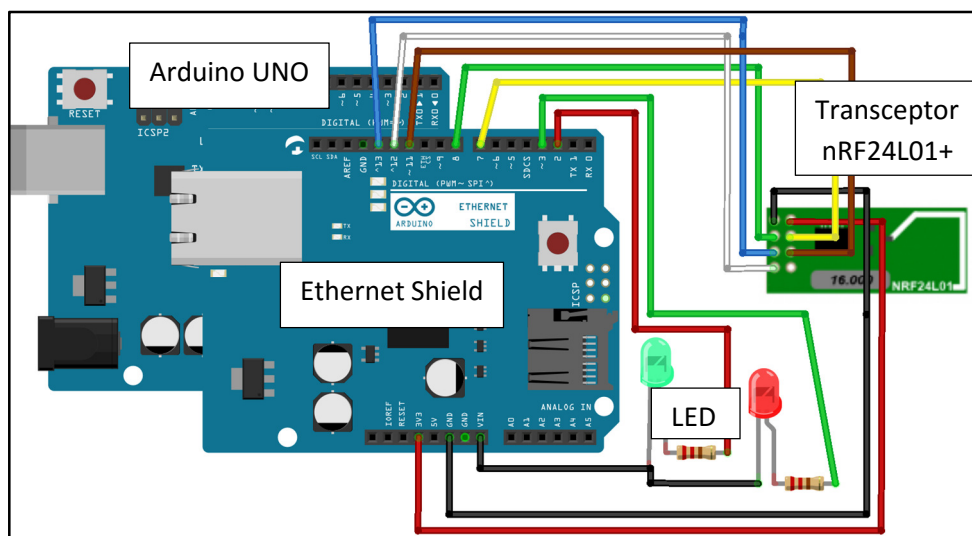
4.2. Módulo Principal

O Módulo principal é responsável por receber as informações vindas dos módulos sensores e encaminhá-las para um banco de dados na Internet. O desenvolvimento do módulo principal foi dividido em 2 etapas: hardware e software que são descritas a seguir:

4.2.1. Hardware

Na Figura 29 é apresentado o esquema de ligação utilizado no módulo principal:

Figura 29 - Esquema de ligação do módulo principal



Fonte: Autoria Própria.

Conforme ilustrado na Figura 29, no módulo principal foi utilizado um Arduino UNO por ser o modelo de Arduino mais utilizado no mercado e a maioria das *shields* serem desenvolvidas para ele. Para alimentá-lo é necessário conectar uma fonte 5V, em seu conector de alimentação, ou pode ser alimentado por um cabo USB conectado ao computador. Acima do Arduino, foi conectado a Shield Ethernet, que é responsável por enviar os dados de medição para a Internet.

No pino 2 do Arduino, foi colocado um led que informa o funcionamento do módulo, quando o módulo está ligado ele se mantém aceso. Já no pino 4 foi colocado um led de cor vermelha, para que seja informado para o usuário quando houver problema na transmissão de dados para o banco de dados na Internet, se houver problema na transmissão de dados o led fica aceso até que sejam enviadas todas as mensagens que estão na fila de espera. Lembrando que para realizar a ligação de leds no Arduino é necessário colocar um resistor, para diminuir a voltagem de 5V para 3V, pois o led opera em 3V.

Para a recepção de dados foi utilizado o transceptor nRF24l01+, o mesmo utilizado no módulo sensor, sua ligação é a mesma do módulo sensor, existe apenas uma diferença, para realizar a sua ligação no Arduino UNO não é necessário colocar um regulador de tensão, o Arduino UNO já conta com uma saída 3.3V.

4.2.2. Software

O módulo principal ao ser iniciado ele recebe um IP da rede através do DHCP, esta tarefa demora cerca de dois segundos para ser executada. Após receber o IP, ele entra em modo de escuta para receber as medições vindas dos módulos sensores.

O módulo sensor recebe a mensagem no formato exibido na Figura 30.

Figura 30 - Exemplo de mensagem recebida do módulo sensor

```

1  [
2  {
3      "nS": "ABCD1234",
4      "sA": "QWER1234",
5      "l": 0.16
6  },
7  {
8      "nS": "ABCD1234",
9      "sA": "QWER1234",
10     "l": 2.50
11  }
12 ]

```

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 30, exibe um array (lista) com 2 valores de medição, isto ocorre quando acontece falha na transmissão de dados na primeira tentativa de comunicação do módulo sensor com o módulo principal. Quando ocorre falha é criado um array com os valores que não foram enviados.

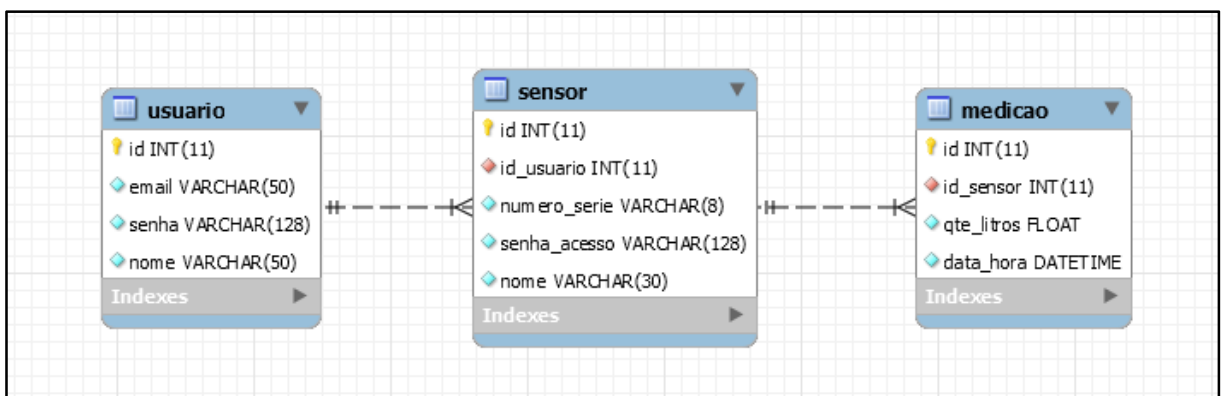
Após o módulo principal receber a mensagem, ele envia uma confirmação para o módulo sensor e armazena a mensagem recebida na forma de *string* em uma lista de espera, e essa lista é enviada por método POST para uma página na Internet responsável por salvar os dados no banco de dados. Se a gravação no banco de dados for bem-sucedida é excluído a mensagem da lista. Se for mal sucedida ela fica gravada na lista para ser enviada posteriormente junto com a próxima mensagem recebida de algum módulo sensor.

4.3. Aplicação WEB

A aplicação WEB é responsável por exibir os dados coletados pelos módulos sensores em forma de gráficos para que o usuário possa ter acesso aos dados de consumo de água da sua residência.

Para o devido funcionamento do sistema foram criadas 3 tabelas no banco de dados, uma que armazena o usuário, uma que armazena as medições e uma que atribui os sensores de fluxo de água aos seus respectivos usuários, conforme a Figura 31.

Figura 31 - Tabelas do banco de dados



Fonte: Autoria Própria.

4.3.1. Funcionamento da aplicação WEB

Os dados são recebidos através de uma *string* JSON do módulo principal através do método POST, pela página “inserirDados.php”, desenvolvida em php. Após eles serem validados são gravados no banco de dados através do código exibido na Figura 32.

Figura 32 - Código para gravar dados no banco de dados

```

21  $json_str = $_POST['dadosJson'];
22
23  $jsonArray = json_decode($json_str, true);
24
25  $tamanho = count($jsonArray);
26  foreach ( $jsonArray as $idx ){
27      $sAcesso = hash('sha512', $idx['sA']);
28      $verifica = $mysqli->query("SELECT * FROM sensor
29                                  WHERE numero_serie = '{$idx['nS']}'
30                                  AND senha_acesso = '{$sAcesso}");
31
32      if ($verifica->num_rows <= 0){
33          break;
34      }else{
35          if (isset($idx['l']) || is_float($idx['l'])){
36
37              $tamanho--;
38              $minutos = $tamanho * 30;
39
40              $data = new DateTime();
41              $data->sub(new DateInterval("PT{$minutos}M"));
42              $data = $data->format('Y-m-d H:i:s');
43
44              $sensor = $verifica->fetch_array(MYSQLI_ASSOC);
45              $sql = "INSERT INTO medicao (id_sensor, qte_litros, data_hora)
46                      VALUES ('{$sensor[id]}' , '{$idx[l]}' , '{$data}')";
47
48              if ($mysqli->query($sql) === TRUE) {
49                  echo "Registro criado com sucesso";
50              } else {
51                  echo "Erro: " . $sql . "<br>" . $mysqli->error;
52              }
53          }
54      }
55  }

```

Fonte: Autoria Própria

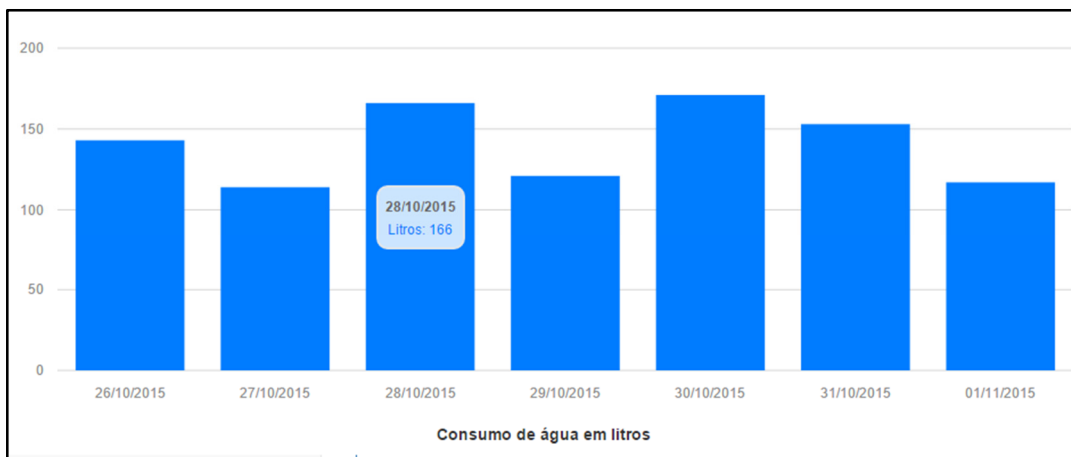
Conforme a Figura 32, na linha 21 a página recebe a *string* JSON do módulo sensor, após decodificar em um *array*, os dados referentes as medições são gravadas uma a uma no banco de dados. Antes dos dados serem gravados no banco de dados eles são validados conforme a linha 28. A senha é criptografada antes de ser comparada, pois no banco de dados

as senhas são armazenadas criptografadas. Se existe o sensor cadastrado ele atribui a hora e data e armazena no banco de dados. Se não a medição é descartada.

Para visualizar as medições realizadas pelos módulos sensores é necessário o usuário criar uma conta na aplicação WEB, com os dados básicos como: email, senha e nome. Após criado o usuário tem que cadastrar seus sensores individualmente através da etiqueta colada no módulo sensor. Ele tem que digitar o número de série, o código de acesso e colocar um nome para o sensor.

Cadastrado o sensor o usuário já tem acesso ao consumo de água do sensor cadastrado. Na figura 33, por exemplo, é exibido um gráfico com o consumo semanal de um sensor. No dia 28/10/2015 foram contabilizados 166 litros de água pelo sensor.

Figura 33 - Consumo semanal contabilizado pelo sensor (consumo ilustrativo)

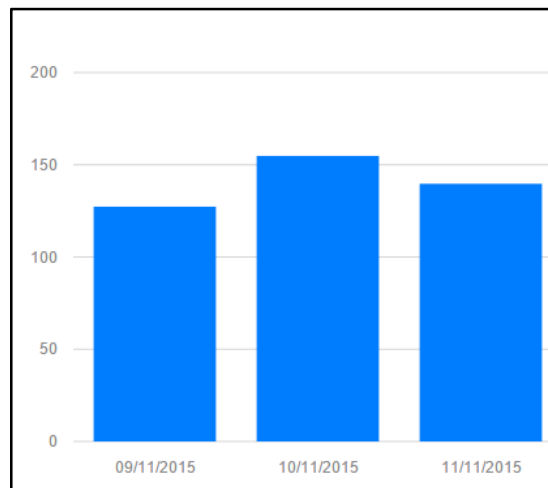


Fonte: Autoria Própria

5. RESULTADOS OBTIDOS

Após o desenvolvimento de todos os módulos necessários para o funcionamento do sistema foi possível realizar a medição de consumo de água dos pontos consumidores da residência. Para a realização de testes foi instalado um módulo sensor durante uma semana em um chuveiro que é um dos pontos que mais ocorre desperdício de água em uma residência. Durante três dias foi monitorado sem informar o consumo diário para os moradores para análise dos resultados. O monitoramento destes dias é apresentado na Figura 34:

Figura 34 - Consumo do chuveiro durante três dias (consumo de água em litros).

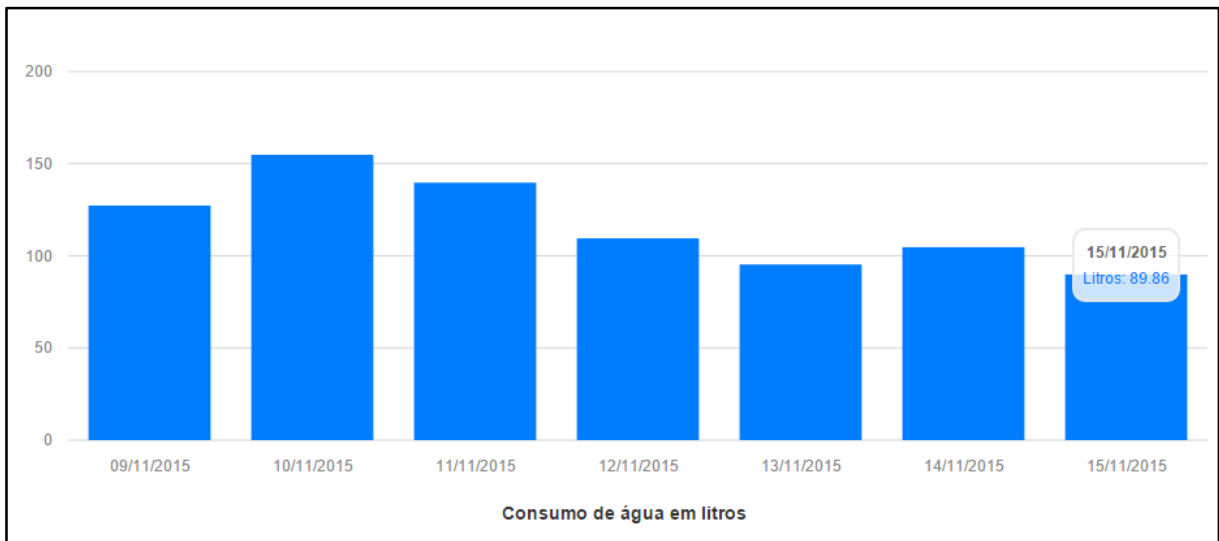


Fonte: Autoria Própria

Após apresentar estes dados monitorados aos moradores eles ficaram surpresos com a quantidade de água que é consumida por este ponto. Em média o modelo de chuveiro instalado na residência que foi monitorada utiliza cinco litros de água por minuto.

Com a apresentação deste consumo os moradores ficaram interessados em saber o consumo diário do ponto monitorado. Através do acompanhamento dos dados de consumo na aplicação desenvolvida foi possível conscientizar os moradores a economizar água no ponto monitorado, pois com o seu acompanhamento de consumo diário ocorreu uma diminuição no consumo de água do ponto monitorado. A figura 35 apresenta o consumo da semana que foi monitorada.

Figura 35 - Consumo do chuveiro durante sete dias



Fonte: Autoria Própria

Analisando a Figura 35, é possível observar uma redução no consumo de água do ponto monitorado a partir do quarto dia, quando foi apresentado os dados de consumo para os moradores, pois quando tiveram o conhecimento dos seus gastos o consumo neste ponto monitorado diminuiu.

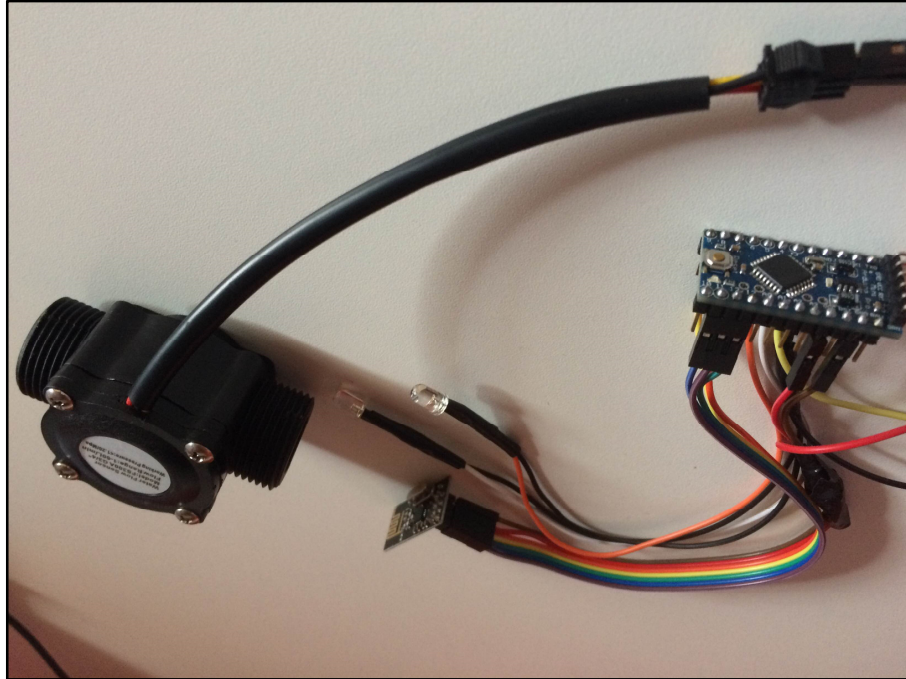
O objetivo deste projeto era prover um meio para que os usuários tivessem conhecimento do seu consumo de água e conseguisse observar o seu consumo real em cada ponto monitorado. Com o desenvolvimento deste projeto este objetivo foi alcançado, pois o usuário consegue ter um controle mais detalhado do seu consumo, conscientizando sobre a quantidade de água consumida em cada ponto.

Para monitoramento e acompanhamento do consumo de água é apresentada a ferramenta desenvolvida nos tópicos: 5.1, 5.2 e 5.3.

5.1. Módulo Sensor

Na Figura 36 é apresentado o módulo sensor e na Figura 37 é apresentado um módulo sensor instalado em um ponto de monitoramento.

Figura 36 - Hardware do módulo sensor



Fonte: Autoria Própria

Figura 37 - Módulo sensor instalado no chuveiro

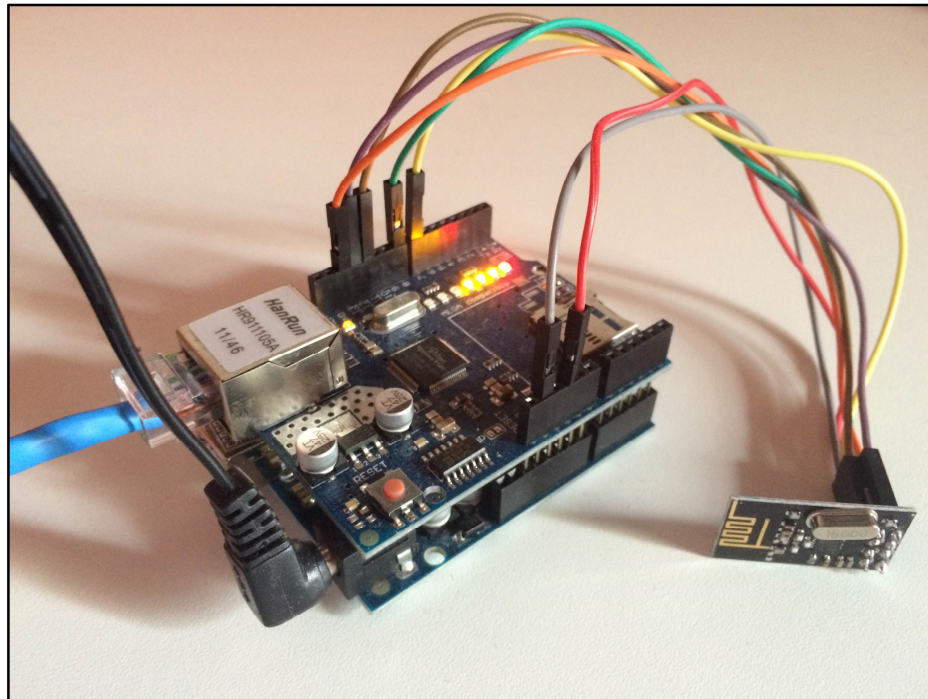


Fonte: Autoria Própria

5.2. Módulo Principal

Na Figura 38 é apresentado o módulo principal em funcionamento. O módulo principal tem que ser conectado em um roteador com Internet para enviar os dados para o servidor onde está hospedada a aplicação web.

Figura 38 - Hardware - Módulo principal



Fonte: Autoria Própria

5.3. Aplicação web

No desenvolvimento da aplicação web foi definido um nome para o projeto, denominado “Água Sys”.

Para acessar a aplicação web o usuário precisa fazer um cadastro básico no site da aplicação, conforme a Figura 39.

Figura 39 - Cadastro de usuário



A captura de tela mostra um formulário de cadastro de usuário sobreposto a uma interface de login. O formulário, intitulado "Cadastre-se agora", contém campos para "Nome Completo", "Email", "Repetir email", "Senha" e "Repetir senha", além de um botão "Registrar". A interface de login subjacente mostra um botão "Entrar »" e um link "Registrar".

Fonte: Autoria Própria

Após o cadastro é necessário fazer login na aplicação, conforme a Figura 40.

Figura 40 - Login na aplicação web



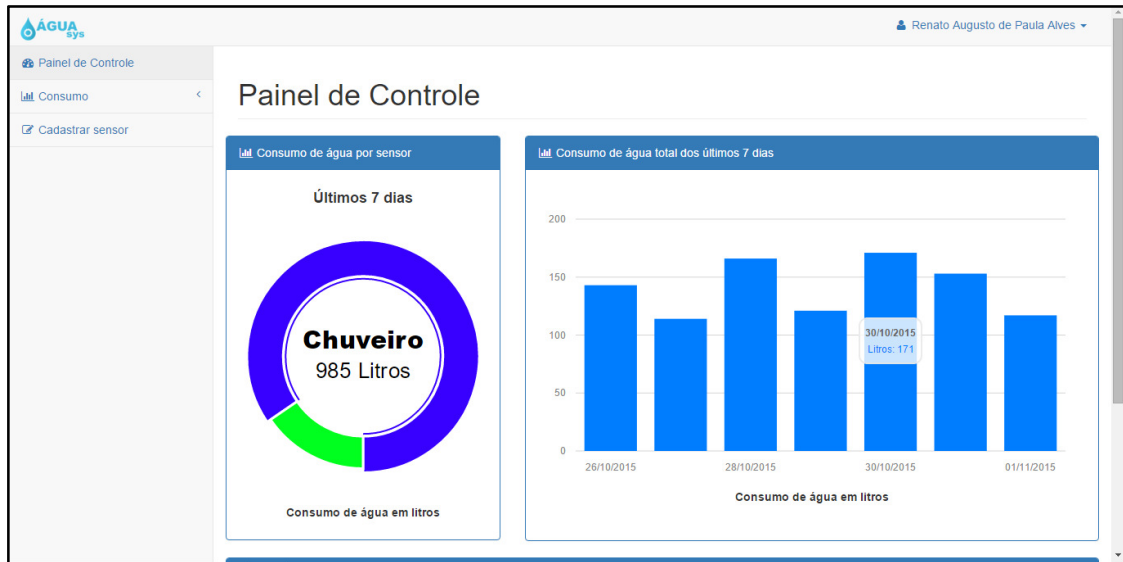
A captura de tela mostra a tela de login da aplicação web. No topo, há o logotipo "ÁGUA sys" com um ícone de gota de água. Abaixo, há campos de entrada para "Email" e "Senha", e um botão "Entrar »". Um link "Registrar" é visível no canto inferior direito da caixa de login.

Fonte: Autoria Própria

Após realizar o login ele é encaminhado ao painel de controle da aplicação, onde já são exibidos os dados de consumo, conforme mostra a Figura 41. Do lado esquerdo é exibido um gráfico com o total medido por sensor em um período de 7 dias e do lado direito é exibido o consumo total monitorado pelos sensores da residência em um período de 7 dias e abaixo é

exibido uma tabela com as últimas medições recebidas.

Figura 41 - Painel de controle da aplicação web



Fonte: Autoria Própria

Para realizar o cadastro de sensores é necessário acessar o menu no canto esquerdo, “Cadastrar sensor”. Na página cadastrar sensor, conforme a Figura 42, é necessário o usuário criar um nome de identificação para o sensor e colocar o número de série e a senha de acesso do sensor que se encontra em uma etiqueta mostrada na Figura 43. Nesta tela também é possível alterar os dados dos sensores cadastrados.

Figura 42 - Tela Cadastrar sensor

Para cadastrar um sensor digite o número de série e a senha de acesso que se encontra na etiqueta de identificação do módulo sensor.

Cadastrar Sensor

Nome do Sensor

Número de Série

Senha de Acesso

Cadastrar

Sensores Cadastrados

Nome	Número de Série	Senha de Acesso	Ações
Chuveiro	WEYR1375	HVND0362	Editar Excluir
Torneira do banheiro	HKGJ2305	IDHJ8920	Editar Excluir

Fonte: Autoria Própria

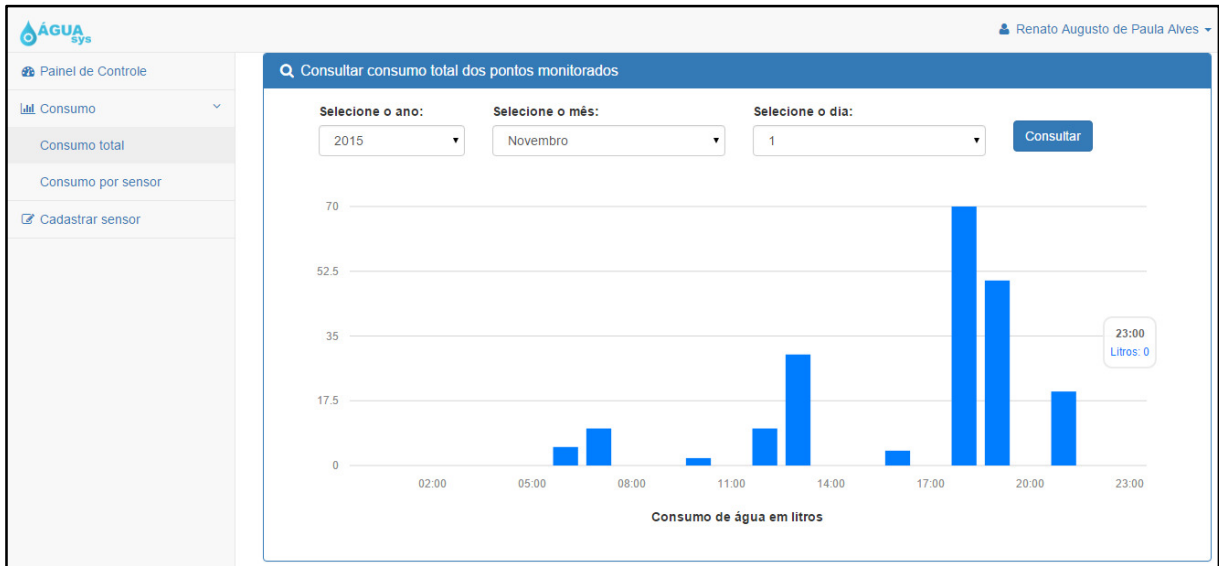
Figura 43 - Etiqueta de identificação do módulo sensor



Fonte: Autoria Própria

Conforme a Figura 44, a aplicação web permite ao usuário consultar o total de água consumido dos pontos monitorados, por dia, mês e ano, através do menu lateral “Consumo total”.

Figura 44 - Tela consumo total de água dos pontos monitorados



Fonte: Autoria Própria

Esta consulta também pode ser realizada por sensores individualmente através do menu lateral “Consumo por sensor”. Conforme a Figura 45.

Figura 45 - Tela de consumo por sensor (consumo ilustrativo)



Fonte: Autoria própria

Na tela apresentada na Figura 45 é possível consultar o consumo de um ponto específico por dia, mês e ano.

6. CONCLUSÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a humanidade. Ela é necessária para a sobrevivência e manutenção da vida em nosso planeta. Todo o desenvolvimento da humanidade está associado ao seu uso.

É necessário serem tomadas providencias para que este recurso natural não seja desperdiçado. Reflexos do desperdício são observados em diversas cidades do país onde a falta de água poderia ser reduzida ou eliminada apenas com o uso sustentável de água (VEJA, 2015).

Uma das principais fontes de consumo de água em áreas urbanizadas são as residências. Os Brasileiros desperdiçam cerca de 40% da água tratada fornecida (ADASA, 2015).

Frente a essa realidade é necessário à criação de formas para conscientizar a população sobre o uso deste recurso natural. Por meio da tecnologia é possível fornecer ferramentas para que o usuário tenha conhecimento do seu consumo de água.

O objetivo deste projeto é prover um meio para que o usuário tenha conhecimento do seu consumo de água mais detalhado como o consumo de cada ponto da residência. Com o desenvolvimento do projeto este objetivo foi alcançado. Pois o usuário consegue ter um controle mais detalhado do seu consumo, sendo conscientizando sobre a quantidade de água consumida em cada ponto monitorado.

Para alcançar este objetivo foi utilizado o conceito de Internet das Coisas que é uma tendência para o futuro. Este conceito visa à comunicação de objetos com objetos e com seres humanos, provendo informações com maior visibilidade e facilitando a vida das pessoas.

Através do sistema de monitoramento criado, é possível ter um controle do consumo de água dos pontos monitorados individualmente de forma clara através de gráficos que podem ser exibidos em períodos selecionados pelo usuário. Por meio destes gráficos o usuário tem controle do seu consumo de água, tornando possível utilizá-los para o controle e a conscientização do consumo racional de água.

O desenvolvimento foi composto por três módulos: O módulo sensor que é responsável por fornecer as informações de consumo de água do ponto monitorado, o módulo principal que é responsável por receber as medições dos módulos sensores e encaminhar para um banco de dados na Internet, e a aplicação web que é responsável por exibir os dados de

consumo para o usuário de forma objetiva e clara.

De uma forma geral o projeto necessita ser aprimorado para ser lançado no mercado, pois a alimentação dos módulos sensores necessita de uma fonte de energia elétrica para o seu funcionamento dificultando a instalação em locais que não possuem este recurso. Mas o propósito de monitorar o consumo de água da residência de forma individualizada dos pontos monitorados e exibi-los para o usuário foi atingido, mesmo com esta dificuldade de fornecimento de energia. Com os dados fornecidos o usuário consegue detectar onde esta ocorrendo o desperdício e tenta evita-lo.

6.1. Sugestões de trabalhos futuros

O projeto desenvolvido cumpre com o que foi proposto, mas poderá evoluir com o aperfeiçoamento dos módulos e da aplicação web.

Para trabalhos futuros, sugere-se as seguintes melhorias:

Para o funcionamento do módulo sensor é necessário o fornecimento de energia elétrica, isso dificulta sua instalação em locais sem este recurso. Para que esse problema seja solucionado é necessário realizar estudos para a utilização de uma bateria que consiga fornecer energia por um bom tempo;

Confecção de uma caixa de proteção tanto para o módulo sensor, quanto para o módulo principal, de preferência que a do módulo sensor seja resistente a água;

Como o sistema depende da rede elétrica para o seu funcionamento, se ocorre falha no fornecimento de energia para os módulos os dados que não foram transmitidos para a aplicação web são perdidos. É necessário criar um meio para armazenar estes dados para que eles não sejam perdidos;

Identificar os usuários individualmente e mostrar os seus respectivos consumos;

Desenvolver um método para detectar vazamentos na tubulação de água da residência;

Integrar a aplicação web com as redes sociais possibilitando os usuários postarem o seu consumo para outras pessoas;

Enviar notificações via SMS quando for atingido um consumo programado de água no ponto monitorado;

Implementar o conceito de gamificação, para que seja criado uma disputa pela economia de água entre os usuários do sistema.

REFERÊNCIAS

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **O consumo consciente de água 4**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.rekursoshidricos.df.gov.br/adasa_escola/material_pedagogico/PROFESSOR%20MODULO%204.pdf>. Acessado em: 20/05/2015.

ARDUINO E CIA. **Ethernet shield wiznet W5100**. 2013. Disponível em <<http://www.arduinoocia.com.br/2013/06/ethernet-shield-wiznet-w5100-parte-1.html>>. Acesso em: 20/04/2015.

ARDUINO, **Arduino Board Pro Mini (Online)**, 2015. Disponível na internet: <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>>. Acessado em: 21/05/2015.

ARDUINO, **Arduino Board Uno (Online)**, 2015. Disponível na internet: <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acessado em: 21/05/2015.

ARDUINO, **Arduino Ethernet Shield (Online)**, 2015. Disponível na internet: <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>. Acessado em: 21/05/2015.

BATISTA, Paula Cristina de Souza Batista. **Medição e controle de consumo de água em instalações prediais**. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Curso de engenharia de controle e automação – CECAU. Ouro Preto, Minas Gerais, 2013. Disponível em: <<http://em.ufop.br/cecau/monografias/2013/Paula%20Cristina%20de%20Souza%20Batista.pdf>>. Acessado em: 28/04/2015.

BEGHINI, Lucas Bragazza Beghini. **Automação residencial de baixo custo por meio de dispositivos móveis com sistema operacional Android**. Universidade de São Paulo - Escola de engenharia de São Carlos – Departamento de engenharia elétrica. São Carlos- SP, 2013. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/dispositivos/18/180450/tce-04022014-152853/publico/Beghini_Lucas_Bragazza.pdf>. Acessado em: 15/10/2015.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento de água da chuva em edificações (Mestrado em Engenharia Ambiental)**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2006. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/17elisabete.pdf>>. Acessado em: 14/05/2015.

CHANTRELL, Nathan. **Experimenting with the nRF24L01+ 2.4GHz radios (Online)**, 2013. Disponível na internet: <<http://nathan.chantrell.net/20130810/experimenting-with-the-nrf24l01-2-4ghz-radios>>. Acessado em: 24/10/2015.

CISCO IBSG, Cisco Internet Business Solution Group. **A internet das coisas, como a próxima evolução da internet está mudando o mundo.** Autor: Dave Evans, 2011. Disponível em: <http://www.cisco.com/web/BR/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf>. Acessado em: 16/05/2015.

CLUBIC, **Aldebaran annonce la fin du support de son lapin connecté Karotz. (Online)**, 2015. Disponível na internet: <<http://www.clubic.com/mag/maison-connectee/actualite-736305-aldebaran-fin-support-lapin-connecte-karotz.html>>. Acessado em: 20/06/2015.

ECMA, internacional. **The JSON Data Interchange Format.** Standard ECMA-404 – 1 Edition / October 2013. 2013.

ENGINEER GALLERY. **Arduino pro mini.** 2014. Disponível em: <<http://www.engineersgallery.com/arduino-pro-mini>>. Acessado em: 21/10/2015.

FERNANDES, Bruno Coutinho. **Construção de um sistema eletrônico de monitoramento de consumo de água residencial.** Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo, 2007.

FILHO, Jair Cursiol. BARBOSA, Marcel Cavallini. **Desenvolvimento de interface SPI para controle de um direct digital synthesizer AD9912.** Universidade de São Paulo – Curso de engenharia mecânica. São Carlos, São Paulo, 2012.

FLOP, Filipe. **O que é Arduino (Online)**, 2015. Acessado em: 11/08/2015. Disponível na internet: <<http://blog.filipeflop.com/arduino/o-que-e-arduino.html>>.

FLORES, Ricardo da Silva, **Sistema de Monitoração do consumo de água residencial utilizando um computador e o Microcontrolador PIC16F628A**, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília - DF, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3293/2/20226381.pdf>. Acessado em: 19/02/2015.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **A Distribuição da água no Planeta.** Brasil Escola. Disponível em <<http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/a-distribuicao-agua-no-planeta.htm>>. Acesso em 10 de abril de 2015.

GIARETTA, Mateus Streit. **Projeto de uma rede de comunicação sem fio baseada no transceptor nRF24L01+ voltada para sistemas de automação predial.** Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2014. Disponível na internet: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/101167/000930123.pdf>>. Acessado em: 30/05/2015.

HALAMA, Tiago de Assis. **Robo usando Arduino aplicando conceitos de piloto automático.** Faculdade Educacional Araucária. Araucária, 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/7490009/TCC_Android_e_Arduino_Robotica_v2_0>. Acessado em 20/07/2015.

KUSHNER, David. **The Making of Arduino**. 2011. Disponível em: <<http://www.spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino>>. Acessado em 20/08/2015.

LEMOS, André. **A comunicação das coisas. Internet das coisas e teoria ator-rede – Etiquetas de radiofrequência em uniformes escolares na Bahia**. Apresentado no SimSocial, 2012. Salvador. Bahia, 2012. Disponível na internet: <<http://www.seminariosmv.org.br/textos/Andre%20Lemos.pdf>>. Acessado em: 15/05/2015.

MARTIN, Evans; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. **Arduino em ação**. Editora Novatec. 2013. Disponível em: <<https://novatec.com.br/livros/arduino-em-acao/capitulo9788575223734.pdf>>. Acessado em: 11/06/2015.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações** (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/publico/SIMONE_MAYOK.pdf>. Acessado em: 13/05/2015.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. Novatec Editora Ltda. São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://novatec.com.br/livros/arduino/capitulo9788575222744.pdf>>. Acessado em: 20/05/2015.

MINETTO, Elton Luís. **Frameworks para Desenvolvimento em PHP**. Novatec. 2007. Disponível em <<http://www.martinsfontespaulista.com.br/anexos/produtos/capitulos/243418.pdf>>. Acesso em 04/09/2015.

MOTA, Carlos; FERNANDES, Pedro; JESUS, Ruben. **Internet das coisas– Smart Objects**. Seminário de Sistemas e Tecnologia de Informação. Universidade Atlântica. Barcarena, Portugal, 2013.

MOURÃO, Kellen Taziani Fernandes. **Estudo sobre a implantação da medição individualizada de água em edifícios residenciais em Minas Gerais**. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Curso de engenharia de controle e automação – CECAU. Ouro Preto, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2009/KELLEN%20MOURAO.pdf>>. Acessado em: 16/06/2015.

MPSC. Fluidos 03-30: **Medidores comuns de vazão**. 2008. Disponível em: <http://www.mpsc.eng.br/fldetc/fluid_0330.shtml>. Acessado em: 15/06/2015

NORDIC SEMICONDUCTORES, EUA, 2007. Disponível em: http://www.nordicsemi.com/eng/content/download/2726/34069/file/nRF24L01P_Product_Specification_1_0.pdf. Acessado em: 05/03/2015.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Distribuição da água no Brasil**. Brasil Escola. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em 11/04/2015.

ROCHA, Cauã Barneze; FERREIRA, Henrique Simião; HEROSO, Leandro Ferreira; ZALESKI, Rafael Henrique. **Sistema de monitoramento de consumo de água doméstico com a utilização de um hidrômetro digital**. Curitiba, Paraná, 2014.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água. São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://site.sabespbr/uploads/file/asabesp_doctos/Manual%20do%20controlador.pdf>. Acessado em: 13/05/2015.

SANTOS, Leonardo de Sá Leal. **Sistema de comunicação USB com microcontrolador**. Engenharia da computação. Universidade de Pernambuco. Recife, 2009. Disponível em: <<http://tcc.ecomp.poli.br/20091/TCC%20-%20Leonardo%20Santos.pdf>>. Acessado em: 04/09/2015.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Internet das coisas**, 2014. Disponível em: <http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/10/2014_08_13_BO_Julho_TIC_InternetdasCoisas_pdf.pdf>. Acessado em: 15/07/2015.

SEED STUDIO. **G3/4 Water Flow sensor (Online)**, 2015. Disponível na internet: <http://www.seedstudio.com/wiki/G3/4_Water_Flow_sensor>. Acessado em: 19/10/2015.

SEGALA, Mariana. **Água a escassez na abundância**. Guia Exame Sustentabilidade 12/2012. Editora Abril. Disponível em <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/populacao-falta-agua-recursos-hidricos-graves-problemas-economicos-politicos-723513.shtml>>. Acessado em: 17/07/2015.

SILVA, Domiciano Correa Marques Da. **Resistores**. Brasil Escola. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/fisica/resistores.htm>>. Acessado em: 04/09/2015.

SINGER, Talyta. **Tudo Conectado: conceito e representações da internet das coisas**. II Simpósio em Tecnologias Digitais e Sociabilidade realizado nos dias 11 e 12 de outubro de 2012 em Salvador, Bahia, 2012.

VEJA, Revista 16/10/2014. **SP: falta d'água afeta 68 cidades, onde vivem 13,7 milhões**. Editora Abril. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/falta-dagua-atinge-137-milhoes-no-estado-de-sp>>. Acessado em: 25/05/2015.