

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

PAULO HENRIQUE FABRIS

**MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A
TECNOLOGIA ZIGBEE**

CRICIÚMA

2017

PAULO HENRIQUE FABRIS

**MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A
TECNOLOGIA ZIGBEE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação, da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof. MSc. Gustavo Bisognin

**CRICIÚMA
2017**

PAULO HENRIQUE FABRIS

**MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A
TECNOLOGIA ZIGBEE**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em sistemas embarcados.

Criciúma, 30 de Novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. Gustavo Bisognin - UNESC - Orientador



Prof. Esp. Gilberto Vieira da Silva - UNESC



Prof. MSc. Rogério Antônio Casagrande - UNESC

RESUMO

Com a degradação crescente dos recursos hídricos, no futuro será necessário o uso de métodos avançados para controlar o consumo de água. Diante desse problema foi criado um dispositivo que proporciona as empresas responsáveis pela distribuição dos recursos hídricos possuir maior controle, podendo reduzir custos operacionais e evitando erros nas medições que hoje são feitas de forma manual. Para a criação do dispositivo foi utilizado de tecnologias de prototipação já existentes no mercado como arduino e zigbee. O protótipo criado possui uma rede wireless independente, quando vários dispositivos estiverem ligados irá formar uma grande rede, possibilitando assim que a informação coletada seja replicada entre os dispositivos até chegar na central. Foi feito uma simulação utilizando dois pontos de coletas e uma central, usando dois litros de água, ao abrir as torneiras foi marcado 2,01 litros, resultado satisfatório pois está dentro da faixa de precisão de 3% especificada pelo fabricante. Todos os dados foram mostrados no *dashboard* da página web. Com a construção do protótipo pode-se realizar uma estimativa de preço de custo de cada dispositivo, onde poderá ser visto que o valor ficou elevado para uma possível aplicação em uma cidade, pois as empresas iriam ter o retorno do investimento em um longo período de tempo.

Palavras-chave: Água, Hidrômetro, Zigbee, Arduino, Telemetria.

ABSTRACT

With the increasing degradation of water resources, in the future it will be necessary to use advanced methods to control water consumption. Faced with this problem was created a device that provides companies responsible for the distribution of water resources have greater control, can reduce operating costs and avoiding errors in the measurements that are now done manually. For the creation of the device was used of prototyping technologies already on the market as arduino and zigbee. The prototype created has an independent wireless network, when several devices are connected will form a large network, thus allowing the collected information to be replicated between the devices until arriving at the central. A simulation was made using two collection points and a central one, using two liters of water, when opening the taps was marked 2.01 liters, a satisfactory result since it is within the 3% precision range specified by the manufacturer. All data has been shown in the dashboard of the web page. With the construction of the prototype one can carry out an estimate of the cost price of each device, where it can be seen that the value was high for a possible application in a city, because the companies would have the return of the investment over a long period of time.

Keywords: Water, Hydrometer, Zigbee, Arduino, Telemetry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição de água no mundo.....	15
Figura 2 – Exemplo para cálculo de vazão volumétrica	18
Figura 3 – Exemplo de funcionamento de um hidrômetro monojato	19
Figura 4 – Exemplo de funcionamento de um hidrômetro multijato.....	19
Figura 5 – Exemplo de funcionamento de um sensor do tipo turbina.....	21
Figura 6 – Exemplo de uma rede ponto a ponto	26
Figura 7 – Exemplo de uma rede multiponto.....	27
Figura 8 – Exemplo de uma rede par a par ou P2P	28
Figura 9 – Comparação da tecnologia zigbee com outras tecnologias de rede sem fio	29
Figura 10 – Modos de funcionamento do ZigBee XBee Pro	30
Figura 11 – Texto interpretado pelo navegador sem o uso de tags do HTML.....	32
Figura 12 – Texto interpretado pelo navegador com o uso de tags do HTML.....	33
Figura 13 – Exemplo de uma estrutura de css	34
Figura 14 – Exemplo de um código PHP embutido em um corpo do HTML	35
Figura 15 – Demonstração de recursos disponíveis arduino	42
Figura 16 – Sentido do fluxo da água no medidor de fluxo	43
Figura 17 – Demonstração de conexão entre medidor de fluxo e arduino	43
Figura 18 – Recursos que serão utilizados do xbee shield	44
Figura 19 – Módulo Xbee acoplado ao explorer USB adapter	45
Figura 20 – Representação de uma rede mesh	46
Figura 21 – Protótipo montado	47
Figura 22 – Evento setup	48
Figura 23 – Modelagem de dados.....	49
Figura 24 – Estrutura do servidor da aplicação	49
Figura 25 – Modelagem de dados da página web.....	50
Figura 26 – Dashboard.....	51
Figura 27 – Visão do app	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões IEEE mais conhecidos	23
Tabela 2 – Comparação entre bluetooth e zigbee.....	29
Tabela 3 – Lista de compras para montar o projeto	53
Tabela 4 – Lista de compras para testar o projeto	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSMA/CA	<i>Carrier sense multiple access with collision avoidance</i>
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
FCC	<i>Federal Communications Commission</i>
GTS	<i>Guaranteed Time Slot</i>
HAN	<i>Home area network</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISM	<i>Industrial Scientific Medical</i>
P2P	Par a par
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
SGBD	Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i>

SUMÁRIO

1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 ÁGUA	15
2.1.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	16
2.2 MEDIÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA	16
2.2.1 Vazão volumétrica	17
2.2.2 Hidrômetro	18
2.2.3 Efeito hall	20
2.2.4 Medidores de fluxo.....	20
2.3 TECNOLOGIA ZIGBEE.....	21
2.3.1 Radiofrequência	21
2.3.2 CSMA/CA.....	22
2.3.3 Redes wireless	23
2.3.4 Protocolo 802.15.4.....	24
2.3.5 Topologias de rede.....	25
2.3.6 ZigBee xbee pro	28
3 TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO	32
3.1 HYPERTEXT MARKUP LANGUAGE (HTML).....	32
3.2 CASCADING STYLE SHEETS (CSS).....	34
3.3 HYPERTEXT PREPROCESSOR (PHP)	35
3.4 JAVASCRIPT EM APLICAÇÕES WEB	35
3.5 APACHE CORDOVA.....	36
3.6 IONIC FRAMEWORK.....	36
3.7 MYSQL.....	37
4 TRABALHOS CORRELATOS	38
4.1 SISTEMA DE CONTROLE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA COBRANÇA VIA COMPRA DE CRÉDITOS PRÉ-PAGOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS	38
4.2 HIDRÔMETRO DIGITAL COM TRANSMISSÃO DE DADOS VIA INTERNET ...	38

4.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA DOMÉSTICO COM A UTILIZAÇÃO DE UM HIDRÔMETRO DIGITAL.....	39
4.4 MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES PREDIAIS.....	39
4.5 SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO PARA GESTÃO EFICIENTE DA IRRIGAÇÃO.....	40
5 DESENVOLVIMENTO	41
5.1 METODOLOGIA.....	41
5.1.1 Hardware utilizados.....	41
5.1.1.1 Arduino.....	42
5.1.1.2 Medidor de fluxo digital.....	42
5.1.1.3 Xbee Shield.....	44
5.1.1.4 Xbee Explorer USB Adapter.....	44
5.1.1.5 Zigbee.....	45
5.1.1.5.1 Rede Mesh.....	45
5.1.1.5.2 Configurando o modulo Xbee.....	46
5.1.1.5.3 Montagem.....	47
5.1.1.5.4 Emissor de dados.....	47
5.1.2 DESENVOLVIMENTO DAS FERRAMENTAS	48
5.1.2.1 Modelagem de dados.....	48
5.1.2.2 Estrutura do servidor web e mobile.....	49
5.1.2.3 Aplicação web.....	50
5.1.2.3.1 Tela Inicial.....	51
5.1.2.3.2 Dashboard.....	51
5.1.2.4 Servidor de coleta de dados.....	52
5.1.2.5 Aplicativo mobile.....	52
5.1.3 TABELA DE CUSTOS.....	53
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem cultural e social indispensável à sobrevivência e à qualidade de vida da população. A água possui um valor inestimável pois, além de ser essencial para a vida, ela também age diretamente no desenvolvimento econômico de um país (FERRÃO, 2006).

O índice de pessoas com acesso fácil a água potável cresce a cada ano. Segundo a ONU entre o período de 1990 e 2010 cerca de dois bilhões de pessoas obtiveram água tratada através de encanamento ou poços, no entanto não podemos ver a natureza como uma fonte ilimitada, deve usufruir de modo consciente.

Neste contexto, aponta-se o saneamento básico precário ou consumo de água não potável como um dos maiores causadores de doenças nos países em desenvolvimento. De acordo com ONU, estes fatores correspondem à 80% das doenças conhecidas atualmente (ONU, 2012).

Segundo Guimarães (2007) afirma que a única forma de reverter o atual quadro é investir na idéia de saneamento. Dados divulgados pelo ministério da saúde afirmam que para cada R\$1,00 investido no setor de saneamento, economiza-se R\$ 4,00 na área de medicina curativa. Desta forma, entende-se que a água é de bem público e todos tem o direito de usufruir, cabendo ao governo administrar essa riqueza para o bem da população.

Segundo o Instituto Socioambiental (2005, apud BATISTA, 2013), A água vem sendo utilizada sem consciência com muito desperdício variando entre 50% e 70% nas grandes cidades, além do desperdício possuímos roubo e vazamentos no sistema de distribuição de água ao qual varia entre 40% e 60%.

O equipamento utilizado para medição de água é o hidrômetro, como esse equipamento não possui nenhum tipo de conexão à internet ou radiofrequência para efetuar uma conexão com uma central e enviar as informações de consumo, é necessário que mensalmente um operador/funcionário vá até o local e efetue a coleta dos valores informados no hidrômetro, sendo assim, esse serviço custa caro para as empresas de saneamento, pois além do gasto com o funcionário, o método de coleta está sujeito a erros na hora de efetuar o registro do consumo, valores que são refletidos diretamente na cobrança efetuada ao contribuinte para o acesso a água (CASAN, 2013).

Desta Forma, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de uma solução embarcada de baixo custo que tem como objetivo auxiliar na coleta de informações referente ao consumo de água diminuindo o gasto das empresas de saneamento, possibilitando um controle de consumo mais adequado, uma vez que, a coleta de informações poderá ser feita em intervalos muito menores, possibilitando uma análise mais eficiente dos dados coletados, podendo identificar vazamentos ou possíveis fraudes em tempo menor, proporcionando maior efetividade na tomada de decisão.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um dispositivo que efetue a medição volumétrica de água com a transferência dos dados coletados a partir de radiofrequência utilizando um dispositivo Zigbee, os dados coletados serão centralizados em uma aplicação analítica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste projeto consistem em:

- a) estudar o conceito de medição de água e comunicação de dados;
- b) estudar a comunicação de dados do modulo Zigbee;
- c) criar um protótipo que irá efetuar medição do fluxo de água utilizando um hidrômetro digital, a informação coletada será propagada através de uma rede criada pelo dispositivo zigbee até uma central, onde possibilitaria os técnicos visitar apenas as centrais para efetuar coleta de dados utilizando um dispositivo móvel ou efetuar a coleta dos dados das centrais diretamente pela internet;
- d) criar aplicação para receber os dados dos pontos de coleta e disponibilizar essas informações em uma página web;
- e) aplicar conhecimentos obtidos na criação do protótipo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido ao aumento da população mundial, à degradação dos mananciais provocada pela poluição resultante de atividades humanas, ao desequilíbrio natural na distribuição das águas e ao consumo excessivo, com alto grau de desperdício, seja por falhas operacionais dos sistemas de abastecimento, seja pelo uso descontrolado por parte dos usuários, a água está se tornando um bem escasso em curto prazo (FERRÃO, 2006).

Segundo a ONU, 1,6 bilhões de pessoas vivem em regiões com escassez absoluta de água, até 2025 dois terços da população mundial pode ser afetada pelas condições críticas da água (ONU, 2012). Cada litro de água economizado é importante, porém, ao contrário do que o senso comum possa indicar, não é o desperdício com banhos demorados ou lavagem de calçadas que mais põem em risco a segurança hídrica dos brasileiros, estatísticas apontam que menos de 10% da água é destinada aos domicílios. Na verdade, estudos mostram que a situação mais dramática está justamente nas empresas operadoras, tubulações antigas e com má conservadas, desperdícios operacionais etc.

Em 2010, vazamentos, roubos e ligações clandestinas, falta de medição ou medições incorretas no consumo de água responderam, na média nacional, por 37,5% das perdas de faturamento das empresas (SENADO FEDERAL, 2014).

Este dado, levanta uma bandeira para a necessidade de controle efetivo do desperdício de água nas grandes cidades, fazendo com que, diversos estudos sejam executados com abordagem deste tema. Desta forma, as empresas fornecedoras deste serviço, estão em busca de mecanismos de controle de custos que forneçam dados de forma segura e ágil, que contribuam de forma significativa para a tomada de decisão no menor tempo possível, afim de evitar ao máximo o desperdício (CHAGAS et al., 2008).

Para coletar as informações de consumo seria utilizado um hidrômetro digital que iria utilizar um dispositivo Zigbee para propagar as informações pela rede. O dispositivo Zigbee são indicados para a criação de aplicações embarcadas pois possui baixo consumo de energia fator importante para aplicação em sistemas autônomos, dispositivo que possibilita a implementação de redes com um número muito elevado de dispositivos (BATISTA, 2013).

Com base nos fatos apresentados anteriormente, o presente estudo se justifica, uma vez que, a aplicação do dispositivo proposto para efetuar a medição de água remotamente possibilitando a execução de medições com maior frequência, e agilizando a disponibilização das informações coletadas apresentam relevante importância social. Além disso, permitirá a realização de análises em tempo real, possibilitando a identificação de possíveis problemas na rede de distribuição como vazamentos ou roubo melhorando assim o serviço de distribuição e contribuindo com o meio ambiente.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de pesquisa é constituído por cinco capítulos, sendo que o primeiro capítulo aborda brevemente o que será mostrado no trabalho de pesquisa, e sua estrutura é formada pela introdução, objetivo geral e seus objetivos específicos, e da justificativa para o qual o projeto será desenvolvido.

O segundo capítulo foi abordado a fundamentação teórica do trabalho, onde possui informações sobre distribuição de água em perímetros urbanos, medição do fluxo de água, e tecnologia Zigbee.

No terceiro capítulo foi abordado sobre tecnologias que são utilizadas para criação de páginas web ou aplicativos híbridos para dispositivos móveis.

O quarto capítulo trata dos trabalhos correlatos, são projetos de pesquisas que abordam diretamente ou indiretamente alguns objetivos semelhantes, para isso foi escolhido um trabalho que foi desenvolvido na UNESCO, outros três desenvolvidos no Brasil e para finalizar um de Portugal.

Finalizando com o quinto capítulo, é mostrado uma prévia do trabalho proposto e a metodologia que será utilizada para o seu desenvolvimento, também será informado os recursos necessários para o desenvolvimento do mesmo.

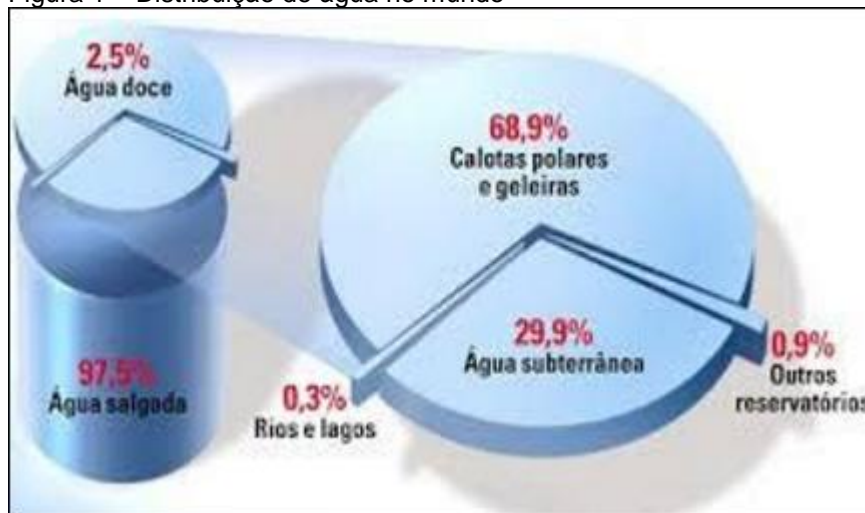
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ÁGUA

A água é um recurso natural com valor econômico e social, sem substituto, mais importante para a vida de todos os seres vivos, sem ela não haveria vida no planeta (GOMES, 2011).

A molécula mais abundante na superfície da terra é a água onde o planeta é composto por 70% de água, o que a torna um dos recursos mais abundantes. No entanto apenas uma pequena parcela é água doce, que pode ser utilizada para o consumo humano, como pode ser visto na representação gráfica da figura 1 (BARROS; AMIN, 2008).

Figura 1 – Distribuição de água no mundo



Fonte: Barros e Amin (2008).

Desse total apenas 2,5% é de natureza doce. Os rios e lagos e outros reservatórios correspondem a 1,2% desse total, o restante são águas subterrâneas ou encontra-se em calotas polares e geleiras (BARROS; AMIN, 2008).

A distribuição de água pelo mundo não é de forma equilibrada, estima-se que apenas 0,08% está disponível para consumo e aproximadamente 20% está localizada no Brasil (CUOCO, 2005), segundo a ONU, 1,6 bilhões de pessoas vivem em regiões com escassez absoluta de água, estima-se que até 2025 dois terços da população mundial pode ser afetada pelas condições críticas da escassez de água (ONU, 2012). Em vista disso é evidente a necessidade de preservação e consumo responsável de forma consciente dos recursos hídricos.

2.1.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A água é captada da natureza e armazenada em sistemas de abastecimento, porém se essa água for consumida sem tratamento pode causar doenças graves então posteriormente é realizado o tratamento para que possa ser fornecida a população quantidade que é compatível com a necessidade de cada indivíduo (FIGUEIREDO, 2008).

O nome dado ao transporte da água é adução, podendo ser de água bruta ou tratada, o transporte pode ser realizado de duas formas: utilizando energia elétrica ou energia potencial (gravidade). A forma de transporte mais utilizada é a gravidade, pois não possui gastos com energia elétrica e atende a necessidade de distribuição, no entanto em certas regiões onde a estação de tratamento de água encontra-se uma cota acima da captação é necessário a utilização de uma bomba d'água elétrica (MARINGA, 20--).

A distribuição de água tratada é efetuada por tubulações para diversos pontos da cidade ou comunidade, quando chega ao ponto de consumo passa por um equipamento que realiza a medição do fluxo da água esse processo é chamado de micromedição, permitindo uma cobrança justa ao consumidor onde paga-se apenas o que é consumido, a unidade de medida utilizada para estimar o consumo de água é o volume representado por m³ (Metros cúbicos), o equipamento mais comum responsável pela medição é o hidrômetro (SAMAE, 2015).

2.2 MEDIÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA

Tem como objetivo obter a quantidade de água que passa por um ponto em um determinado tempo (PUCPR, 2012), a escolha do equipamento ideal para efetuar a medição depende de alguns fatores (PUCRJ, 2017):

- a) precisão desejada na medição;
- b) condições ao qual o medidor deve operar como temperatura e pressão;
- c) custo do medidor e custo de operação.

2.2.1 Vazão volumétrica

Dentre todas as grandezas medidas em processos industriais a vazão encontra-se em terceiro lugar como uma das mais utilizadas. É muito importante efetuar a medição e o controle de líquidos e gases, não apenas para fins contábeis, mas para verificar o rendimento do processo industrial (CASSIOLATO; ALVES, 2008).

A medição da vazão de fluidos está presente em nosso cotidiano, por exemplo quando abastecemos o carro a bomba de gasolina é responsável por controlar a quantidade de fluido que é entregue ao consumidor, em nossas residências para o controle do consumo de água é utilizado um hidrômetro, isso mostra a importância da grandeza vazão (CASSIOLATO; ALVES, 2008).

A vazão volumétrica pode ser representada por unidades de volume tais como litros, mm³, m³, galões entre outras, para identificar a vazão instantânea é coletado a vazão em uma unidade de volume dividida por uma unidade de tempo (PUCPR, 2012).

Segundo Cassiolato e Alves (2008), a fórmula mais simples para realizar o cálculo da vazão volumétrica apresentada a seguir.

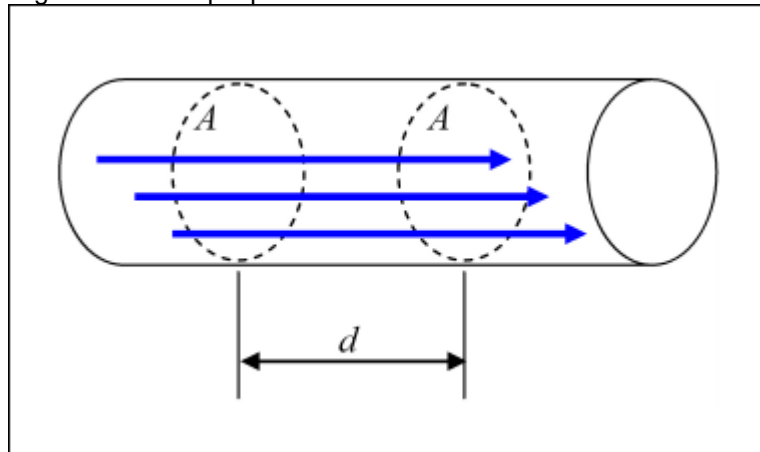
$$Q_v = \frac{V}{t}$$

Em que (CASSIOLATO; ALVES, 2008):

- a) Q_v é a vazão volumétrica;
- b) V é o volume do fluido;
- c) t é o tempo do movimento.

Também podemos calcular a vazão volumétrica através de outra fórmula, obtendo o volume entre a área da seção transversal do conduto e a velocidade de escoamento da água, como pode ser visto na representação gráfica da figura 2 (RODRIGUES, 20--?).

Figura 2 – Exemplo para cálculo de vazão volumétrica.



Fonte: Rodrigues (20--?)

Como base na análise da figura 2 podemos calcular utilizando a seguinte fórmula (RODRIGUES, 20--?):

$$Qv = \frac{d * A}{t} \quad \text{ou} \quad Qv = v * A$$

Onde:

- a) Qv representa a vazão volumétrica;
- b) A é a área da seção;
- c) $\frac{d}{t}$ ou v representam a velocidade de escoamento da água.

2.2.2 Hidrômetro

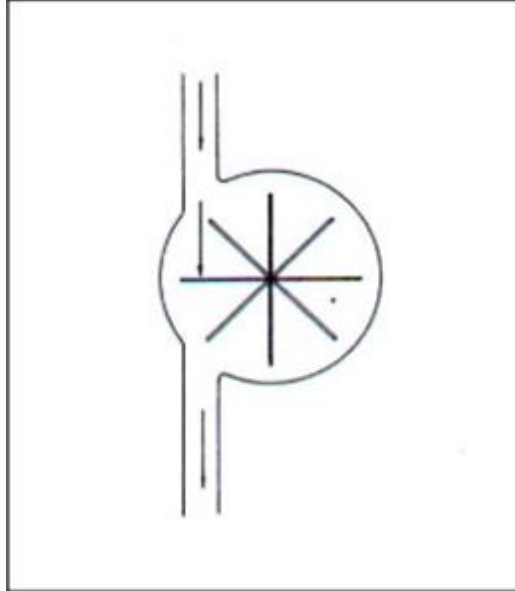
Equipamento ligado aos condutos da rede de distribuição de água que é utilizado para contabilizar o volume de água que o atravessa, sempre expressando o resultado da medição em m³. A escolha do hidrômetro varia conforme a necessidade de vazão do local a ser instalado, podemos classificar os hidrômetros como velocímetros e volumétricos (SAMAE, 2015).

Hidrômetros velocimétricos são acionados pela ação da água que passa em seu interior acionando a turbina ou hélice iniciando contagem para a obtenção do volume que o atravessa (CARVALHO, 2010).

Esses hidrômetros são muito utilizados no Brasil por empresas de saneamento para efetuar a medição de água, também conhecido como taqueométricos podem ser subdivididos em (SAMAE, 2015):

- a) **monojato**: segundo Nielsen (2003 apud SÁ, 2007), mecanismo que é acionado por um único jato d'água como mostra a representação gráfica da figura 3, este medidor necessita estar em ótimas condições de instalação para garantir seu bom funcionamento (figura 3);

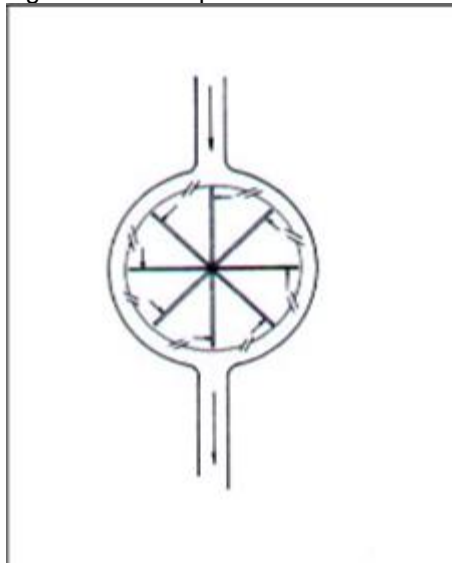
Figura 3 – Exemplo de funcionamento de um hidrômetro monojato.



Fonte: SAMAE (2015).

- b) **multijato**: divide a corrente d'água em uma câmara de distribuição em múltiplos jatos, que formam partes de forças e proporcionam o equilíbrio da turbina (figura 4) (CAXIAS DO SUL, 20--?).

Figura 4 – Exemplo de funcionamento de um hidrômetro multijato.



Fonte: SAMAE (2015).

Os Hidrômetros volumétricos possuem uma peça (êmbolo ou disco) que é um recipiente que enche de água devido ao fenômeno de diferença de pressão faz a peça efetuar o giro e leva a água para a saída do medidor e aciona o totalizador de consumo, esse movimento acontece, pois, a pressão na entrada é maior do que na saída (CARVALHO, 2010).

Segundo a SAMAE (2015), os hidrômetros volumétricos são muito precisos ao efetuar a medição, no entanto seria complicado usá-lo para medição de consumo de água em residências pois qualquer partícula que se alojar na câmara onde o êmbolo trabalha poderia parar o funcionamento do hidrômetro, deixando a residência sem água, além de possuir um custo elevado.

2.2.3 Efeito hall

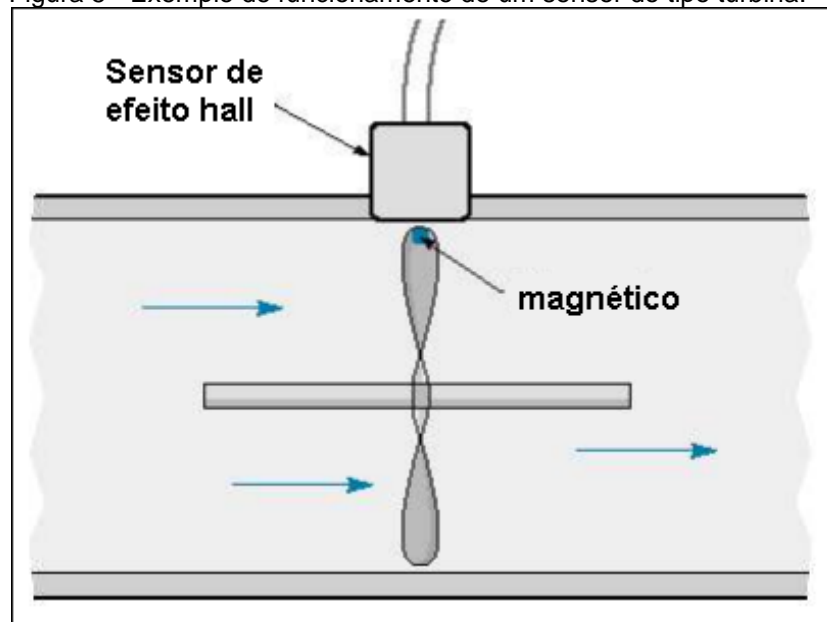
Em 1879 o cientista Edwin H. Hall descobriu que quando uma corrente passar por um semicondutor e houver a existência de um campo magnético perpendicular à direção do fluxo da corrente (OLIVEIRA, 2013), surgiria a diferença de potencial que é derivada do acúmulo de cargas no semicondutor, de um lado cargas positivas e do lado oposto cargas negativas (PERDOMO; MAESTRO, 2002).

Segundo Thomazini e Albuquerque (2005), além do efeito hall em materiais condutores podemos ter um efeito mais intenso em materiais semicondutores.

2.2.4 Medidores de fluxo

São medidores que funcionam apenas com fluidos que estejam em seu estado líquido, pois esse líquido irá escoar pelo duto fazendo com que as hélices entrem em movimento de rotação onde a velocidade de rotação é proporcional a velocidade de escoamento do líquido (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Figura 5 - Exemplo de funcionamento de um sensor do tipo turbina.



Fonte: Kilian (2001, tradução nossa).

Para detectar os movimentos da hélice é utilizado um sensor de efeito hall, sempre que a hélice passa pelo sensor é captado um pulso que pode ser convertido na quantidade de escoamento do líquido como podemos ver na representação da figura 5 (KILIAN, 2001).

2.3 TECNOLOGIA ZIGBEE

Com o avanço das Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), vem sendo adotado muito sistemas embarcados de baixo custo para substituir determinadas tarefas que eram efetuadas por humanos. Esses sistemas são indicados para monitoramento e coleta de informações onde o equipamento monitora os parâmetros, coleta as informações e envia através de uma rede sem fio para um servidor onde ficam disponíveis para análise e tomada de decisão. Esses sistemas normalmente utilizam redes sem fio devido ao alto custo de instalação de redes cabeadas tornando inviável sua instalação (GOMES et al., 2012).

2.3.1 Radiofrequência

Radiofrequência são Micro-ondas que se propagam pelo ar que são utilizadas como meio de transferência de informações. Atualmente existem 3 faixas

de frequências abertas que não são controladas por nenhum órgão regulador, logo não é necessária uma autorização para poder utilizá-las. Essa padronização é adotada pela maioria dos países e pode ser chamada de *Industrial Scientific Medical* (ISM), sendo 900 Mhz que pode ser adotada em locais onde possuímos um grande nível de interferência, já as frequências 2.4 e 5.0 Ghz são utilizadas em redes *wireless* e dispositivos eletrônicos sem fio (REIS, 2012).

Segundo Rufino (2005), as três faixas de frequência disponíveis são:

- a) 902 – 928 MHz;
- b) 2,4 – 2,485 GHz (2,4 a 2,5 GHz no Brasil);
- c) 5,150 – 5,825 GHz.

Tendo em mente que a forma de propagação funciona igual a uma rede *wi-fi* a medida que afastasse do ponto de propagação menor vai ser a intensidade do sinal (REIS, 2012). Segundo Rufino (2005), a distância a qual o sinal vai alcançar é diretamente ligada a frequência do sinal, quanto maior a frequência menor vai ser a distância atingida.

Para calcular a perda de sinal com a seguinte fórmula (RUFINO, 2005):

$$PS = 32,4 + 20(\log D) + 20(\log F)$$

Onde:

- a) PS = perda de sinal;
- b) 32,4 = coeficiente fixo;
- c) D = distância em quilômetros;
- d) F = frequência em Mhz.

2.3.2 CSMA/CA

Segundo as definições do dicionário Inglês-Português, *Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance* (CSMA/CA) significa Acesso múltiplo com verificação de portadora com anulação/prevenção de colisão (SILVA et al., 2005), esse protocolo tem como objetivo melhorar o desempenho da rede evitando colisões onde baseia-se na escuta do canal antes de efetuar uma transmissão (MOSTARDINHA, 2004).

Então sempre que o emissor quer enviar um determinado pacote para o destinatário ele verifica se o canal está ocioso, se estiver ocioso ele inicia a transferência (SILVA et al., 2005), caso o meio estiver ocupado ou for detectado colisão o emissor aguardará um tempo aleatório e tentará enviar o pacote novamente, o tempo de espera aleatório tem como objetivo evitar colisões em casos onde existem mais de um emissor tentando enviar pacotes ao mesmo destinatário (MOSTARDINHA, 2004).

2.3.3 Redes *wireless*

A palavra *wireless* é originada do inglês que significa sem-fio, as redes sem fio *Wireless Local Area Network* (WLAN) tiveram origem devido a necessidade militar de haver troca de informações seguras entre as tropas, com a evolução tecnológica deixou de ser estritamente militar e passou a ser comum, disponível em universidades, empresas e residências (FARIAS, 2005).

Já a rede pessoal sem fio ou *Wireless Personal Area Network* (WPAN) são redes de pequeno alcance utilizada para interligar dispositivos eletrônicos, eliminando necessidade de cabos (SILVA, 2008), como por exemplo mouse, teclado, impressoras, câmeras fotográficas e digitais, entre outros (BUSCH, 2008). São redes que não necessitam de cabo para efetuar uma conexão, conectam entre si utilizando radiofrequência onde os dados são modulados e transmitidos através de uma onda eletromagnética (SILVA, 2008).

Como a WLAN utiliza ondas de rádio AM/FM deve seguir os padrões estipulados por lei. O responsável por regular o uso dos dispositivos WLAN é o *Federal Communications Commission* (FCC), quem cria e adota os padrões é *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) (FARIAS, 2005).

Segundo Farias (2005), podemos visualizar na tabela 1 os padrões mais conhecidos:

Tabela 1 - Padrões IEEE mais conhecidos

Padrão	Características
IEEE 802.11	Criado em 1994, foi o padrão original. Oferecia taxas de transmissão de 2 Mbps. Caiu em desuso com o surgimento de novos padrões.
IEEE 802.11b	Taxas de transmissão de 11Mbps. Largamente utilizada hoje em dia. Opera em 2.4Ghz. Alcance de até 100m indoor e 300m outdoor. Mais voltado para aplicações indoor. Tende a cair em desuso com a popularização do 802.11g.
IEEE 802.11a	Taxas de transmissão de 54Mbps. Alcance menor do que a 802.11b. Opera em 5Ghz. Alcance de até 60m indoor e 100m outdoor. Mais voltado para aplicações indoor. Seu maior problema é a não compatibilidade com dispositivos do padrão b, o que prejudicou e muito sua aceitação no mercado.
IEEE 802.11g	Taxas de transmissão de 54Mbps podendo chegar em alguns casos a 108Mbps. Opera em 2.4Ghz. Mais voltado para aplicações indoor. Reúne o melhor dos mundos a e b. (alcance x taxa).
IEEE 802.16a	Criado em 2003. Popularmente conhecido como Wi-Max. Voltado exclusivamente para aplicações outdoor. Alcance de até 50Km. Taxas de transmissão de até 280 Mbps.

Fonte: Farias (2005).

Em redes sem fio WLAN não é possível utilizar o protocolo CSMA/CD pois é utilizado apenas em redes *Ethernet*, então o protocolo adotado para redes sem fio é o CSMA/CA (RUELA, 2009).

2.3.4 Protocolo 802.15.4

O protocolo 802.15.4 vem sendo promovido e aprimorado pela Zigbee *alliance*, união que também é responsável por efetuar testes e melhorar operações entre dispositivos de fabricantes diferentes (UFRJ, 2010).

Segundo Antunes (2012), o IEEE 802.15.4 é um padrão utilizado em redes pessoais sem fio WPAN que possuem baixa potência e custos reduzidos,

além de ser muito bem aplicada em sistemas embarcados por possuir um consumo de energia muito baixo.

Para a utilização do protocolo existe dois métodos de rede: *beaconing* e *non-beaconing* (RUA et al., 2016).

O modo *beaconing* tem como objetivo deixar o equipamento dormindo (*sleep*) e de tempos em tempos os dispositivos responsáveis pelo roteamento irão transmitir uma sinalização para os demais dispositivos da rede, como os demais dispositivos também estarão dormindo, deve-se configurá-los para perceber essa sinalização. Para controlar o acesso aos canais é utilizado o protocolo CSMA/CA, case seja a aplicação trabalhe em baixa latência deve-se utilizar o *Guaranteed Time Slot* (GTS) é um método que garante que a tarefa seja efetuada sem atraso (SANTOS, 2013).

No modo *non-beaconing* normalmente é utilizado em aplicações onde não é viável o uso do modo *beaconing* devido à dificuldade em obter a sincronia dos *frames*, então é adotado o modo *non-beaconing*, para controlar o acesso aos canais é utilizado o *ALOHA (unslotted)* CSMA/CA (SANTOS, 2013). No modo *non-beaconing* a maioria dos dispositivos de rede ficam ativos fazendo com que gaste mais energia (RUA et al., 2016).

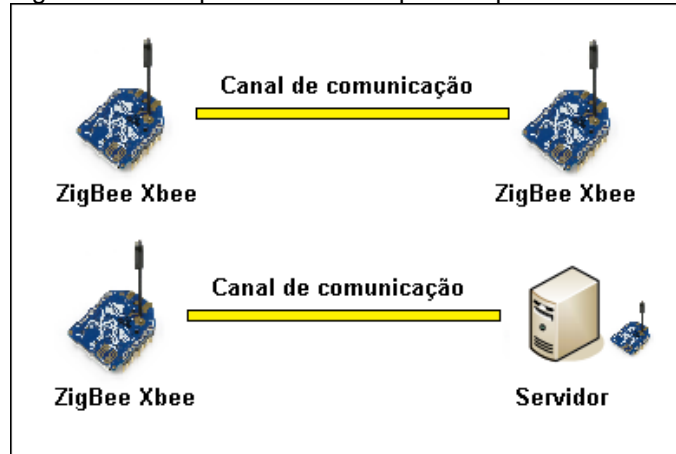
2.3.5 Topologias de rede

As redes de computadores estão presentes em nossas vidas e são utilizadas para transportar informações de um ponto a outro, a forma que esses dispositivos são interligados é que definem a arquitetura da rede. Esses dispositivos podem ser interligados tanto do ponto de vista físico ou lógico, onde a topologia física é como esses dispositivos são conectados, formando uma estrutura de rede que pode ser chamada de nós ou nodos. A topologia lógica é a maneira que os dados são transmitidos pela rede de um dispositivo para o outro sem ter a interligação física dos dispositivos (UNIP, 2017).

2.3.7.1 Ponto a ponto

É a topologia mais simples que pode ser representada pela conexão entre dois computadores através de um meio qualquer onde exista um emissor e um receptor como pode ser visto na representação gráfica da figura 6 (MEGGER, 2011).

Figura 6 - Exemplo de uma rede ponto a ponto.



Fonte: Do autor.

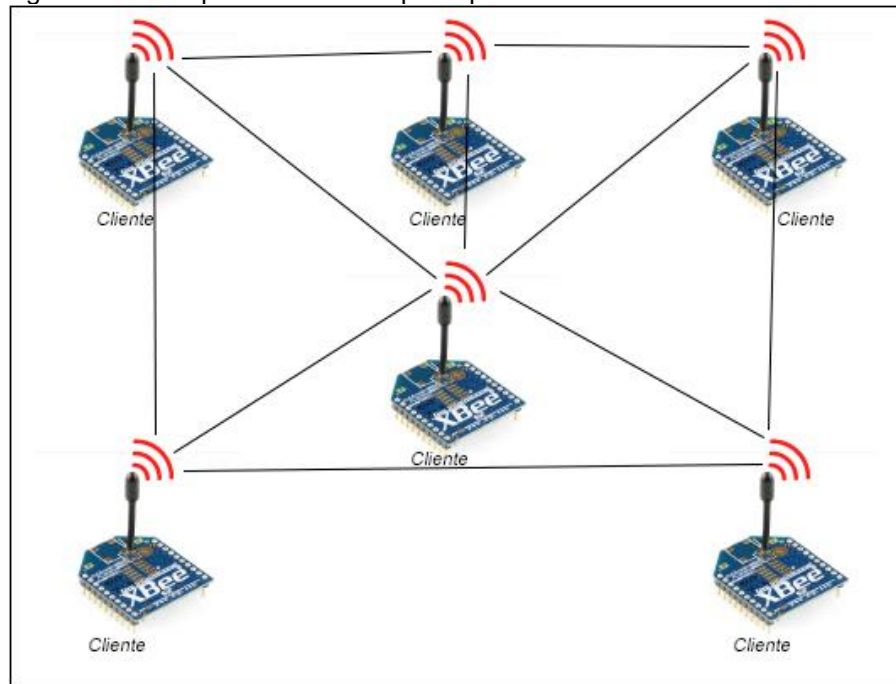
Conforme representado na figura 6, uma conexão simples e direta entre um dispositivo a outro dispositivo, podendo ser de um dispositivo a um servidor.

2.3.7.2 Multiponto

Segundo Guerber (2009), esse tipo de topologia possibilita estabelecer a conexão de um ponto central com vários outros pontos formando uma rede, assim podendo enviar pacote de informações para todos os pontos conectados à rede estabelecida.

Essa conexão estabelecida cria apenas um canal de comunicação, quando o pacote é enviado todos os que estiverem conectados à rede recebem esse pacote, dentro desse pacote existe uma informação que é o endereço do destinatário sempre que a máquina recebe o pacote ela analisa esse campo, no entanto apenas o destinatário irá processar o real conteúdo do pacote os demais irão ignorar, podemos ver uma representação gráfica de uma rede multiponto na figura 7 (JAIRO, 199-?).

Figura 8 - Exemplo de uma rede par a par ou P2P.



Fonte: Do autor.

Conforme visto na figura 8, todos os Zigbee podem se conectar uns aos outros pois cada um pode ser cliente ou servidor assim formando uma rede sem a necessidade de um outro equipamento para exercer a função de servidor.

2.3.6 ZigBee xbee pro

A tecnologia Zigbee surgiu em 2002 através da união de um grupo de fabricantes com o objetivo de sanar uma necessidade do mercado que era uma tecnologia de *Home area network* (HAN) de baixo custo e banda estreita utilizando a norma IEEE 802.15.4. Essa união foi nomeada de Zigbee *alliance*, nome que provavelmente originou da forma ao qual a norma 802.15.4 funciona quando implementada em uma rede que permite os dispositivos se comunicarem em modo de roteamento, forma muito semelhante as abelhas que voam randomicamente para informar as outras abelhas como encontrar pólen (STOLL, 2008).

Segundo Streeton e Stanfield (2005, apud MANSIGNORE, 2007), algumas características do Zigbee que vem fazendo com que ele seja uma das melhores soluções para redes WPAN e HAN:

- a) baixo consumo de bateria;
- b) operação nas frequências 2.4GHz, 868MHz e 915MHz;

- c) número elevado de dispositivos conectados a mesma rede;
- d) protocolo simples, podendo ser implementado em qualquer microcomputador;
- e) taxa de dados até 250kb/s.

Conforme a representação da tabela 2, podemos ver a comparação do *bluetooth* com o Zigbee, lembrando que o Zigbee não veio para substituir a tecnologia *bluetooth*, no entanto são ambas redes sem fio onde o Zigbee é indicado para aplicações independente para monitorização e sensorização de sistemas, já o *bluetooth* para aplicações onde requer uma taxa de transferência maior para envio de áudio ou música (MONSIGNORE, 2007).

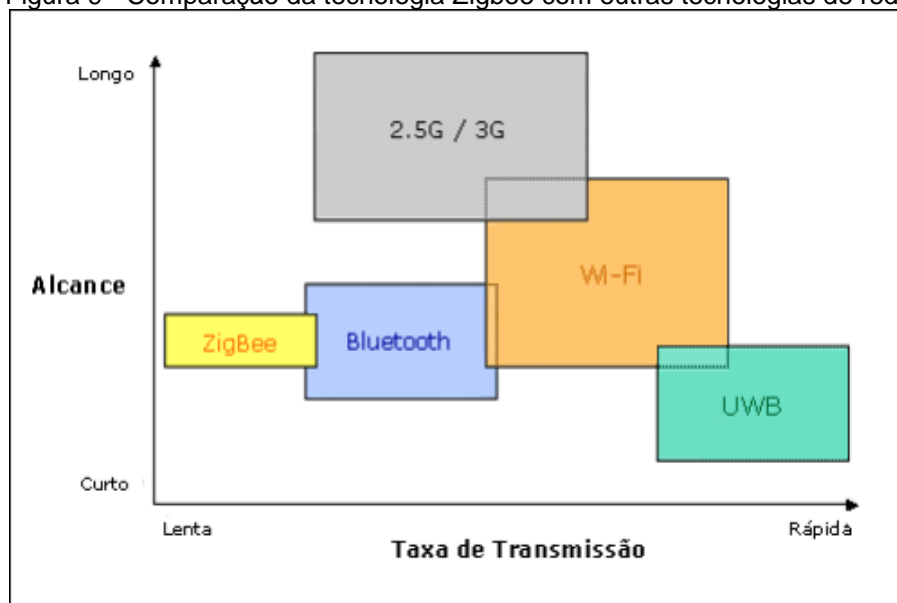
Tabela 2 - Comparação entre *bluetooth* e zigbee.

Especificações	Camada física	Taxa	Duração das baterias	Recurso	Nós	Alcance
Bluetooth	802.15.1	1Mbs	1 a 7 dias	~250KB	7	1 a 10m
ZigBee	802.15.4	250kbps	100 a 1000 dias	4 a 32KB	65535	100m

Fonte: Malafaya, Tomás e Souza (2005).

No mercado de tecnologia existe outros padrões de redes sem fio, para termos uma noção em relação a distância e velocidade do Zigbee comparada a outras tecnologias (figura 9).

Figura 9 - Comparação da tecnologia Zigbee com outras tecnologias de rede sem fio.



Fonte: Frias (2004).

Conforme representado na figura 9 podemos ver que o zigbee está bem atrás das outras tecnologias em relação a velocidade de transmissão, e também possui um alcance não muito longo, mas o que faz dele uma boa tecnologia é a sua aplicação.

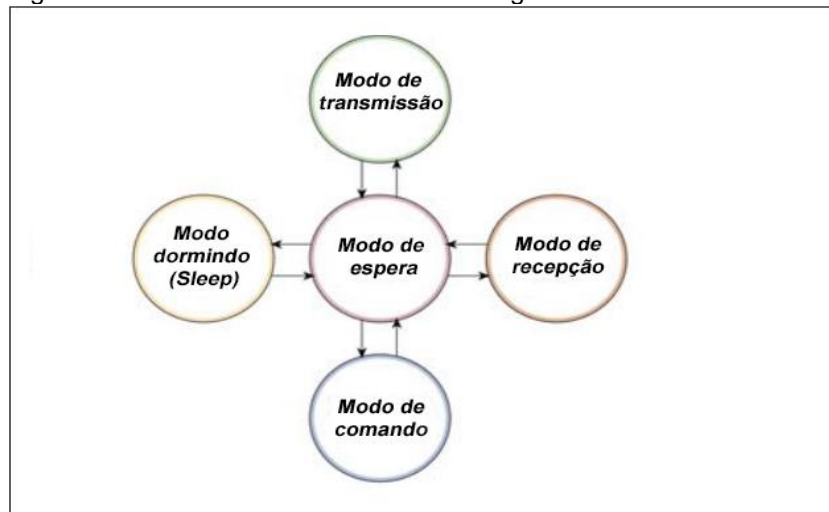
2.3.8.1 Modos de operação

Segundo a MaxStream (2007), o módulo XBee pro opera em cinco modos:

- a) modo de espera: quando não está sendo enviado ou recebendo nenhum dado;
- b) modo de recepção: Quando o equipamento está recebendo dados;
- c) modo de transmissão: Quando o equipamento está transmitindo dados. Existem duas formas de transmitir informações. Direta, onde os dados são transmitidos na hora. Indireta, onde os dados aguardam para serem enviados. Eles serão transmitidos somente quando o endereço de destino solicitar os dados;
- d) modo de comando: Utilizado para modificar ou ler parâmetros;
- e) modo dormindo (*Sleep*): Permite que o equipamento entre em um estado de consumo baixíssimo de bateria quando não estiver em uso.

Podemos ver na representação gráfica da figura 10 os cinco modos de funcionamento.

Figura 10 - Modos de funcionamento do ZigBee XBee Pro.



Fonte: MaxStream (2007, tradução nossa).

Conforme representado na figura 10, a interação entre os modos de operação, onde o modo de espera é o modo central que acessa todos os outros modos conforme as interações ao dispositivo, então sempre que acessar o modo de transmissão, recepção, comando ou dormindo quando terminar a tarefa, voltará para o modo de espera aguardando uma nova ação.

3 TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO

No início da internet, com a precariedade de ferramentas, todos os sites eram estáticos desenvolvidos utilizando a linguagem *HyperText Markup Language* (HTML), páginas que não ofereciam muita interação para os usuários (RIBEIRO et al., 20--).

Na atualidade com a grande evolução das tecnologias encontramos disponível uma grande diversidade de ferramentas para que possibilita um desenvolvimento de uma página web ou aplicativo móvel, com páginas interativas e dinâmicas (VARELA, 2008).

3.1 HYPERTEXT MARKUP LANGUAGE (HTML)

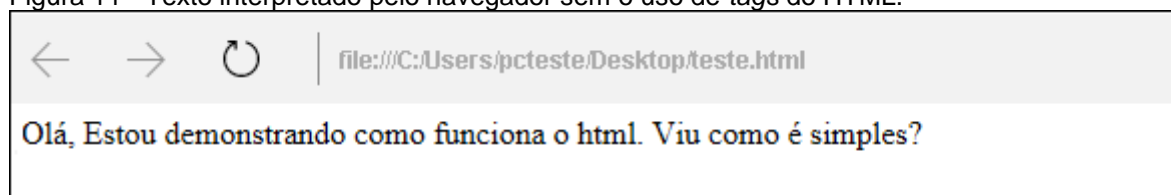
Criada em 1989 pelo físico Tim Berners-Lee, é uma linguagem de marcação de texto muito utilizada para formatar páginas web. Essas marcações são muito simples. Para criar ou editar basta utilizar qualquer editor de texto puro como bloco de notas, salvar o arquivo como index.html, e visualizar o que foi criado, abrindo o arquivo em qualquer navegador (MARTINS, 2011).

O HTML é composto por *tags*, então cada *tag* é responsável por alguma ação nas marcações realizadas, para utilizarmos uma *tag* devemos seguir a seguinte sintaxe <MinhaTag> e para indicar o final da *tag* </MinhaTag> (CARVALHO, 2004).

Para conhecer o comportamento do navegador com relação ao conteúdo recebido vamos simular um texto com o uso das marcações HTML e um texto sem utilizar o HTML, veremos o resultado para o seguinte conteúdo:

Olá,
Estou demonstrando como funciona o HTML.
Viu como é simples?

Figura 11 - Texto interpretado pelo navegador sem o uso de *tags* do HTML.



Fonte: Do autor.

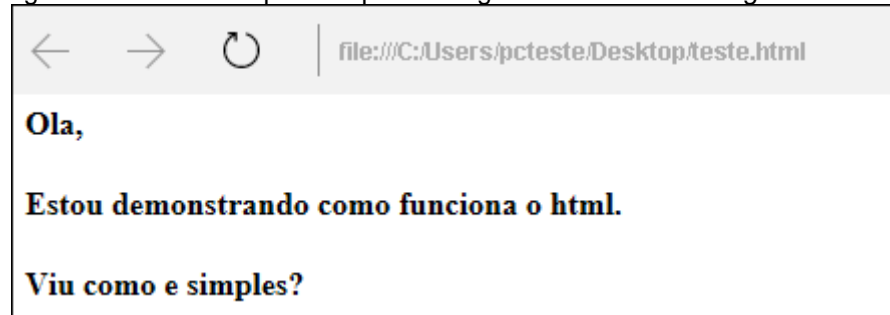
Visto na figura 11 o texto de forma confusa, pois não houve nenhum tratamento de formatação, o navegador apenas pegou o texto e mostrou ao usuário.

Agora a simulação com um texto utilizando *tags*:

```
<html>
<head>
<title>titulo</title>
<meta charset="utf-8">
</head>
<body>
<h4>Ola,</h4>
<h4>Estou demonstrando como funciona o html.</h4>
<h4>Viu como e simples?</h4>
</body>
</html>
```

Conforme a representação da figura 12 podemos visualizar o retorno do navegador.

Figura 12 - Texto interpretado pelo navegador com o uso de *tags* do HTML.



Fonte: Do autor.

Após a utilização do HTML o texto ficou formatado, possibilitando uma melhor visualização do conteúdo a ser exibido (figura 12).

Segundo Souza (2013), o HTML evoluiu por sete versões desde que foi criado: HTML; HTML +; HTML 2.0; HTML 3.0; HTML 3.2; HTML 4.0; HTML 4.01; HTML 5.

Atualmente encontra-se na versão 5.0 que é muito eficaz pois não necessita a instalação de *plugins* para carregar determinados conteúdos como áudio e vídeo além de ser muito mais rápido (FERREIRA; EIS, 2012).

O HTML5 possibilita o trabalho em conjunto com o javascript e CSS permitindo a manipulação de suas características através de suas APIs, de uma forma a qual a aplicação fique rápida e funcional (FERREIRA; EIS, 2012).

3.2 CASCADING STYLE SHEETS (CSS)

Devido à grande dificuldade de manipulação das páginas web, em 1994 Hakon Wium Lie criou o CSS, recurso que veio para facilitar o desenvolvimento de páginas web facilitando a manipulação da aparência (MARTINS, 2011).

As CSS têm por finalidade devolver à marcação HTML/XML o propósito inicial da linguagem. A HTML foi criada para ser uma linguagem exclusivamente de marcação e estruturação de conteúdo. Isso significa que, segundo seus idealizadores, não cabe à HTML fornecer informações ao agente do usuário sobre a apresentação dos elementos. Por exemplo: cores de fontes, tamanhos de textos, posicionamentos e todo o aspecto visual de um documento não devem ser funções da HTML. Cabem às CSS todas as funções de apresentação de um documento, e essa é sua finalidade maior. Daí a já consagrada frase que resume a dobradinha CSS + HTML: "HTML para estruturar e CSS para apresentar." (SILVA, 2012, p.25).

Podemos visualizar na representação gráfica da figura 13 um exemplo de da estrutura do CSS.

Figura 13 - Exemplo de uma estrutura de css.

```
.css-estilo{  
    background-color: white;  
    color: black;  
    width: 120px;  
    border-radius: 30px;  
    margin: 10px;  
}
```

Fonte: Do autor.

Como é descrito na figura 13, podemos notar que com poucas linhas de programação é possível alterar de forma significativa o layout onde o css-estilo for utilizado, vai alterar a cor do fundo, cor da fonte, tamanho do objeto, arredondamento das bordas e adicionar uma margem.

Atualmente o CSS encontra-se na versão 3, com novas propriedades incríveis que possibilita a criação de muitos efeitos visuais como por exemplo o border-radius que arredonda os cantos, efeito que antes era feito incorporando imagens a página, o que tornava pesada (POPLADE, 2010).

3.3 HYPERTEXT PREPROCESSOR (PHP)

Uma linguagem *open source* muito utilizada que permite a criação de páginas web podendo ser embutida dentro do corpo do HTML como podemos visualizar na representação gráfica da figura 14 (PHP, 2017).

Figura 14 - Exemplo de um código PHP embutido em um corpo do HTML.

```
<!DOCTYPE HTML>
<html>
  <head>
    <title>Exemplo</title>
  </head>
  <body>

    <?php
      echo "Olá, eu sou um script PHP!";
    ?>

  </body>
</html>
```

Fonte: PHP (2017).

Como podemos visualizar na figura 14, o código PHP foi inserido diretamente no HTML, no entanto o que diferencia ele de linguagens semelhantes com o Javascript é que o PHP pode ser executado diretamente no servidor (PHP, 2017).

O PHP é exatamente ao contrário do HTML, pois processa as informações no servidor e retorna apenas o resultado processado, isso permite proteção ao código fonte da página pois não são acessíveis para quem acessar a página (NIEDERAUER, 2016).

Em relação a armazenamento de dados o PHP possui diversas opções de banco de dados para se trabalhar em conjunto, entre eles temos o MySQL, Postgres, Sybase, Oracle entre outros (NIEDERAUER, 2016).

3.4 JAVASCRIPT EM APLICAÇÕES WEB

O Javascript foi lançado em 1995, linguagem que foi criada pela Netscape em parceria com a Sun Microsystem, tinha o objetivo de fornecer interatividade às

páginas, teve sua primeira versão lançada nos navegadores da Netscape (SILVA, 2010).

O HTML é uma boa ferramenta, no entanto é limitado a criar rótulos e campos para que possam ser preenchidos pelo usuário, não consegue processar essas informações e enviar para o servidor, então para isso é necessário a utilização de outra linguagem que trabalhar em conjunto como PHP, ASP, Javascript, Ruby, Python, entre outras, como por exemplo o Javascript, recebe as informações do HTML processa e envia para o servidor (SILVA, 2010, p.23).

Segundo Grillo e Fortes (2008), o Javascript é uma linguagem muito utilizada no mundo para o desenvolvimento de páginas web, muitas pessoas acreditam que Javascript é um complemento do HTML, mas na verdade ele é uma linguagem que possui o propósito de deixar as páginas dinâmicas e interativas, podemos citar a empresa Google que utiliza essa linguagem em muitos dos seus projetos como por exemplo: *Google maps*, *Google search* e o *gmail* que são um grande sucesso devido a sua interatividade.

3.5 APACHE CORDOVA

Um framework utilizado para a criação de aplicativos híbridos, fornecendo um APIs para acessar os recursos como câmera, geolocalização, Bússola entre outros dispositivos periféricos de um smartphone. Possui compatibilidade com inúmeras plataformas como Android, iOS, Windows Phone, BlackBerry, Ubuntu, Firefox OS, WebOS e FireOS (ROCHA, 2015).

3.6 IONIC FRAMEWORK

Um framework de código aberto que possibilita o desenvolvimento de aplicações híbridas para dispositivos móveis utilizando as tecnologias de desenvolvimento web com HTML 5, CSS e Javascript (DRIFT, 2016).

Aplicações híbridas são páginas web modeladas para rodar em um Webview no dispositivo móvel, assim o mesmo aplicativo pode ser suportado em diversas plataformas (ROCHA, 2015).

O Ionic é responsável pela parte gráfica e interatividade da aplicação utilizando HTML, CSS e Javascript, para que possa acessar os dispositivos

periféricos do smartphone é necessário a utilização do Cordova em conjunto com o Ionic (ROCHA, 2015).

3.7 MYSQL

O homem sempre se deparou com a necessidade de registrar tudo aquilo que acha importante, então cada geração tinha sua forma de guardar essas informações, nos primórdios era feito pinturas, após essa fase passou-se a utilizar a escrita com o papiro, já nos últimos séculos tem-se utilizado muito o papel, mas aos poucos vem sendo substituído por um método virtual de guardar informações que pode-se chamar de bancos de dados (FERRARI, 2010).

Para armazenar esses dados podemos utilizar o MYSQL, que é uma das ferramentas de Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) mais populares no mundo. Além de ser muito utilizada possui licença gratuita e código aberto onde usuários podem estudá-lo ou alterá-lo como quiser. O MYSQL possui suporte a muitos sistemas operacionais como Linux, FreeBSD, Mac OS X e Windows (ORACLE, 2017).

4 TRABALHOS CORRELATOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram pesquisados trabalhos semelhantes, dentro de um âmbito nacional e internacional, tendo como base outros projetos que já foram realizados para haver maior embasamento.

4.1 SISTEMA DE CONTROLE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA COBRANÇA VIA COMPRA DE CRÉDITOS PRÉ-PAGOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS

Esse trabalho foi desenvolvido por Luigi Maestrelli como trabalho de conclusão do curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense no ano de 2014, tem objetivo de solucionar alguns problemas no sistema de distribuição que existe atualmente, em relação a cobrança e bloqueio do consumo de água onde é necessário o deslocamento de um colaborador até o local para efetuar o corte da água, trabalho que gera custos a empresa de distribuição.

A forma proposta para sanar esse problema seria a criação de um circuito que iria controlar o fornecimento de água para a residência relativamente aos créditos do cliente, quando os créditos acabassem seria bloqueado o fornecimento de água, para liberar somente com uma recarga que poderia ser efetuada a partir de um dispositivo móvel (MAESTRELLI, 2014).

4.2 HIDRÔMETRO DIGITAL COM TRANSMISSÃO DE DADOS VIA INTERNET

Artigo científico desenvolvido em 2014 por Edner Moya Requena Junior, Edmaicon Alexandro Coutinho, Luiz Henry Monken e Silva para a VII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, educandos da faculdade UniCesumar Centro Universitário de Maringá, tem como objetivo um projeto para renovar o sistema de medição utilizado pelas empresas de abastecimento de água atualmente por ser algo ultrapassado, onde o protótipo irá poder mostrar em tempo real o consumo de água da residência.

O principal objetivo do projeto é criar o dispositivo que irá efetuar a medição do fluxo de água através de um sensor de fluxo eletrônico do tipo turbina, o que possibilita pegar as informações de consumo de água da residência, dados que

iriam ficar disponível através de canal de transmissão que seria a internet (REQUENA JUNIOR; COUTINHO; SILVA, 2014).

4.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA DOMÉSTICO COM A UTILIZAÇÃO DE UM HIDRÔMETRO DIGITAL

Este trabalho foi criado por Cauã Barneze Rocha, Henrique Simião Ferreira, Leandro Ferreira Heroso e Rafael Henrique Zaleski como trabalho de conclusão de curso para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná em 2014, o objetivo de estudo deste trabalho é proporcionar às pessoas maior controle da água que está sendo consumida na residência, assim o usuário irá consumir de forma consciente e sustentável.

O objetivo principal do trabalho era criar um dispositivo que iria mostrar ao usuário as informações do consumo de água, utilizando um hidrômetro digital que seria responsável pela medição do consumo da água, um aplicativo compatível com a plataforma android podendo ser utilizado em um tablet ou smartphone, seria possível através do aplicativo desenvolvido coletar as informações de consumo, de modo que o usuário pudesse ter mais conscientização do consumo racional da água (ROCHA et al., 2014).

4.4 MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES PREDIAIS

Esse trabalho foi desenvolvido por Paula Cristina de Souza Batista como monografia apresentada ao curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto no ano de 2013, tem como objetivo mostrar um soluções ao problema no sistema de medição coletiva em edifícios, instalação que é muito comum em prédios mais antigos, no final do mês a conta era dividida entre todos os inquilinos do edifício, situação que é um pouco injusto pois em um caso onde uma família de três pessoas que economiza no consumo d'água irá pagar o mesmo valor do que uma família de 6 pessoas (BATISTA, 2013).

A solução apresentada são métodos de controle, onde seria efetuada a instalação de um hidrômetro para cada apartamento, logo e a medição do consumo seria feita individualmente, o resultado dessa medição poderia ser obtido através de

telemetria ou radiofrequência, com isso poderia consultar no celular o que vem sendo consumido (BATISTA, 2013).

4.5 SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO PARA GESTÃO EFICIENTE DA IRRIGAÇÃO

Esse trabalho foi desenvolvido por Helder Filipe de Brito Neves como mestrado apresentada ao curso de Engenharia da Universidade da Beira Interior de Portugal em 2009. A água potável é muito importante para um futuro sustentável, sendo que a agricultura é responsável por um grande desperdício de água, o trabalho proposto tem como objetivo definir um sistema embarcado de baixo custo e eficaz para uma gestão de irrigação do solo.

O principal objetivo é a monitorização da umidade do solo utilizando um sensor de umidade, os dados coletados serão transferidos utilizando comunicação sem fio com o protocolo de rede zigbee, todas as informações coletadas estarão disponíveis em um sistema para que seja possível efetuar uma análise e ter maior controle da umidade do solo (NEVES, 2009).

Com esse dispositivo será possível uma gestão de irrigação agrícola muito mais eficiente no uso da água e tal forma que evitaria o desperdício de modo que seria possível efetuar o plantio com apenas a umidade necessária, com isso gerando melhores resultados (NEVES, 2009).

5 DESENVOLVIMENTO

O trabalho consiste na criação de um protótipo para efetuar a telemetria do consumo de água em residências e edifícios, onde terá o equipamento instalado para contabilizar o consumo de água e transmitir essa informação através de uma rede que será criada pelos dispositivos Zigbee.

As informações de consumo coletadas serão centralizadas em uma base de dados que ficará disponível para acesso através de uma página web, onde vai mostrar de forma geral ou detalhada todas as coletas efetuadas.

O aplicativo criado terá como objetivo único coletar as informações de uma central. Caso esteja com algum problema de internet, pode haver uma coleta utilizando o aplicativo.

5.1 METODOLOGIA

O projeto deu início com o levantamento bibliográfico e pesquisa para agregar o conhecimento necessário para executar todas as etapas de desenvolvimentos do projeto.

A fundamentação teórica foi dividida em três partes para haver maior embasamento teórico e estruturar o trabalho. O estudo iniciou com pesquisas sobre a água no mundo, aprofundando-se nos componentes que seriam utilizados na montagem do projeto dando um entendimento maior.

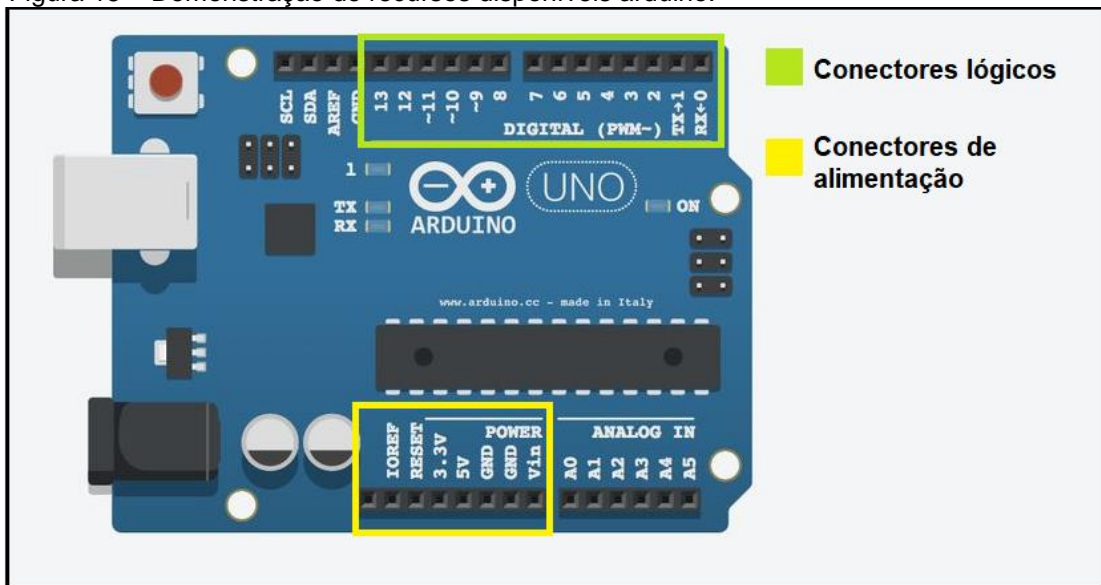
5.1.1 Hardware utilizados

O primeiro passo foi a escolha dos dispositivos a serem utilizados para a montagem do protótipo, foi escolhido o arduino uno, medidores de fluxo digital, xbee shield, Zigbee e um xbee USB Explorer, todos esses dispositivos citados foram necessários para demonstrar uma simples aplicação de como funcionaria o projeto na prática.

5.1.1.1 Arduino

Para a montagem do protótipo foi utilizado um microcontrolador ATMEGA16U2 que pode ser encontrado em arduino do modelo uno, equipamento que atende totalmente a necessidade do projeto por possui disponível para uso conectores de alimentação e conectores lógicos (figura 15).

Figura 15 – Demonstração de recursos disponíveis arduino.



Fonte: Do autor.

5.1.1.2 Medidor de fluxo digital

O sensor de fluxo escolhido foi o modelo YF-S201 que é fabricado pela empresa Sea, possui a capacidade de medir até 30 litros de água por minuto, com uma rosca de 1/2, este que possui três fios para conexão com o arduino: preto (GND), amarelo (OUTPUT) e vermelho (VCC).

O medidor de fluxo de água é um composto por um corpo de plástico, um rotor e um sensor de efeito hall (pagina 19), quando a água passar pelo rotor irá fazer com que ele gire, a cada giro o sensor de efeito hall será acionado fazendo com que pulsos sejam entregue ao arduino através do fio amarelo.

Para a instalação o medidor de fluxo possui uma seta no verso indicando para qual lado a água tem que fluir como podemos visualizar a representação gráfica da figura 16.

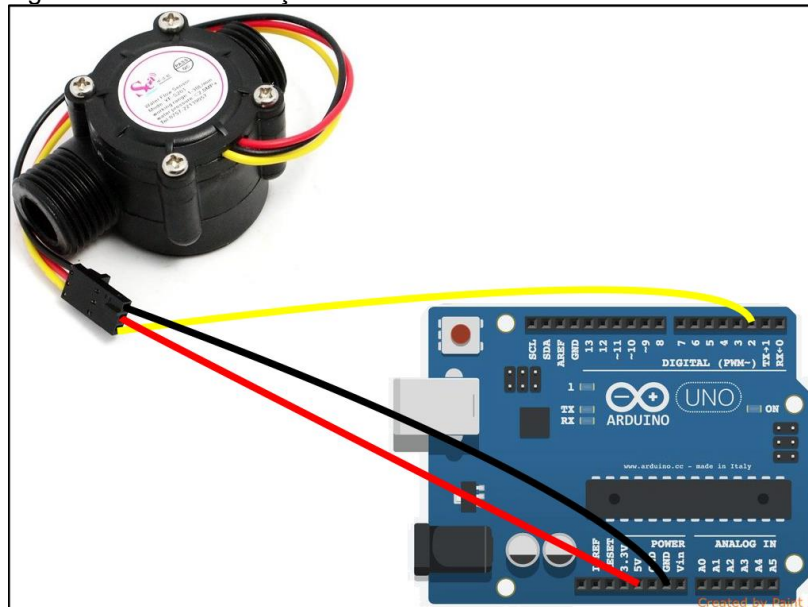
Figura 16 – Sentido do fluxo da água no medidor de fluxo.



Fonte: Do autor.

Para a montagem do projeto o primeiro passo foi a instalação do medidor de fluxo para trabalhar junto ao arduino.

Figura 17 – Demonstração de conexão entre medidor de fluxo e arduino.



Fonte: Do autor.

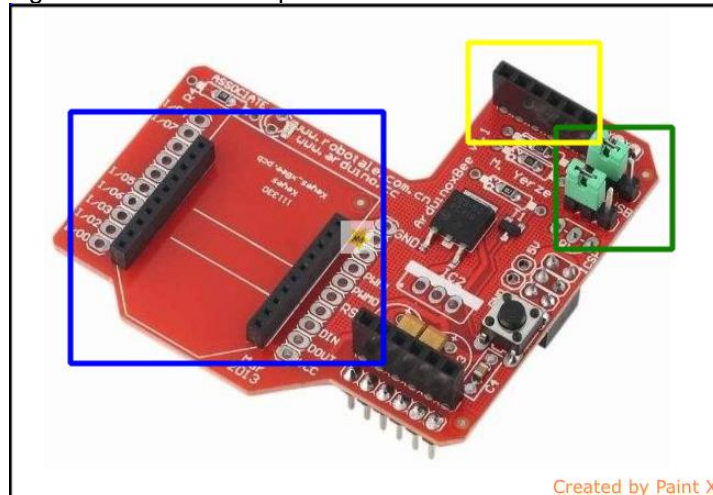
Na figura 17 podemos visualizar como foi feita a ligação entre os fios disponibilizados pelo medidor de fluxo com o arduino, o fio vermelho e preto serve para alimentar o medidor, então foi ligado o fio preto com o conector GND, o fio vermelho com o conector 5v, já o fio amarelo tem como uso efetuar a leitura dos valores fornecidos pelo sensor então como é pré-definido pelas especificações deve ser conectado à porta 2.

A leitura dos valores fornecidas pelo sensor de efeito hall é realizada através de interrupções externas, a cada um segundo é realizado a totalização dos pulsos e por fim a interrupção é desativada e realiza o cálculo do consumo.

5.1.1.3 Xbee Shield

O xbee shield é um componente criado para facilitar a comunicação do arduino com um modulo zigbee, possui uma estrutura com botão reset e conectores, liga de forma simples e confiável todos os pinos do modulo zigbee com o arduino, como pode ser visualizar a representação gráfica da figura 18.

Figura 18 – Recursos que serão utilizados do xbee shield.



Fonte: Do autor.

A figura 18 apresenta um xbee shield, e para seu correto funcionamento é necessário conhecer três informações, a parte selecionada em azul será inserido o zigbee, em amarelo são extensões das portas digitais do arduino e finalmente em verde é um *jumper* que possui como objetivo definir se o *shield* vai usar a comunicação zigbee ou vai estar em modo de configuração para ser acessado pela USB.

5.1.1.4 Xbee Explorer USB Adapter

O Xbee Explorer USB adapter é o dispositivo que vai ser utilizado para efetuar a comunicação entre o computador e o modulo Xbee, através de um cabo USB o Xbee estará acessível tanto para o software de configuração quanto para o

serviço que irá gerenciar o recebimento dos pacotes de dados que serão enviados pelos demais módulos da rede que estarão trabalhando em modo de roteamento (figura 19).

Figura 19 – Modulo Xbee acoplado ao explorer USB adapter.



Fonte: Do Autor.

Visto na figura 19, o Xbee *Explorer USB adapter* com um modulo Xbee inserido pronto para a conexão via USB.

5.1.1.5 Zigbee

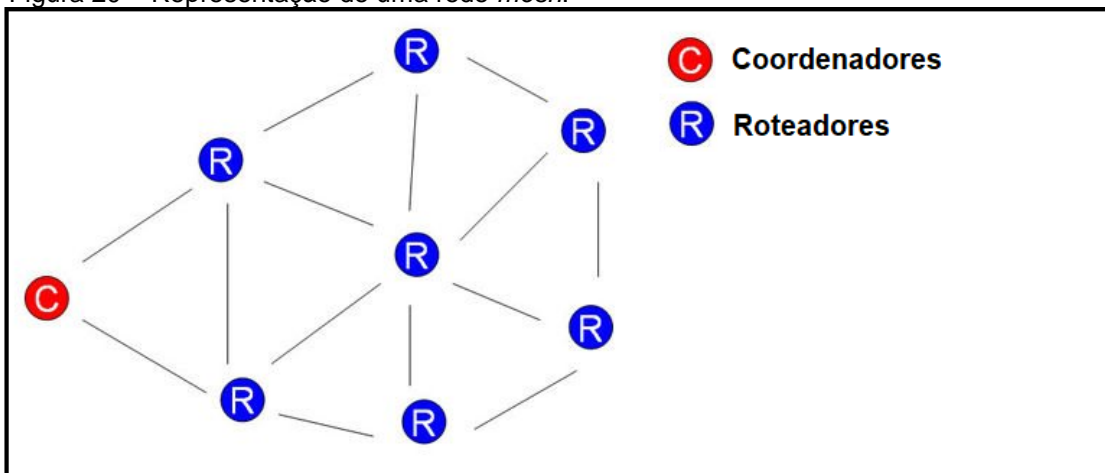
O modulo zigbee escolhido foi o modelo Xbee Pro S2, dispositivo fabricado pela empresa Digi, um componente de ótima relação com custo benefício a criação de redes wireless de circuitos eletrônicos.

O Xbee Pro S2 é indicado para aplicações onde o consumo de energia é um fator crítico, possui uma interface *Serial Peripheral Interface (SPI)* que facilita muito a configuração e uso reduzindo o tempo de projeto.

5.1.1.5.1 Rede Mesh

Para a estrutura de rede do projeto foi escolhido a rede *Mesh*, rede que é similar a configuração de uma rede árvore, possuindo a habilidade de rotear pacotes através de múltiplos dispositivos, ou seja todos os dispositivos possuem acesso igual ao meio de comunicação (figura 20).

Figura 20 – Representação de uma rede *mesh*.



Fonte: Do Autor.

Visto na representação gráfica da figura 20, possuímos em vermelho o ponto principal da rede que é chamado de coordenador que irá receber as informações dos roteadores, representado em azul os roteadores dispositivos que possuem acesso a todos que estão em seu raio de alcance, assim formando uma rede *mesh*.

5.1.1.5.2 Configurando o módulo Xbee

Para configuração dos módulos xbee S2 foi utilizado um software chamado XCTU disponibilizado pela empresa distribuidora dos módulos a Digi, uma ferramenta de fácil utilização com uma infinidade de recursos já implementado, basta configurar facilitando a criação de protótipos e reduzindo o tempo de projeto.

Para configurar o módulo, primeiramente precisamos dar *update* no *firmware* para a função a qual ele irá exercer, no caso o coordenador e roteador possuem seu *firmware*. No apêndice A pode-se visualizar a configuração utilizada para o módulo coordenador.

Conforme o apêndice A, os dois campos selecionados em vermelho *PAN ID* campo responsável por definir o código da rede ao qual os demais Xbee irão se conectar, e *Node Identifier* campo utilizado para nomear o dispositivo, um identificador, no exemplo foi atribuído "COORD". Os campos selecionados em verde são os campos responsáveis por definir qual é o método de conexão que será utilizado, por default o coordenador e o roteador vem configurado para trabalhar em

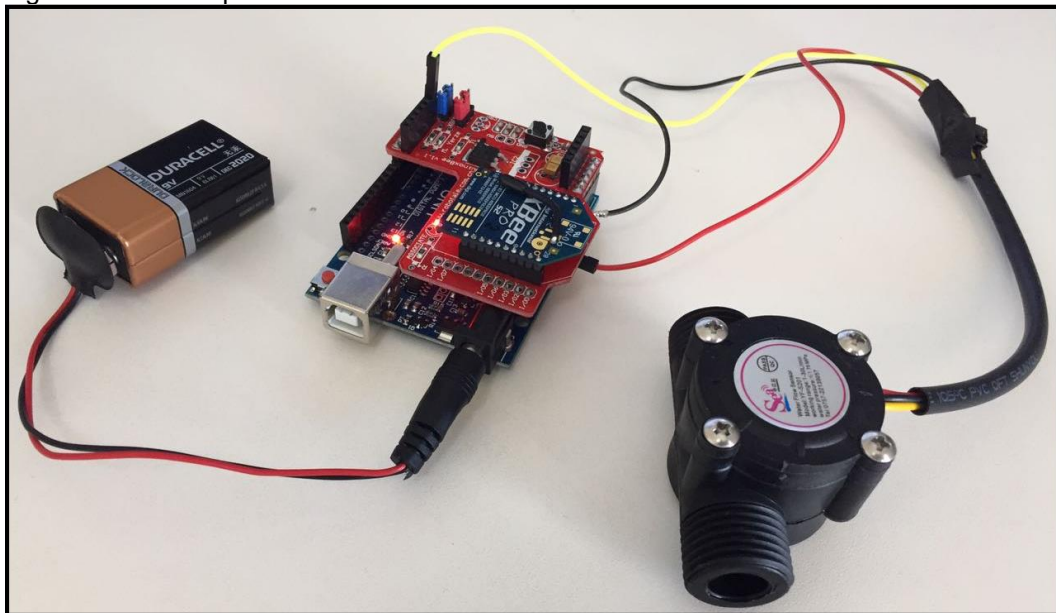
broadcast, onde irá receber dados de todos os dispositivos ao seu redor, seguindo a teoria de redes *mesh*.

Para os módulos roteadores basta informar o *PAN ID*, que seria o mesmo código de rede informado para o coordenador, e o campo *Node Identifier*, feito isso as configurações para os módulos estarão prontas.

5.1.1.5.3 Montagem

Como resultado o hidrômetro estará enviando informações para o arduino, dados que serão manipulados e enviados para seu destino utilizando o Xbee (figura 21).

Figura 21 – Protótipo montado.



Fonte: Do autor.

Conforme apresentado na figura 21 todos os componentes montados assim formando o protótipo, sendo alimentado por uma bateria 12v tornando-o um circuito independente de uma rede elétrica.

5.1.1.5.4 Emissor de dados

Para a emissão dos dados utilizando Xbee foram criadas as rotinas utilizando o software que é disponibilizado pela empresa mantenedora do arduino. O

primeiro passo foi a implementação da rotina “setup()” que tem como objetivo inicializar os valores e iniciais assim foi definido as portas e pinos que serão utilizados pela aplicação (figura 22).

Figura 22 – Evento *setup*.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Inicia a serial com um baud rate de 9600

  pinMode(2, INPUT);
  attachInterrupt(0, inpulso, RISING); //Configura o pino 2(Interrupção 0) para trabalhar como interrupção
}
```

Fonte: Do autor.

Visto na figura 22 a inicialização da porta serial, também a declaração de entrada para o pino dois e a configuração para trabalhar com interrupção.

Para efetuar os cálculos de consumo e manipular as informações em um json foi utilizado o evento “loop()”, faz exatamente o que seu nome indica, ele repete continuamente fazendo com que o programa funcione dinamicamente (apêndice B).

Com a contagem de pulso é possível chegar ao volume em litros consumidos em água, então a cada dez segundos os dados de coleta serão propagados na rede com destino ao coordenador (apêndice B).

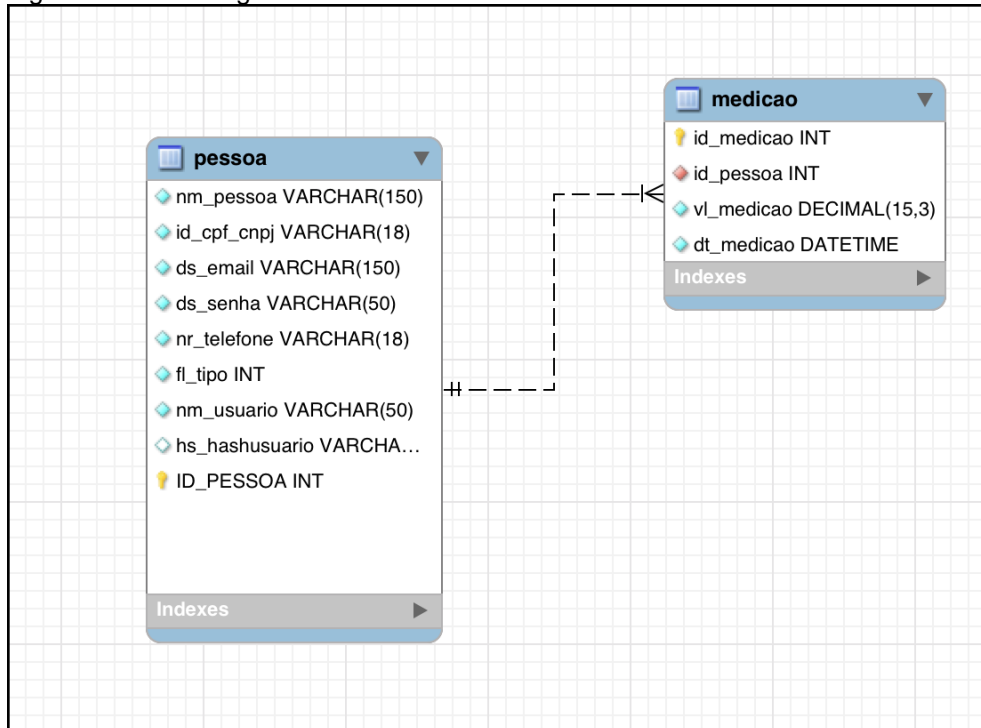
5.1.2 DESENVOLVIMENTO DAS FERRAMENTAS

Após o planejamento inicial estruturado e dos componentes devidamente instalados e configuradas, deu-se início ao desenvolvimento das ferramentas que irão receber os dados coletados pelos protótipos e armazena-los em um banco de dados.

5.1.2.1 Modelagem de dados

Para o desenvolvimento do banco de dados foi utilizado uma ferramenta chamada MySQL Workbench, que é um software livre disponibilizado pela Oracle disponível nas plataformas Windows, Mac OS X e Linux. O MySQL Workbench é uma ferramenta visual que concilia modelagem de dados e com uma fácil conversão para um banco de dados (figura 23).

Figura 23 – Modelagem de dados.



Fonte: Do autor.

Conforme visto na figura 23, foi criado uma estrutura de dados simples para fazer o controle de acesso ao portal e o controle de consumo de água por usuário.

5.1.2.2 Estrutura do servidor web e mobile

O servidor foi totalmente criado utilizando PHP, estrutura que é utilizada pelo aplicativo móvel e pela página web, na figura 24 podemos visualizar a estrutura do servidor.

Figura 24 – Estrutura do servidor da aplicação.

Nome	Data de Modificação	Tamanho	Tipo
api.php	22 de out de 2017 01:55	2 KB	TextWr...umer
medicao_inserer.php	20 de out de 2017 18:30	383 bytes	TextWr...umer
medicao.php	22 de out de 2017 17:01	3 KB	TextWr...umer
medicaoDetalhe.php	22 de out de 2017 22:49	1 KB	TextWr...umer
php	12 de set de 2017 23:57	--	Pasta
classes	16 de dez de 2016 11:49	--	Pasta
bd.php	16 de ago de 2017 23:19	563 bytes	TextWr...umer
Conexao.php	15 de jan de 2017 06:12	1 KB	TextWr...umer
Mysql.php	7 de fev de 2017 22:27	3 KB	TextWr...umer
usuario.php	10 de set de 2017 13:40	1 KB	TextWr...umer
usuarioCad.php	9 de set de 2017 22:21	1 KB	TextWr...umer

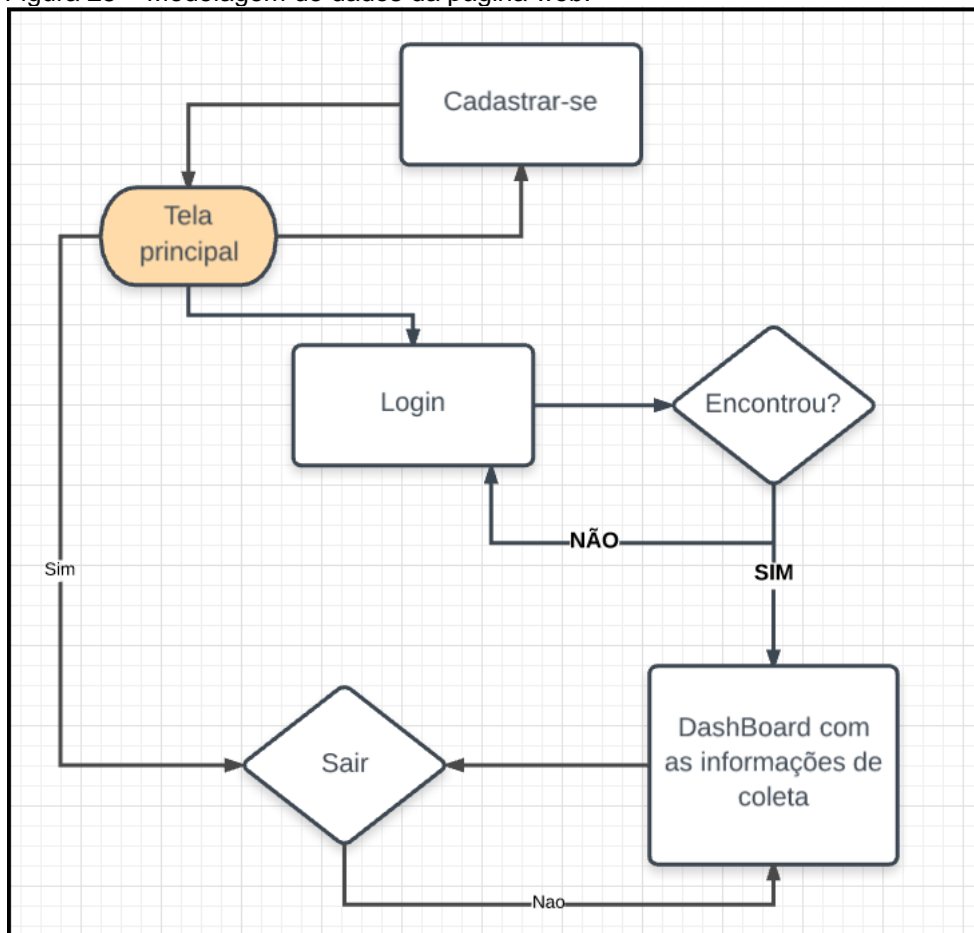
Fonte: Do autor.

Para acesso ao banco de dados foi criado um diretório php/class que contém todas as classes que foram implementadas para utilização do Mysql. O arquivo Mysql.php é responsável por fazer a manipulação dos dados obtidos, já o arquivo db.php chama as rotinas implementadas no arquivo conexão.php que tem a funcionalidade de efetuar a conexão com o banco (apêndice C).

5.1.2.3 Aplicação web

Para iniciar o desenvolvimento da ferramenta web foi criado um fluxograma conforme a figura 25.

Figura 25 – Modelagem de dados da página web.



Fonte: Do autor.

Para a construção da página foram utilizados alguns *frameworks* para facilitar o desenvolvimento com ótimos recursos para a obtenção de melhores resultados, para isso foi utilizado o JQuery, AngularJS.

5.1.2.3.1 Tela Inicial

Ao abrir a página através do arquivo `index.html` irá mostrar a tela inicial, possibilitando o usuário cadastrar-se ou efetuar o login, caso o usuário já tenha efetuado login no sistema automaticamente irá redirecionar para o *dashboard* (apêndice D).

Para efetuar o cadastro do usuário, algumas informações essenciais que devem ser preenchidas, após informar os dados ao clicar no botão “CADASTRAR” ou tentar efetuar o login informado o usuário e senha e clicar no botão “ENTRAR”, será efetuado uma requisição *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) (apêndice E).

No apêndice E pode-se visualizar o método `getUsuario`, responsável por efetuar o login e `cadUsuario` responsável por salvar as informações preenchidas no banco de dados, através de uma requisição *post*.

5.1.2.3.2 Dashboard

No *dashboard* existem dados informativo referente a toda a rede, como o consumo diário ou mensal, número de usuário que utilizam o serviço, consumo médio mensal em litros por usuário, quantidade de medições efetuadas, consumo médio para cada medição, número e percentual de pontos que não estão enviando as informações de coleta para a central (figura 26).

Figura 26 – *Dashboard*.



Fonte: Do autor.

O *dashboard* é elaborado a partir dos dados coletados, então abaixo dele terá uma lista detalhada do que está sendo coletado com o nome do consumidor, data e hora.

5.1.2.4 Servidor de coleta de dados

Para efetuar a comunicação entre os dispositivos zigbee da rede e inserir as informações no banco de dados foi utilizado nodeJS, uma ferramenta que oferece escalabilidade ao servidor, também é capaz de manipular milhares de conexões simultaneamente.

Para receber as informações dos pontos de coleta foi necessário um zigbee coordenador conectado ao computador utilizando um Xbee *explorer* USB *adapter*, deu-se então início ao desenvolvimento do serviço que iria receber os dados.

Foi implementado uma rotina que monitora a porta USB, então toda a informação recebida na porta, ao qual o zigbee está conectado será processada, os pontos de coletas irão enviar as informações em forma de json para que possa ser inserido no banco de dados.

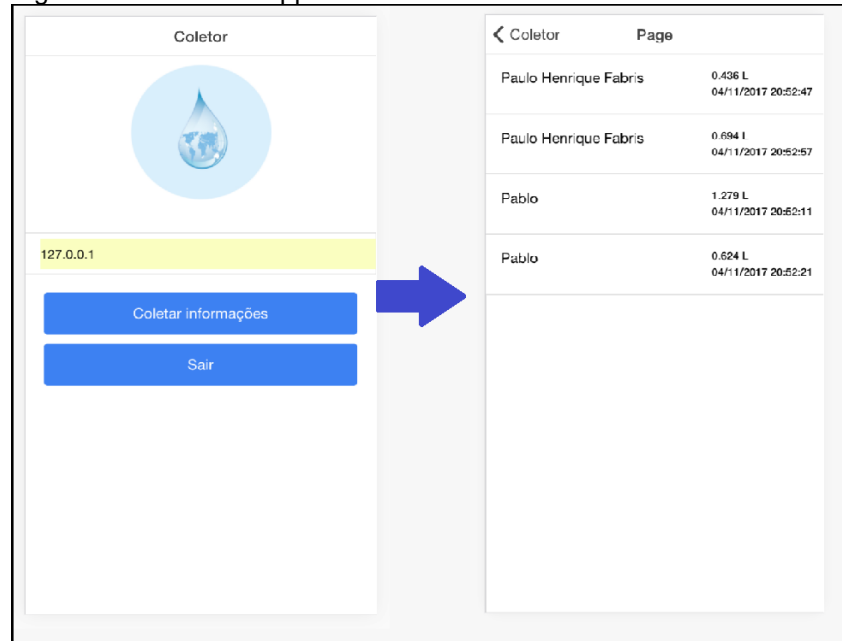
5.1.2.5 Aplicativo mobile

Para a implementação do aplicativo mobile, foi utilizado o Ionic 2, um framework que possibilita a criação de aplicativos híbrido utilizando tecnologias web como Css, HTML5 e software como serviço. Para facilitar no desenvolvimento foi utilizado o framework angularJS.

O aplicativo tem como objetivo listar as medições realizadas, seria um aplicativo utilizado pelos funcionários da empresa que controla o fluxo de informações das medições, então é efetuado uma requisição HTTP que irá importar todas as informações da máquina especificada, conforme mostra o código ilustrado no apêndice F.

Como a cidade seria dividida em zonas onde iria conter um computador responsável recebendo as informações, se por acaso houvesse um problema de internet seria necessário um técnico visitar o local com o dispositivo móvel, onde iria efetuar a conexão ao servidor e coletar as informações (figura 27).

Figura 27 – Visão do app.



Fonte: Do autor.

Com o app bastaria informar o *Internet Protocol* (IP) da máquina e clicar na opção “coletar informações”, será redirecionado para outra pagina, onde irá listar todas as informações coletadas da zona referente (figura 27).

5.1.3 TABELA DE CUSTOS

Para a montar do projeto foi necessário comprar alguns dispositivos eletrônicos utilizados para aplicação embarcada.

Na tabela 3 consta todos os produtos que foram usados para a criação do protótipo e validação da ideia em funcionamento, todos os produtos foram comprados no Brasil.

Tabela 3 – Lista de compras para montar o projeto.

Produto	Quantidade	Valor Unitário	Frete	Total
Modulo Xbee Pro S2 com antena	3	130,00	0,00	390,00
Xbee Shield	2	44,90	20,90	110,70
Xbee USB Explorer + cabo	1	57,99	0,00	57,99
Medidor de Fluxo	2	35,99	16,90	88,88
Kit arduino uno SMD R3 + protoboard	2	55,00	17,90	127,9
Bateria 9v duracell	2	22,50	0,00	45,00

Fonte: Do autor.

Totalizando R\$ 820,00, antes de efetuar a compra, foi feita uma pesquisa de preço na internet, e todos os itens listados foram comprados no site MercadoLivre, pois ofereceu melhores preços dentre outros sites que vendiam produtos no Brasil.

Além do gasto com os equipamentos para a montagem do projeto também foi necessário comprar alguns itens para montar uma estrutura e efetuar os testes do projeto em funcionamento (tabela 4).

Tabela 4 – Lista de compras para testar o projeto

Produto	Quantidade	Valor Unitário	Total
1m Tubo PVC 20mm	1	1,80	1,80
Joelho 90 graus	2	0,25	0,50
Luva ½	2	0,90	1,80
Flange	1	7,00	7,00
TE	1	0,50	0,50
Adaptador curto 20mm	2	0,50	1,00
Luva rosca 20mm	2	0,80	1,60
Torneira PVC	2	3,00	3,00

Fonte: Do autor.

Para efetuar os testes foi gasto R\$ 17,20, todos os produtos foram comprados em uma loja de material de construção da cidade de Criciúma. foi comprado apenas o essencial para validar a ideia.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A partir dos requisitos iniciais levantados, foi possível a elaboração de um material com excelente qualidade, sendo possível a abordagem de todos os temas necessários para a construção do projeto desde a parte de hardware até a parte de desenvolvimento de software e toda a teoria de comunicação de dados entre a plataforma web e os dispositivos Xbee.

Contudo durante os testes iniciais do desenvolvimento do protótipo foi necessário utilizar ar para simular uma corrente de água no sensor de fluxo fazendo com que a hélice entrasse em movimento de rotação acionando o sensor de efeito hall, assim podendo dar continuidade a todas as partes do projeto com uma simulação.

Após a conclusão do desenvolvimento da página web e aplicativo móvel com todos os sensores Xbee transmitindo as informações de consumo coletadas e enviando para a central por meio de uma rede privada, teve início a aplicação real da ideia, fazendo o uso de água para acionar as hélices e iniciar a contagem, após a aplicação real da ideia, foi realizado os últimos ajustes com relação a fórmula que era utilizada para calcular a quantidade de litros de água.

Para a validação da ideia, foi construído uma bancada com um reservatório de água que ficaria localizado acima dos hidrômetros para possuir uma boa pressão de escoamento, cada medidor possuía uma torneira individual para controlar o fluxo da água, os testes foram efetuados com dois litros de água, ao abrir as duas torneiras, foi marcado um total de 2,04 litros, volume de água que está dentro da faixa de precisão de 3% especificada pelo fabricante.

Foi visto que para uma aplicação real em uma cidade atualmente considerando os custos que foram discriminados, seria impossível, pois se a empresa de distribuição de recursos hídricos tivesse que investir na tecnologia, possivelmente iria ter um retorno do investimento com um prazo muito longo o que torna a aplicação inviável.

7 CONCLUSÃO

Criar uma aplicação embarcada integrada com um sistema web requer uma grande variedade de ferramentas e conhecimento como observado durante o desenvolvimento do trabalho. Por meio dos assuntos estudados como medição do fluxo de água, tecnologia Zigbee e tecnologias para desenvolvimento web, foi possível alcançar todos os objetivos propostos no início do trabalho.

A análise antes da execução prática do trabalho, auxiliaram para que não houvesse retrabalho em algumas etapas, a fim de obter um ótimo resultado no projeto, foi essencial um levantamento bibliográfico a realização de estudo sobre os assuntos necessários para a construção do projeto, com maior ênfase na parte de hardware devido à falta de conhecimento do autor.

Com o protótipo montado foi possível estimar o custo para cada dispositivo. Pode-se analisar o custo com um hidrômetro convencional, visto que o projeto se tornou caro, para uma aplicação real o método de funcionamento é ótimo, desempenha a tarefa proposta, no entanto seria necessário explorar métodos de redução de custo para tornar a ideia aplicável.

Durante os testes utilizando água, com dois pontos de coleta e uma central, ocorreram alguns problemas, mas foram se resolvendo a medida que os testes se aprofundavam.

Com as dificuldades superadas foi possível chegar a um resultado satisfatório, se houvesse uma aplicação em uma cidade, seria possível controlar o consumo de água das residências através de uma rede independente sem fio, tornando a tarefa que hoje é executada manualmente e sujeita a erros, algo simples e preciso.

Após a conclusão, pode-se observar algumas melhorias para dar continuidade ao projeto para novas pesquisas na área, conforme segue:

- a) implementação de um sistema para controlar o consumo de energia;
- b) sistema de distribuição para o sinal wi-fi utilizando zigbee e dispositivo wireless.

Contudo pode-se concluir que o trabalho cumpriu todos os itens propostos, com um resultado excelente.

REFERÊNCIAS

A ieee 802.15.4 como plataforma de comunicação de dados. Florianópolis: Ilha Digital, v. 5, n. 3, 2013. Anual. Disponível em: <<http://ilhadigital.florianopolis.ifsc.edu.br/index.php/ilhadigital/article/view/55/50>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

ANTUNES, Luís Pedro do Couto. **Identificação de pessoas numa portaria virtual.** 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Eletrônica, Engenharia de Eletrônica e Telecomunicações e de Computadores, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2405/1/Dissertação.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M.. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo.** 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade da Amazônia, Ni, 2007. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

BATISTA, Paula Cristina de Souza. **Medição e controle de consumo de água em instalações prediais.** 2013. Disponível em: <[http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2013/Paula Cristina de Souza Batista.pdf](http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2013/Paula%20Cristina%20de%20Souza%20Batista.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2016.

BERTOZZI, Alexandre Dezem. **Protocolos de acesso ao meio.** 20--?. Disponível em: <[http://www.bertozi.com/adb/PITAGORAS/Sistemas/Gerencia_de_Redes/PROTOS OLOS DE ACESSO AO MEIO.pdf](http://www.bertozi.com/adb/PITAGORAS/Sistemas/Gerencia_de_Redes/PROTOS%20DE%20ACESSO%20AO%20MEIO.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2017.

BUSCH, Jade. **Wired ou Wireless.** 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/yBWi2w>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

CARVALHO, Weber de Freitas. **MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM APARTAMENTOS.** 2010. 109 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/51.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

CASAN. **Manual do usuário CASAN.** 2013. Disponível em: <http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/20150422_Manual_do_Usuario_CASAN.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016.

CASSIOLATO, César; ALVES, Evaristo O.. **Medição de vazão.** ProfiBus, São Paulo, 23 nov. 2008 Disponível em: <http://www.profibus.org.br/files/artigos/Artigo_Vazao_CI_2008.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2017.

CHAGAS, Larissa Tany Baldini et al. **Utilização do business intelligence (bi) no processo de tomada de decisão na área logística.** 2008. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosEPG/EPG00132_01_A.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

CUOCO, Luciana Graziela Araujo. **A escassez de agua sob ótica das instituições financeiras,** 2005. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa2/A_e_scassez_de_gua_sob_a_tica_das_institui_es_financeiras.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

DRIFTY. **Ionic Documentation Overview.** 2016. Disponível em: <<http://ionicframework.com/docs/v1/overview/#download>>. Acesso em: 28 maio 2017.

FARIAS, Paulo. **Redes Wireless.** 2005. Disponível em: <<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless001.asp>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

FERRÃO, Ana Elisa Coda. **Serviço público de abastecimento de água no município de porto alegre.** 2006. Disponível em: <http://www3.pucrs.br/pucrs/files/uni/poa/direito/graduacao/tcc/tcc2/trabalhos2006_2/ana_elisa.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

FERRARI, Cleyton. **Banco de Dados I.** 2010. Disponível em: <<https://www.scribd.com/doc/37452635/Banco-de-Dados-I-Apostila>>. Acesso em: 31 maio 2017.

FERREIRA, Elcio; EIS, Diego. HTML5: **Curso W3C Escritório Brasil.** 2012. Disponível em: <<http://www.w3c.br/pub/Cursos/CursoHTML5/html5-web.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2017.

FRIAS, Renato Nogueira. **Zigbee.** 2004. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialzigbee.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2017.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã,** 2011. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.

GOMES, R. D. et al. **Correlation between Spectral Occupancy and Packet Error Rate in IEEE 802.15.4-based Industrial Wireless Sensor Networks.** 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/ZwrmGS>>. Acesso em: 04 maio 2017.

GRILLO, Filipe del Nero; FORTES, Renata Pontin de Mattos. **Aprendendo JavaScript.** Disponível em: <http://conteudo.icmc.usp.br/CMS/Arquivos/arquivos_enviados/BIBLIOTECA_113_ND_72.pdf>. Acesso em: 28 maio 2017.

GUERBER, Carlos. **Redes de computadores**. 2009. Disponível em: <<http://www.mfa.unc.br/info/carlosrafael/redes1/aula2A.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

GUIMARÃES, Carvalho e Silva. **Saneamento básico**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila IT 179/Cap 1.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2016.

JAIRO. **Redes De Computadores**. 199-?. Disponível em: <http://www.jairo.pro.br/redes/Teoria_Redres.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2017.

KILIAN, Christopher T.. **Modern Control Technology: Components and Systems**. 2. ed. [s.i]: Delmar / Thomson Learning, 2001. 635 p.

LUGLI, Alexandre Baratella; GUILHERME SOBRINHO, Darlan. **Tecnologia wireless para automação industrial: Wireless hart, bluetooth, wisa, wi-fi, zigbee e sp-100**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/SZB1QK>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

MAESTRELLI, Luigi. **Sistema de controle do abastecimento de água para cobrança via compra de créditos pré-pagos por dispositivos móveis**. 2014. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

MALAFAYA, Hugo; TOMÁS, Luís; SOUSA, João Paulo. **Sensorização sem fios sobre ZigBee e IEEE 802.15**. 2005. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/14682395-Sensorizacao-sem-fios-sobre-zigbee-e-ieee-802-15-4.html>>. Acesso em: 05 maio 2017.

MARINGA. **Saneamento**. Disponível em: <<http://www.maringa.pr.gov.br/saneamento/pmsb1.pdf>>. Acesso em: 28 Mar. 2017.

MARTINS, Antonio Diógenes Aragão. **Um estudo sobre a conformidade dos Browsers em relação às recomendações W3C**. 2011. 87 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência da Computação, Ciência da Computação, Faculdade Farias Brito, Fortaleza, 2011. Disponível em: <<http://www.ffb.edu.br/sites/default/files/tcc-20111-antonio-diogenes-martins.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2017.

MAXSTREAM. **XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules**. 2007. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Manual.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2017.

MEGGER, Chrystian Luiz. **Estudo e implementação de QOS em redes 802.11g sob topologia malha**. 2011. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de

Especialização em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Rede, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/399/1/CT_GESER_1_2011_07.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2017.

MONSIGNORE, Ferdinando. **Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão ZigBee**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/wHVGzD>>. Acesso em: 05 maio 2017.

MOSTARDINHA, Ana Lúcia Maia da Silva. **Controle de acesso ao meio em redes de sensores sem fio**. 2004. 38 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet, Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/labnet/teses_artigos_finais/ana_lucia/macsensor.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2017.

NEVES, Helder Filipe de Brito. **Sistema de Monitorização da Humidade do Solo para Gestão Eficiente da Irrigação**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Eletromecânica, Engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã e Ubi, 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/nyb1yn>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

NIEDERAUER, Juliano. **Desenvolvendo Websites com PHP: Aprenda a criar Websites dinâmicos e interativos com PHP e bancos de dados**. 3. ed. [s.i]: Novatec, 2016. 320 p.

ONU. **Fatos sobre água e saneamento**, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/agua.pdf>>. Acesso em: 20 Mar. 2017.

ORACLE. **About MySQL**. 2017. Disponível em: <<https://www.mysql.com/about/>>. Acesso em: 31 maio 2017.

PARANÁ. PUCPR. **Medição de vazão**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/NwrHqU>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

PARRA, Lola. **La red Aloha**. 2011. Disponível em: <<https://lolap.wordpress.com/2011/11/13/la-red-aloha/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

PERDOMO, Leonardo V.; MAESTRO, Luís Fernando. **Construção de montagem experimental para Efeito Hall**. 2002. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2002/981528_981591.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

PHP. **O que é o PHP**. 2017. Disponível em:
<https://secure.php.net/manual/pt_BR/intro-whatism.php>. Acesso em: 28 maio 2017.

POPLADE, Thaiana. **CSS3 - O que vem por aí...** 2010. Disponível em:
<<https://tableless.com.br/css3-o-que-vem-por-ai/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

REIS, Gustavo Henrique da Rocha. **Redes Sem Fio**. 2012. Disponível em:
<https://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/402257390_redes-sem-fio.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

REQUENA JUNIOR, Edner Moya; COUTINHO, Edmaicon Alexandro; SILVA, Luiz Henry Monken e Silva. **Hidrômetro digital com transmissão de dados via internet**. 2014. Disponível em:
<http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/sete_mostra/edner_moya_requena_junior.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

RIBEIRO, Hudson Simões et al. **Integração de Tecnologias para Desenvolvimento de Sistemas Web, utilizando a metodologia AJAX**. 20--.
Disponível em:
<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/304_Artigo_SEGET.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. SAMAE. **Apostila ajustador de hidrômetros**. 2015.
Disponível em: <<https://goo.gl/hwK9Gm>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

ROCHA et al. **Sistema de monitoramento de consumo de água doméstico com a utilização de um hidrômetro digital**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia da Computação, Acadêmico de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:
<<https://goo.gl/CyRrFc>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

ROCHA, Cauã Barneze. et al. **Sistema de monitoramento de consumo de água**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia da Computação, Acadêmico de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/nmrXNN>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

ROCHA, Helbert da. **WEGOAL: Sistema para gerenciamento e compartilhamento de objetivos financeiros individuais e coletivos**. 2015. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Sistemas Para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2015. Disponível em:
<http://tcc.tsi.gp.utfpr.edu.br/attachments/approvals/37/GP_COINT_2015_2_HELBERT_ROCHA_PROJETO.pdf?1455799688>. Acesso em: 28 maio 2017.

ROCHA, Luciano R.. **Banco de dados MySQL e PostgreSQL**. 20---. Disponível em: <[http://www.lrocha.com/arquivos/arquivos/ProgWeb \(PHP\)/AULAS/pgsql_x_mysql.pdf](http://www.lrocha.com/arquivos/arquivos/ProgWeb(PHP)/AULAS/pgsql_x_mysql.pdf)>. Acesso em: 31 maio 2017.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda J.. **Mecânica dos Fluidos**. 20--?. Disponível em: <<http://www.engbrasil.eng.br/pp/mf/aula8.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

RUA, David et al. **Interface USB para coleta de dados de sensores remotos utilizando ZigBee e IEEE 802.15.4**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Xgejze>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

RUELA, José. **Wireless LANs IEEE 802.11 e 802.11e**. 2009. Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~jruela/Apontamentos/802_11e_v0910_RBL_2slides.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2017.

RUFINO, Nelson Murilo de Oliveira. **Segurança em Redes sem Fio: Aprenda a proteger suas informações em ambientes Wi-Fi e Bluetooth**. [s.i]: Novatec, 2005.

SÁ, Clarissa Campos de. **A importância da micromedição no combate às perdas de água: estudo da hidrometração da companhia águas de Joinville**. 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de e Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Engenharia Sanitária Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90176/255354.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

SCREMIN, Alberto Martinez et al. **Sistemas de redes peer to peer**. 20---. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~otton/graduacao/informatical/P2P.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

SENADO FEDERAL. **Escassez de água cada gota é preciosa**. 2014. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassez-de-agua/@@images/arquivo_pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

SILVA, Antônio Márcio Gama et al. **acesso ao meio em redes sem fio**. 2005. Disponível em: <<http://www.jabour.com.br/ces/posredes/AcessoaoMeioemRedessemFio.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

SILVA, Maurício Samy. **CSS3: Desenvolva aplicações web profissionais com uso dos poderosos recursos de estilização das css3**. São Paulo: Novatec, 2012. 496 p.

SILVA, Maurício Samy. **JavaScript: Guia do Programador**. São Paulo: Novatec, 2010. 608 p.

SILVA, Renato Lopes da. **Tecnologia Wireless**. 2008. Disponível em: <[http://webeduc.mec.gov.br/linuxeducacional/manuais/Tecnologia Wireless.pdf](http://webeduc.mec.gov.br/linuxeducacional/manuais/Tecnologia%20Wireless.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2017.

SILVA, Rodrigo Godinho. **Desenvolvimento de sistema embarcado de radiofrequência de baixo custo**. 2014. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/317.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SOUSA, Daylon Noletto. **Desenvolvimento de atividade educativa interativa, em html5 para produção de textos**. 2013. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Faculdade de Balsas, Balsas, 2013. Disponível em: <<http://si.unibalsas.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Daylon-Noletto-Sousa-TCC-II.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2017.

STOLL, G. R. **O que é este tal do zigbee?**. UTC Journal, 2008. Special Issue – Smart Utilities Networks.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2005. 220 p.

UFRJ. **Protocolos**. 2010. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/rssf/protocolos.html>. Acesso em: 29 abr. 2017.

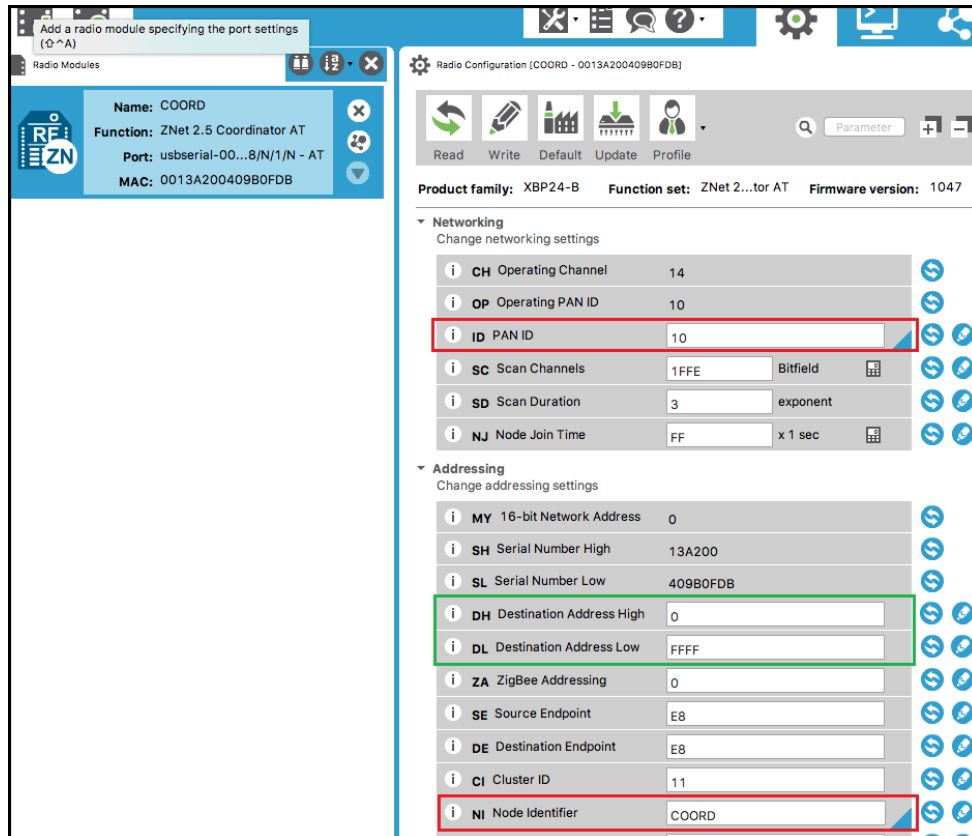
UNIP. **Topologias de Redes**. 2017. Disponível em: <http://unipvirtual.com.br/material/material_antigo/redes_dados/pdf/mod_2.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2017.

VARELA, **Domingos Veiga**. Sistema de gestão de conteúdos - estudo de caso “projecto de desenvolvimento do site do ministério da saúde”. 2008. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Computação, Ciências e Tecnologia, Universidade de Cabo Verde, Ise, 2008. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/38681465.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

VILAS-BOAS, Pedro Ricardo. **Modelação de uma rede de distribuição de água**. 2008. 153 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Ni, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58016/1/000129459.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Configuração utilizada para o Xbee coordenador.



APÊNDICE B - Código fonte arduino.

```

void loop ()
{
  contaPulso = 0; //Zera a variável para contar os giros por segundos
  sei(); //Habilita interrupção
  delay (1000); //Aguarda 1 segundo
  cli(); //Desabilita interrupção
  cont= contpulso;
  litros = (cont)/330;
  vazao = contaPulso / 5.5; //Converte para L/min
  media=media+vazao; //Soma a vazão para o cálculo da media
  i++;
  t++;

  if (t==10){
    t=0;
    StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;
    char json[] = "{\"cliente\":\"5\", \"consumo\":0.0}";
    JsonObject& root = jsonBuffer.parseObject(json);
    root["consumo"] = litros;
    contpulso = 0;
    root.printTo(Serial);
  }
}

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

```

APÊNDICE C - PHP acesso ao banco de dados.

```

3 class Conexao {
4
5     protected $host; // Nome ou IP do servidor
6     protected $db; // Nome do banco de dados
7     protected $user; // Usuário
8     protected $pass; // Senha
9     protected $connect; // socket da conexao com o banco
10    public $error; // mensagem de erro da query
11    public $status; // retorno true ou false da query
12
13    //***** CONSTRUTOR
14
15    public function Conexao($host = "localhost", $db = "mydb", $user = "root", $pass = "123")
16    {
17        //echo $host . '-' . $db . '-' . $user . '-' . $pass;
18        $this->host = $host;
19        $this->db = $db;
20        $this->user = $user;
21        $this->pass = $pass;
22        $this->connect();
23    }
24
25    //***** CONECTA NO BANCO
26    public function connect() {
27        $this->connect = mysql_connect($this->host, $this->user, $this->pass, $this->db);
28        if (!$this->connect) {
29            $this->error = mysql_error();
30            $this->status = false;
31            return false;
32        } else {
33            if (!mysql_select_db($this->db, $this->connect)) {
34                $this->error = mysql_error();
35                $this->status = false;
36                return false;
37            } else {
38                $this->error = "";
39                $this->status = true;
40                return true;
41            }
42        }
43    }
44
45 }

```

APÊNDICE D - Pagina inicial do sistema web.

ATLANTIS

Email ou usuário Senha Entrar

EcoSpace

Bem vindo ao Eco Space.
Melhor sistema de coleta e controle de consumo de água

Seu nome

Telefone

CPF ou CNPJ

Nome de usuário

email@ecospace.com

REGISTER

APÊNDICE E - Requisição para efetuar cadastro do usuário e login.

```

app.factory('getService', ['$http',
function($http){
  var items = [];
  return {
    getUsuario: function(pUsername, pPass, phash){ //pAcao=1
      return $http.post(getLink(), {acao      : 1, // usuario autentica
                                   username   : pUsername,
                                   pass       : pPass,
                                   hash      : phash }).then(function (res){
        items = res.data;
        return items;
      });
    },
    cadUsuario: function(data){
      return $http.post(getLink(), {acao      : 2, // usuario cad
                                   name       : data.name,
                                   telefone  : data.telefone,
                                   cpfnpj    : data.cpfnpj,
                                   username  : data.username,
                                   email     : data.email,
                                   pass      : data.password
                                   }).then(function (res){
        items = res.data;
        return items;
      });
    },
  },
}];

```

APÊNDICE E - Código aplicação mobile.

```

.factory('PersonService', ['$http', '$stateParams', '$state', '$ionicPopup', 'dbSQL',
function($http, $stateParams, $state, $ionicPopup, dbSQL){
  var items = [];

  return {
    getMedicaoDetalhe: function(data){
      return $http.post(data, {acao      : 5,
                               fl_tipo  : 1,
                               id_pessoa : 0}).then(function (res){
        items = res.data;
        if (items.er === undefined){
          angular.forEach(items, function(newitem){
            dbSQL.insertMedicao(newitem['id_pessoa']
                               ,newitem['vl_medicao']
                               ,newitem['dt_medicao']
                               ,newitem['nm_pessoa']);
          });
        }
        return items;
      });
    }
  }
}];

```

MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A TECNOLOGIA ZIGBEE

Paulo Henrique Fabris¹, Gustavo Bisognin²

¹Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) Caixa Postal 3167 – 88806-00-Criciúma – SC - Brasil

²MSc. Professor do Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) Caixa Postal 3167 – 88806-00-Criciúma – SC – Brasil

paulo_fabris@hotmail.com, gbisog@gmail.com

Abstract. With the increasing degradation of water resources, in the future it will be necessary to use advanced methods to control water consumption. Faced with this problem was created a device that provides companies responsible for the distribution of water resources have greater control, can reduce operating costs and avoiding errors in the measurements that are now done manually. For the creation of the device was used of prototyping technologies already on the market as arduino and zigbee. The prototype created has an independent wireless network, when several devices are connected will form a large network, thus allowing the collected information to be replicated between the devices until arriving at the central.

Resumo. Com a degradação crescente dos recursos hídricos, no futuro será necessário o uso de métodos avançados para controlar o consumo de água. Diante desse problema foi criado um dispositivo que proporciona as empresas responsáveis pela distribuição dos recursos hídricos possuir maior controle, podendo reduzir custos operacionais e evitando erros nas medições que hoje são feitas de forma manual. Para a criação do dispositivo foi utilizado de tecnologias de prototipação já existentes no mercado como arduino e zigbee. O protótipo criado possui uma rede wireless independente, quando vários dispositivos estiverem ligados irá formar uma grande rede, possibilitando assim que a informação coletada seja replicada entre os dispositivos até chegar na central.

1. Introdução

A água é um bem cultural e social indispensável à sobrevivência e à qualidade de vida da população. A água possui um valor inestimável pois, além de ser essencial para a vida, ela também age diretamente no desenvolvimento econômico de um país (FERRÃO, 2006).

O índice de pessoas com acesso fácil a água potável cresce a cada ano. Segundo a ONU entre o período de 1990 e 2010 cerca de dois bilhões de pessoas obtiveram água tratada através de encanamento ou poços, no entanto não podemos ver a natureza como uma fonte ilimitada, deve usufruir de modo consciente.

Neste contexto, aponta-se o saneamento básico precário ou consumo de água não potável como um dos maiores causadores de doenças nos países em desenvolvimento. De acordo com ONU, estes fatores correspondem à 80% das doenças conhecidas atualmente (ONU, 2012).

Segundo Guimarães (2007) afirma que a única forma de reverter o atual quadro é investir na idéia de saneamento. Dados divulgados pelo ministério da saúde afirmam que para cada R\$1,00 investido no setor de saneamento, economiza-se R\$ 4,00 na área de medicina curativa. Desta forma, entende-se que a água é de bem público e todos tem o direito de usufruir, cabendo ao governo administrar essa riqueza para o bem da população.

Segundo o Instituto Socioambiental (2005, apud BATISTA, 2013), A água vem sendo utilizada sem consciência com muito desperdício variando entre 50% e 70% nas grandes cidades, além do desperdício possuímos roubo e vazamentos no sistema de distribuição de água ao qual varia entre 40% e 60%.

O equipamento utilizado para medição de água é o hidrômetro, como esse equipamento não possui nenhum tipo de conexão à internet ou radiofrequência para efetuar uma conexão com uma central e enviar as informações de consumo, é necessário que mensalmente um operador/funcionário vá até o local e efetue a coleta dos valores informados no hidrômetro, sendo assim, esse serviço custa caro para as empresas de saneamento, pois além do gasto com o funcionário, o método de coleta está sujeito a erros na hora de efetuar o registro do consumo, valores que são refletidos diretamente na cobrança efetuada ao contribuinte para o acesso a água (CASAN, 2013).

Desta Forma, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de uma solução embarcada de baixo custo que tem como objetivo auxiliar na coleta de informações referente ao consumo de água diminuindo o gasto das empresas de saneamento, possibilitando um controle de consumo mais adequado, uma vez que, a coleta de informações poderá ser feita em intervalos muito menores, possibilitando uma análise mais eficiente dos dados coletados, podendo identificar vazamentos ou possíveis fraudes em tempo menor, proporcionando maior efetividade na tomada de decisão.

2. Água

Devido ao aumento da população mundial, à degradação dos mananciais provocada pela poluição resultante de atividades humanas, ao desequilíbrio natural na distribuição das águas e ao consumo excessivo, com alto grau de desperdício, seja por falhas operacionais dos sistemas de abastecimento, seja pelo uso descontrolado por parte dos usuários, a água está se tornando um bem escasso em curto prazo (FERRÃO, 2006).

Segundo a ONU, 1,6 bilhões de pessoas vivem em regiões com escassez absoluta de água, até 2025 dois terços da população mundial pode ser afetada pelas condições críticas da água (ONU, 2012). Cada litro de água economizado é importante, porém, ao contrário do que o senso comum possa indicar, não é o desperdício com banhos demorados ou lavagem de calçadas que mais põem em risco a segurança hídrica dos brasileiros, estatísticas apontam que menos de 10% da água é destinada aos domicílios. Na verdade, estudos mostram que a situação mais dramática está justamente nas empresas operadoras, tubulações antigas e com má conservadas, desperdícios operacionais etc.

Em 2010, vazamentos, roubos e ligações clandestinas, falta de medição ou medições incorretas no consumo de água responderam, na média nacional, por 37,5% das perdas de faturamento das empresas (SENADO FEDERAL, 2014).

Este dado, levanta uma bandeira para a necessidade de controle efetivo do desperdício de água nas grandes cidades, fazendo com que, diversos estudos sejam executados com abordagem deste tema. Desta forma, as empresas fornecedoras deste

serviço, estão em busca de mecanismos de controle de custos que forneçam dados de forma segura e ágil, que contribuam de forma significativa para a tomada de decisão no menor tempo possível, afim de evitar ao máximo o desperdício, melhorando assim o serviço de distribuição e contribuindo com o meio ambiente (CHAGAS et al., 2008).

3. Protótipo

O metodo proposto para solucionar o problema será a criação de um protótipo para controlar o consumo de água em residências e edifícios, onde terá o equipamento instalado para contabilizar o consumo de água e transmitir essa informação através de uma rede que será criada pelos dispositivos Zigbee.

As informações de consumo coletadas serão centralizadas em uma base de dados que ficará disponível para acesso através de uma página web, onde vai mostrar de forma geral ou detalhada todas as coletas efetuadas.

4. Escolha dos componentes

O primeiro passo para a criação do prototipo foi a escolha dos dispositivos a serem utilizados, foi escolhido o arduino uno, sensores de fluxo digital, xbee shield, Zigbee e um xbee USB Explorer, todos esses dispositivos citados foram necessários para demonstrar uma simples aplicação de como funcionaria o projeto na prática.

Para a montagem do protótipo foi utilizado um microcontrolador ATMEGA16U2 que pode ser encontrado em arduino do modelo uno, equipamento que atende totalmente a necessidade do projeto por possui disponível para uso conectores de alimentação e conectores lógicos.

O sensor de fluxo escolhido foi o modelo YF-S201 que é fabricado pela empresa Sea, possui a capacidade de medir até 30 litros de água por minuto, com uma rosca de 1/2, este que possui três fios para conexão com o arduino: preto (GND), amarelo (OUTPUT) e vermelho (VCC).

O xbee shield é um componente criado para facilitar a comunicação do arduino com um modulo zigbee, possui uma estrutura com botão reset e conectores, liga de forma simples e confiável todos os pinos do modulo zigbee com o arduino.

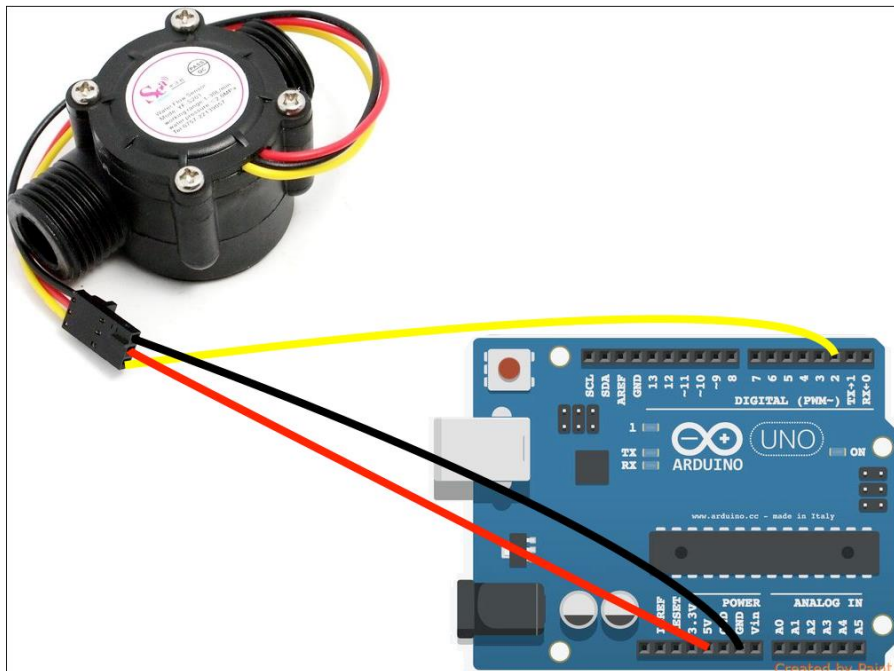
O modulo zigbee escolhido foi o modelo Xbee Pro S2, dispositivo fabricado pela empresa Digi, um componente de ótima relação com custo benefício a criação de redes wireless de circuitos eletrônicos. O Xbee Pro S2 é indicado para aplicações onde o consumo de energia é um fator crítico, possui uma interface *Serial Peripheral Interface* (SPI) que facilita muito a configuração e uso reduzindo o tempo de projeto.

O Xbee *Explorer* USB *adapter* é o dispositivo que vai ser utilizado para efetuar a comunicação entre o computador e o modulo Xbee, através de um cabo USB o Xbee estará acessível tanto para o software de configuração quanto para o serviço que irá gerenciar o recebimento dos pacotes de dados que serão enviados pelos demais módulos da rede que estarão trabalhando em modo de roteamento.

5. Montagem do protótipo

Para a montagem do projeto o primeiro passo foi a instalação do medidor de fluxo para trabalhar junto ao arduino.

Figura 1 - Demonstração de conexão entre medidor de fluxo e arduino



Fonte: Do autor (2017).

Na figura 1 podemos visualizar como foi feita a ligação entre os fios disponibilizados pelo medidor de fluxo com o arduino, o fio vermelho e preto serve para alimentar o medidor, então foi ligado o fio preto com o conector GND, o fio vermelho com o conector 5v, já o fio amarelo tem como uso efetuar a leitura dos valores fornecidos pelo sensor então como é pré-definido pelas especificações deve ser conectado à porta 2.

A leitura dos valores fornecidas pelo sensor de efeito hall é realizada através de interrupções externas, a cada um segundo é realizado a totalização dos pulsos e por fim a interrupção e desativada e realiza o cálculo do consumo.

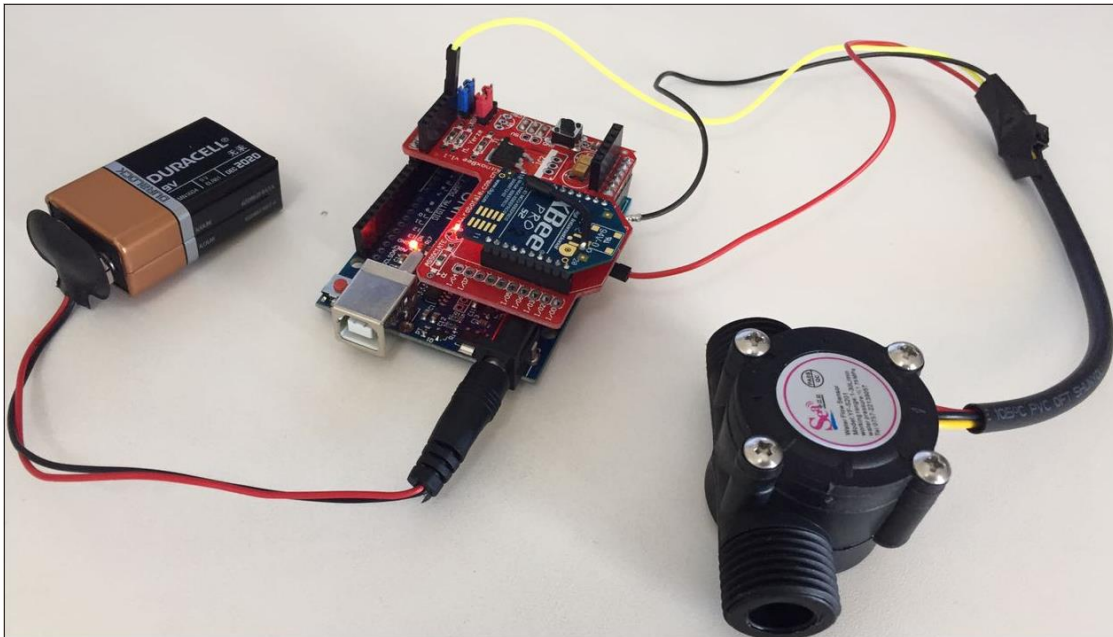
Para a transmissão dos dados deve ser instalado e configurado o zigbee, para configuração dos módulos xbee S2 foi utilizado um software chamado XCTU disponibilizado pela empresa distribuidora dos módulos a Digi, uma ferramenta de fácil utilização com uma infinidade de recursos já implementado, basta configurar facilitando a criação de protótipos e reduzindo o tempo de projeto.

Para configurar o módulo, primeiramente é necessário dar *update* no *firmware* para a função a qual ele irá exercer, no caso o coordenador e roteador possuem seu *firmware*.

Todos os dispositivos vem por padrão em modo *broadcast* possibilitando visualizar todos os zigbee ao alcance, para configurar basta informar o *PAN ID* campo responsável por definir o código da rede ao qual os demais zigbee irão se conectar, e *Node Identifier* campo utilizado para nomear o dispositivo, um identificador, no exemplo foi atribuído "COORD".

Para efetuar a comunicação com o arduino basta inserir o zigbee já configurado no xbee shield e inseri-lo no arduino. Como resultado o hidrômetro estará enviando informações para o arduino, dados que serão manipulados e enviados para seu destino utilizando o Xbee (figura 2).

Figura 2 – Protótipo montado



Fonte: Do autor (2017).

Conforme apresentado na figura 2 todos os componentes montados assim formando o protótipo, sendo alimentado por uma bateria 12v tornando-o um circuito independente de uma rede elétrica.

6 Rede mesh

Para a estrutura de rede do projeto foi escolhido a rede *Mesh*, rede que é similar a configuração de uma rede árvore, possuindo a habilidade de rotear pacotes através de múltiplos dispositivos, ou seja todos os dispositivos possuem acesso igual ao meio de comunicação.

Nesse modelo de rede, o ponto principal será o coordenador da rede, onde todos os demais dispositivos da mesma rede estarão em modo de roteamento propagando a informação até chegar no coordenador.

7 Contagem de pulsos e emissão de dados

Para a emissão dos dados utilizando Xbee foram criadas as rotinas para o arduino, utilizando o software que é disponibilizado pela empresa mantenedora do arduino. O primeiro passo foi a implementação da rotina “setup()” que tem como objetivo inicializar os valores iniciais assim foi definido as portas e pinos que serão utilizados pela aplicação, declarando a entrada de pulsos para o pino dois e a configuração para trabalhar com interrupção.

Para efetuar os cálculos de consumo e manipular as informações em um json foi utilizado o evento “loop()”, faz exatamente o que seu nome indica, ele repete continuamente fazendo com que o programa funcione dinamicamente.

Com a contagem de pulso é possível chegar ao volume em litros consumidos em água, então a cada dez segundos os dados de coleta serão propagados na rede com destino ao coordenador.

8 Desenvolvimento das ferramentas

Após o planejamento inicial estruturado e dos componentes devidamente instalados e configuradas, deu-se início ao desenvolvimento das ferramentas que irão receber os dados coletados pelos protótipos e armazená-los em um banco de dados.

8.1 Modelagem de dados

Para o desenvolvimento do banco de dados foi utilizado uma ferramenta chamada MySQL Workbench, que é um software livre disponibilizado pela Oracle disponível nas plataformas Windows, Mac OS X e Linux. O MySQL Workbench é uma ferramenta visual que concilia modelagem de dados e com uma fácil conversão para um banco de dados.

foi criada uma estrutura de dados simples para fazer o controle de acesso ao portal e o controle de consumo de água por usuário, para isso foi criada duas tabelas: pessoa e medições.

8.2 Estrutura do servidor web e mobile

O servidor foi totalmente criado utilizando PHP, estrutura que é utilizada pelo aplicativo móvel e pela página web.

Para acesso ao banco de dados foi criado um diretório php/class que contém todas as classes que foram implementadas para utilização do MySQL. O arquivo MySQL.php é responsável por fazer a manipulação dos dados obtidos, já o arquivo db.php chama as rotinas implementadas no arquivo conexão.php que tem a funcionalidade de efetuar a conexão com o banco.

8.3 Página web

Ao abrir a página através do arquivo index.html irá mostrar a tela inicial, possibilitando o usuário cadastrar-se ou efetuar o login, caso o usuário já tenha efetuado login no sistema automaticamente irá redirecionar para o *dashboard*.

Para efetuar o cadastro do usuário, algumas informações essenciais que devem ser preenchidas, após informar os dados ao clicar no botão “CADASTRAR” ou tentar efetuar o login informado o usuário e senha e clicar no botão “ENTRAR”, será efetuado uma requisição *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP).

No *dashboard* existem dados informativos referentes à rede, como o consumo diário ou mensal, número de usuários que utilizam o serviço, consumo médio mensal em litros por usuário, quantidade de medições efetuadas, consumo médio para cada medição, número e percentual de pontos que não estão enviando as informações de coleta para a central.

8.4 Servidor de coleta de dados

Para efetuar a comunicação entre os dispositivos xbee da rede e inserir as informações no banco de dados foi utilizado nodeJS, uma ferramenta que oferece escalabilidade ao servidor, também é capaz de manipular milhares de conexões simultaneamente.

Para receber as informações dos pontos de coleta foi necessário um zigbee coordenador conectado ao computador utilizando um Xbee *explorer* USB *adapter*, deu-se então início ao desenvolvimento do serviço que iria receber os dados.

Foi implementado uma rotina que monitora a porta USB, então toda a informação recebida na porta, ao qual o zigbee está conectado será processada, os pontos de coletas irão enviar as informações em forma de json para que possa ser inserido no banco de dados.

8.5 Aplicativo móvel

Para a implementação do aplicativo mobile, foi utilizado o Ionic 2, um framework que possibilita a criação de aplicativos híbrido utilizando tecnologias web como Css, HTML5 e software como serviço. Para facilitar no desenvolvimento foi utilizado o framework angularJS.

O aplicativo tem como objetivo listar as medições realizadas, seria um aplicativo utilizado pelos funcionários da empresa que controla o fluxo de informações das medições, então é efetuado uma requisição HTTP que irá importar todas as informações da máquina especificada.

Como a cidade seria dividida em zonas onde iria conter um computador responsável recebendo as informações, se por acaso houvesse um problema de internet seria necessário um técnico visitar o local com o dispositivo móvel, onde iria efetuar a conexão ao servidor e coletar as informações.

8.6 TABELA DE CUSTOS

Para a montar do projeto foi necessário comprar alguns dispositivos eletrônicos utilizados para aplicação embarcada. Na tabela 1 consta todos os produtos que foram usados para a criação do protótipo e validação da ideia em funcionamento, todos os produtos foram comprados no Brasil.

Tabela 1 – Lista de compras para montar o projeto.

Produto	Quantidade	Valor Unitário	Frete	Total
Modulo Xbee Pro S2 com antena	3	130,00	0,00	390,00
Xbee Shield	2	44,90	20,90	110,70
Xbee USB Explorer + cabo	1	57,99	0,00	57,99
Medidor de Fluxo	2	35,99	16,90	88,88
Kit arduino uno SMD R3 + protoboard	2	55,00	17,90	127,9
Bateria 9v duracell	2	22,50	0,00	45,00

Fonte: Do autor.

Totalizando R\$ 820,00, antes de efetuar a compra, foi feito uma pesquisa de preço na internet, e todos os itens listados foram comprados no site MercadoLivre, pois ofereceu melhores preços dentre outros sites que vendiam produtos no Brasil.

Além do gasto com os equipamentos para a montagem do projeto também foi necessário comprar alguns itens para montar uma estrutura e efetuar os testes do projeto em funcionamento (tabela 2).

Tabela 2 – Lista de compras para testar o projeto

Produto	Quantidade	Valor Unitário	Total
1m Tubo PVC 20mm	1	1,80	1,80
Joelho 90 graus	2	0,25	0,50
Luva ½	2	0,90	1,80
Flange	1	7,00	7,00
TE	1	0,50	0,50
Adaptador curto 20mm	2	0,50	1,00
Luva rosca 20mm	2	0,80	1,60
Torneira PVC	2	3,00	3,00

Fonte: Do autor.

Para efetuar os testes foi gasto R\$ 17,20, todos os produtos foram comprados em uma loja de material de construção da cidade de Criciúma. foi comprado apenas o essencial para validar a ideia.

8.7 Resultados obtidos

A partir dos requisitos iniciais levantados, foi possível a elaboração de um material com excelente qualidade, sendo possível a abordagem de todos os temas necessários para a construção do projeto desde a parte de hardware até a parte de desenvolvimento de software e toda a teoria de comunicação de dados entre a plataforma web e os dispositivos zigbee.

Contudo durante os testes iniciais do desenvolvimento do protótipo foi necessário utilizar ar para simular uma corrente de água no sensor de fluxo fazendo com que a hélice entrasse em movimento de rotação acionando o sensor de efeito hall, assim podendo dar continuidade a todas as partes do projeto com uma simulação.

Após a conclusão do desenvolvimento da página web e aplicativo móvel com todos os sensores zigbee transmitindo as informações de consumo coletadas e enviando para a central por meio de uma rede privada, teve início a aplicação real da ideia, fazendo o uso de água para acionar as hélices e iniciar a contagem, após a aplicação real da ideia, foi realizado os últimos ajustes com relação a fórmula que era utilizada para calcular a quantidade de litros de água.

Para a validação da ideia, foi construído uma bancada com um reservatório de água que ficaria localizado acima dos hidrômetros para possuir uma boa pressão de escoamento, cada medidor possuía uma torneira individual para controlar o fluxo da água, os testes foram efetuados com dois litros de água, ao abrir as duas torneiras, foi marcado um total de 2,04 litros, volume de água que está dentro da faixa de precisão de 3% especificada pelo fabricante.

Foi visto que para uma aplicação real em uma cidade atualmente considerando os custos que foram discriminados, seria impossível, pois se a empresa de distribuição de recursos hídricos tivesse que investir na tecnologia, possivelmente iria ter um retorno do investimento com um prazo muito longo o que torna a aplicação inviável.

9. Conclusão

Criar uma aplicação embarcada integrada com um sistema web requer uma grande variedade de ferramentas e conhecimento como observado durante o desenvolvimento do trabalho. Por meio dos assuntos estudados como medição do fluxo de água, tecnologia Zigbee e tecnologias para desenvolvimento web, foi possível alcançar todos os objetivos propostos no início do trabalho.

A análise antes da execução prática do trabalho, auxiliaram para que não houvesse retrabalho em algumas etapas, a fim de obter um ótimo resultado no projeto, foi essencial um levantamento bibliográfico a realização de estudo sobre os assuntos necessários para a construção do projeto, com maior ênfase na parte de hardware devido à falta de conhecimento do autor.

Com o protótipo montado foi possível estimar o custo para cada dispositivo. Pode-se analisar o custo com um hidrômetro convencional, visto que o projeto se tornou caro, para uma aplicação real o método de funcionamento é ótimo, desempenha a tarefa proposta, no entanto seria necessário explorar métodos de redução de custo para tornar a ideia aplicável.

Durante os testes utilizando água, com dois pontos de coleta e uma central, ocorreram alguns problemas, mas foram se resolvendo a medida que os testes se aprofundavam.

Com as dificuldades superadas foi possível chegar a um resultado satisfatório, se houvesse uma aplicação em uma cidade, seria possível controlar o consumo de água das residências através de uma rede independente sem fio, tornando a tarefa que hoje é executada manualmente e sujeita a erros, algo simples e preciso.

Contudo pode-se concluir que o trabalho cumpriu todos os itens propostos, com um resultado excelente.

REFERENCES

BATISTA, Paula Cristina de Souza. **Medição e controle de consumo de água em instalações prediais**. 2013. Disponível em:

<[http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2013/Paula Cristina de Souza Batista.pdf](http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2013/Paula%20Cristina%20de%20Souza%20Batista.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2016.

CASAN. **Manual do usuário CASAN**. 2013. Disponível em:

<http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/20150422_Manual_do_Usuario_CASAN.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016.

CHAGAS, Larissa Tany Baldini et al. **Utilização do business intelligence (bi) no processo de tomada de decisão na área logística**. 2008. Disponível em:

<http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosEPG/EPG00132_01_A.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

FERRÃO, Ana Elisa Coda. **Serviço público de abastecimento de água no município de porto alegre**. 2006. Disponível em:

<http://www3.pucrs.br/pucrs/files/uni/poa/direito/graduacao/tcc/tcc2/trabalhos2006_2/ana_elisa.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

GUIMARÃES, Carvalho e Silva. **Saneamento básico**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila IT 179/Cap 1.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2016.

MAXSTREAM. **XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules**. 2007. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Manual.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2017.

MONSIGNORE, Ferdinando. **Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão ZigBee**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/wHVGzD>>. Acesso em: 05 maio 2017.

MOSTARDINHA, Ana Lúcia Maia da Silva. **Controle de acesso ao meio em redes de sensores sem fio**. 2004. 38 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet, Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/labnet/teses_artigos_finais/ana_lucia/macsensor.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2017.

NIEDERAUER, Juliano. **Desenvolvendo Websites com PHP: Aprenda a criar Websites dinâmicos e interativos com PHP e bancos de dados**. 3. ed. [s.i]: Novatec, 2016. 320 p.

ONU. **Fatos sobre água e saneamento**, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/agua.pdf>>. Acesso em: 20 Mar. 2017.

SENADO FEDERAL. **Escassez de água cada gota é preciosa**. 2014. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassez-de-agua/@@images/arquivo_pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.