

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Telemetria Hidráulica no Campus Darcy Ribeiro

Leandro Magalhães Oliveira

Brasília, setembro de 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Telemetria Hidráulica no campus Darcy Ribeiro

Leandro Magalhães Oliveira

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Eletricista

Banca Examinadora

Professor José Camargo da Costa, UnB/ENE
(Orientador)

Professor José Edil Guimarães de Medeiros,
UnB/ENE

Professora Leticia Toledo Maia Zoby IESB

Dedicatória(s)

Dedico este trabalho a minha família que me apoiou mesmo nos períodos de maior dificuldade nesse árduo período da graduação. Principalmente a minha mãe que sempre esteve presente em todos os momentos de sucesso e dificuldades.

Leandro Magalhaes Oliveira

Agradecimentos

A inclusão desta seção de agradecimentos é opcional e fica à critério do(s) autor(es), que caso deseje(em) inclui-la deverá(ao) utilizar este espaço, seguindo está formatação.

Leandro Magalhaes Oliveira

RESUMO

Neste trabalho foi proposto um sistema para melhorar a verificação do consumo de água no Campus Darcy Ribeiro, diante da escassez de informações sobre o atual consumo de água não é mais difícil encontrar meios de reduzir gastos desnecessários e verificar falhas na rede hidráulica. Para aumentar a acurácia das informações existentes foi projetada uma rede de sensores sem fio para monitoramento remoto do consumo. Após isto foram efetuados testes que mostram a viabilidade se implementar esta rede.

ABSTRACT

In this study, the water consumption in the Darcy Ribeiro Campus was verified. Based on the information analyzed, it was noticed that the available information was not enough to take measures to reduce consumption or to predict failures in the water network. To increase the accuracy of existing information, a wireless sensor network was designed for remote monitoring of consumption. After this, tests were performed that show the feasibility of implementing this network.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	3
2 Fundamentação teórica	4
2.1 Introdução	4
2.2 Internet das Coisas	4
2.3 Redes de Sensores Sem Fio	5
2.4 Protocolo de Controle de Acesso ao Meio (MAC)	6
2.5 Camada de Roteamento	7
2.6 Hidrômetros	8
2.6.1 Contadores de água taquimétricos ou de velocidade	8
2.6.2 Contadores de água volumétricos	8
2.6.3 Contadores de água monojato	9
2.6.4 Contadores de água multijato	9
2.6.5 Contadores de água úmidos e secos	9
2.6.6 Contadores de água mecânicos	9
2.6.7 Contadores de água magnéticos	9
2.6.8 Contadores de água pulso seco	9
2.7 Microcontrolador	10
2.7.1 Tmote sky	10
2.7.2 Microcontrolador Arduino Uno	11
2.8 Módulo transceptor	12
2.8.1 Módulo de transmissão RF433MHz	12
2.8.2 Transceptor nRF24l01+ com PA e LNA	13
2.8.2.1 MultiCeiver	14
2.9 Módulo RTC	15
2.10 Válvula Solenoide	16
3 Metodologia	18
3.1 Análise do consumo de água na UnB	18
3.1.1 Consumo no SG 11	18
3.1.2 Consumo no SG 12	19
3.1.3 Consumo na Faculdade de Tecnologia	19
3.1.4 Consumo no Instituto Central de Ciências	20
3.1.5 Consumo na Universidade de Brasília	21
3.2 Mapeamento da rede hidráulica do campus	21
3.3 Projeto do sistema de comunicação	23
4 Plataforma de Aplicação do Trabalho	24
4.1 Introdução	24
4.2 Hidrômetro escolhido	24
4.3 Microcontrolador escolhido	24
4.4 Módulo transceptor escolhido	24
4.5 Demais equipamentos	25
5 Projeto da Rede de comunicação	26
5.1 Rede hidráulica da UnB	26
5.2 Localização dos hidrômetros	26
5.3 Sub-redes	28
5.4 Nó básico	28
5.5 Concentradores	31
5.6 Estação base	32
6 Análise de desempenho e resultados Topologia	35
6.1 Introdução	35
6.2 Testes de desempenho	35
6.3 Resultados encontrados	37

7 Conclusões.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APENDICE.....	42
APENDICE 1 – CODIGOS UTILIZADOS NO ARDUINO	42
APENDICE 2 – PLANILHAS DO CONSUMO DE ÁGUA NA UNB.....	49
APENDICE 3 - Hidrômetro Hydrus	57
APENDICE 4 - Características do microcontrolador Arduino Uno	59

LISTA DE FIGURAS

1.1	Consumo de água por pessoa no distrito federal entre 2011 e 2017	1
1.2	Imagem de satélite do Campus Darcy Ribeiro Acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps	2
2.1	Topologias de redes de sensores sem fio	6
2.2	Módulo do sensor Tmote Sky [20]	10
2.3	Placa do micro controlador Arduino Uno [21]	11
2.4	Módulos de transmissão e recepção RF433MHz [22].....	12
2.5	Módulo transceptor nRF24101+ com LNA + PA [23].....	13
2.6	Funcionamento do MultiCeiver [23].....	15
2.7	Módulo RTC [24]	16
2.8	Componentes de uma válvula solenoide [25]	17
3.1	Gráfico do consumo de água do SG 11 entre janeiro de 2015 e setembro de 2017 18	
3.2	Gráfico do consumo de água do SG 12 entre janeiro de 2015 e setembro de 2017 19	
3.3	Gráfico do consumo de água da FT entre janeiro de 2015 e setembro de 2017	20
3.4	Gráfico do consumo de água do ICC entre janeiro de 2015 e setembro de 2017 ...	20
3.5	Gráfico do consumo de água da UnB entre janeiro de 2015 e setembro de 2017 ..	21
3.6	Região onde a localização dos hidrômetros foi verificada acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps	22
5.1	Localização dos hidrômetros no campus Darcy Ribeiro acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps	27
5.2	Hidrômetros concentradores e raio de alcance das sub-redes acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps.....	27
5.3	Disposição de uma sub-rede acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps ...	28
5.4	Diagrama de blocos do nó básico.....	30
5.5	Localização dos concentradores acessado em setembro de 2018 pelo Google Maps.. ..	31
5.6	Diagrama de blocos do concentrador.....	32
5.7	Diagrama de blocos da estação base	33
5.8	Estrutura da sub-rede formada pela estação base acessado em setembro de 2018 pelo Google Maps	34
6.1	Disposição dos nós para o teste.....	36
6.2	Disposição dos nós para a simulação [29].....	38
A.1	Hidrômetro HYDRUS da Diehl.	57

LISTA DE TABELAS

1	Resultados encontrados no teste de funcionamento com o aumento da distância no corredor do SG 11	37
2	Resultados obtidos na transferência de informação entre os 4 nós transmissores e o nó concentrador	38
3	Resultados obtidos da simulação do aluno Lucas Krawctschuk [29]	39

LISTA DE SÍMBOLOS

Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
OMS	Organização Mundial da Saúde
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
GDF	Governo do Distrito Federal
RSSF	Rede de Sensores Sem Fio
UnB	Universidade de Brasília
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IoT	Internet of Things (internet das coisas)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MAC	Media Access Control (controle de acesso ao meio)
AODV	Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing
USB	Universal Serial Bus
AMR	Leitura Automática de Medidores
L-Bus	Versão modificada da M-Bus
M-Bus	Meter Bus
IrDA	Infrared Data Association
PWM	Pulse Width Modulation
ICSP	In Circuit Serial Programming
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
SRAM	Static Random Access Memory
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only
TTL	Time to Live
MOSI	Master Out Slave In
MISO	Master In Slave Out
LED	Light Emitting Diode
TWI	Two Wire Interface
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter
I2C	Inter-Integrated Circuit
DTR	Data Transfer Rate
PCB	Printed Circuit Board
PA	Power Amplifier
LNA	Low Noise Amplifier
FIFO	First In First Out
MCU	Multipoint Control Unit
RTC	Real Time Clock

1. Introdução

1.1. Motivação

A água é essencial para a vida. Sua disponibilidade, apesar de abundante no Brasil, é limitada e a cada ano o consumo de água aumenta. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o consumo ideal por dia para uma pessoa seria de 110l. Entretanto, de acordo com a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal CAESB o consumo dos brasilienses é o que se mostra no gráfico da Figura 1.1. Nota-se que estamos evoluindo na questão de redução do gasto de água por pessoa, mas ainda falta pouco para chegar na meta de 110l. O Distrito Federal tem uma população consumidora de pouco mais de 3 milhões de pessoas, segundo dados da CAESB [1], o que equivale a um consumo de 400 a 570 milhões de litros por dia e é abastecido pelas barragens do Descoberto e de Santa Maria. Se formos considerar a população da RIDE (Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno) que é abastecida pelo mesmo sistema de abastecimento hidráulico o número de habitantes sobe para mais de 4,5 milhões de pessoas. [2]



Figura 1.1 Consumo de água por pessoa no distrito federal entre 2011 e 2017 (1)

Devido à grande sazonalidade pluvial na região Centro-Oeste do país, há grandes flutuações nas reservas de água. Porém em 2016 o impacto foi muito maior causando uma enorme crise hídrica. Em janeiro de 2016, os reservatórios estavam no máximo, mas o consumo foi muito acentuado e o nível dos reservatórios caiu de forma abrupta. No dia 16 de janeiro de 2017 o reservatório do Descoberto registrou 19% do seu volume total e em 7 de novembro do mesmo ano chegou ao mais baixo nível registrado de 5,3%, conforme noticiado na época. [3]

Em janeiro de 2017 teve início o racionamento do abastecimento de água no Distrito Federal, com o abastecimento sendo cortado durante um dia a cada 6 dias. Infere-se do gráfico da Figura 1.1 que a campanha de racionamento juntamente com a conscientização da população mostrou-se efetiva, realmente diminuindo o consumo de água por habitante, porém como o Distrito Federal é a região que teve o maior crescimento populacional no país com uma taxa de 11,4% no período de 2012 a 2017. [4] é preciso ter atenção redobrada com o consumo de água.

Neste período de racionamento diversas campanhas foram feitas pelo Governo do Distrito Federal (GDF) para conscientizar a população, mas infelizmente nem todos têm consciência de que a água pode acabar, e algumas desperdiçam muita água nas atividades do cotidiano. Essa crise no sistema hidráulico em Brasília serviu também como um alerta para mostrar que é necessário se preocupar sempre com o gerenciamento deste recurso, pois ele é essencial para todos. É preciso tomar cuidado para que não se ultrapasse o limite diário de consumo de água, respeitando o ciclo natural da água e evitando o desperdício. O campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília tem uma área de aproximadamente 4km² [5]. O Anuário Estatístico de 2017 mostra que a população que circula na universidade, entre alunos de graduação, alunos de pós-graduação, técnicos e docentes é de cerca de 50 mil pessoas fora os funcionários das empresas prestadoras de serviços como lanchonetes, copiadoras entre outros e os visitantes que diariamente passam pela biblioteca e outras instalações da universidades, os quais não há registro da quantidade que frequenta a UnB diariamente. É necessário pensar em maneiras para diminuir o consumo de água no campus, evitando o desperdício, o que é vantajoso tanto para a UnB como para a cidade.

Para se desenvolver projetos que visem à economia de água, é preciso primeiro que se saiba quanta água é consumida. Porém, no presente momento, só é possível ter essa informação no final do mês na conta de água fornecida pela CAESB e com resolução máxima de 1 m³. Seria vantajoso se pudessemos ter essa informação num intervalo de tempo menor e com uma maior acurácia.

A figura 1.2 mostra o Campus Darcy Ribeiro o qual será tomado como base para estudo do projeto em questão

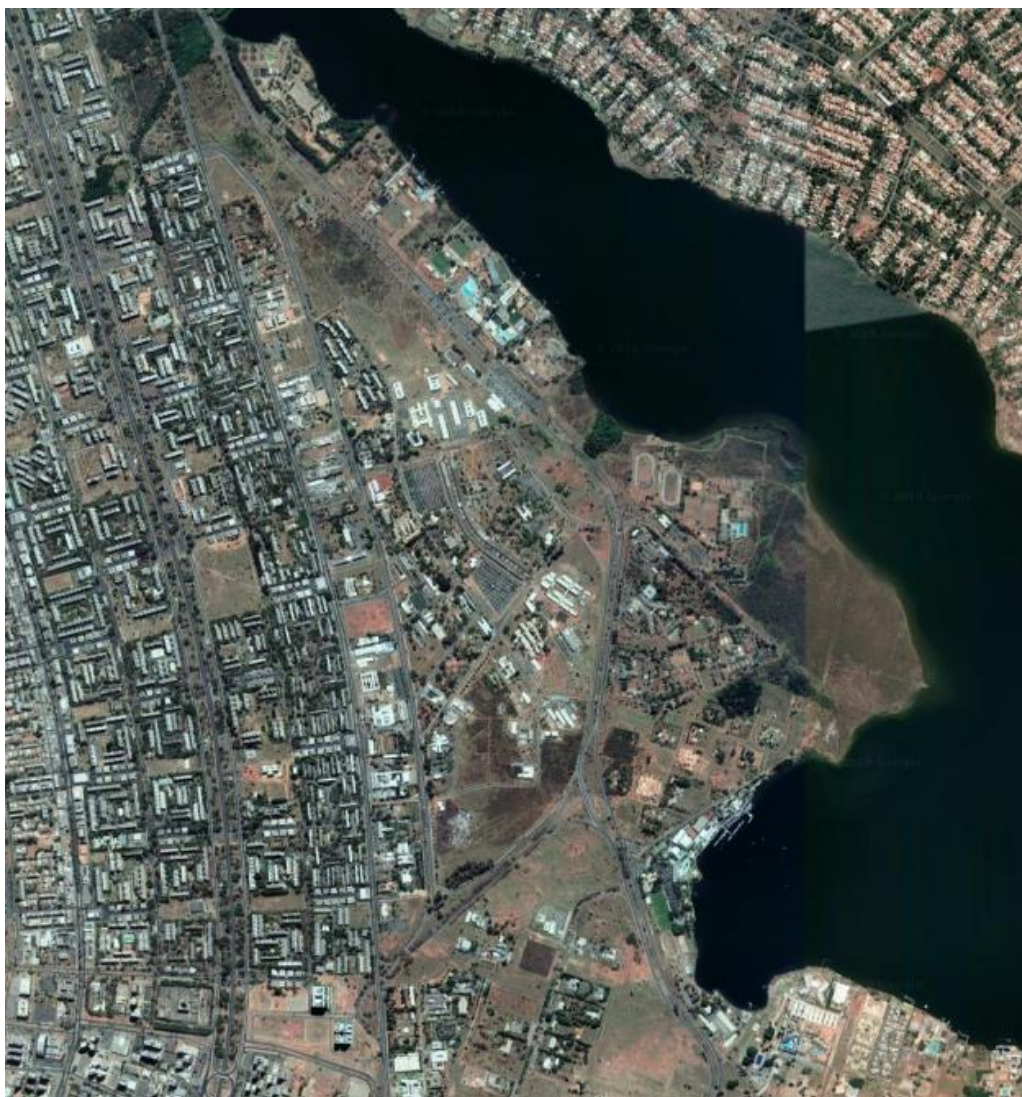


Figura 1.2 Imagem de satélite do Campus Darcy Ribeiro Acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps

1.2. Objetivos

Esse trabalho surgiu da necessidade de redução do consumo de água por parte da Universidade de Brasília, diante do baixo detalhamento desse consumo foi necessário desenvolver um projeto de Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) para realizar a medição do consumo de água nos diversos edifícios do Campus Darcy Ribeiro na UnB, de modo que tenhamos informações atualizadas sobre o consumo de água em cada prédio do campus. Isso nos permitirá atuar mais rapidamente em casos de consumo fora do padrão, e descobrir o que causou o consumo abusivo, já que as informações poderão ser analisadas em tempo real, e não só no final do mês. Essa rede servirá também para criar um mapa de consumo de água, de modo que outras iniciativas e outros projetos que visem a economia de água sejam mais facilmente implementados. Com maior disponibilidade de informações, espera-se que se possa traçar metas para redução do consumo de água na universidade.

2. Fundamentação teórica

Este capítulo trata dos conceitos explorados neste trabalho, tais como a Internet das Coisas, redes de sensores sem fio e controle de acesso ao meio em protocolos de rede de comunicação. Traz também uma descrição detalhada do hidrômetro da Diehl do modulo de comunicação Tmote sky do microcontrolador Arduino Uno, assim como de módulos de comunicação disponíveis como transceptor nRF24101+ e o modulo de comunicação RF433MHz.

2.1. Introdução

Hoje em 2018, a miniaturização e a integração cada vez maior de componentes eletrônicos permitiram a popularização cada vez maior de dispositivos eletrônicos móveis de comunicação sem fio, tais como tablets, telefones celulares smartphones, computadores notebooks, dispositivos vestíveis (google glass, apple watch). Com a interação deste tipo de dispositivos eletrônicos, veio a necessidade da comunicação entre eles.

Para transmissão de dados há dois tipos conhecidos cabeado e não cabeado. A transmissão não cabeada tem como principal vantagem não ser necessário a utilização de fios para realizar a comunicação entre dispositivos, aumentando assim a portabilidade e praticidade de utilização dos mesmos. Porém, há uma série de cuidados que precisam ser levados em conta com o uso deste meio para comunicação. Dentre eles, podemos destacar um consumo maior de energia e uma menor taxa de transmissão de dados, menor qualidade de serviço, tudo isto devido a uma maior taxa de erro e possíveis interferências, além de uma maior suscetibilidade a problemas relacionados à segurança de dados.

Para contornar tais problemas, várias organizações, comitês, grupos e institutos de engenheiros juntaram esforços para definir padrões e estabelecer metas de desenvolvimentos, além de realizar pesquisas acerca de determinado problema a ser solucionado no âmbito de comunicações sem fio. Um dos mais famosos institutos deste tipo é o IEEE, Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos vinculado a UIT, União Internacional de Telecomunicações [6] do qual o Brasil faz parte por estar vinculado a ONU. Dentre as mais variadas atuações na sociedade, o IEEE estabelece padrões para as mais diversas aplicações de dispositivos eletrônicos, desde o barramento de circuitos integrados até o protocolo de redes de comunicação.

A padronização de protocolos de redes de comunicação é essencial para o bom funcionamento de qualquer rede de dispositivos eletrônicos e de computadores, além de toda a Internet. Qualquer dispositivo conectado a uma rede de comunicação, que esteja fora dos padrões estabelecidos, irá causar um mal funcionamento da rede, com diversas implicações ao funcionamento da mesma. Esta padronização é estabelecida em várias normas internacionais, como por exemplo o IEEE 802.11 (redes WI-FI), IEEE 802.15.3 (Ultra-Wideband, etc.), IEEE 802.15.4 (Zigbee, etc.), IEEE 802.3 (Ethernet), dentre outros.

2.2. Internet das Coisas

A Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things, IoT*), é um conceito criado no final dos anos 90 pelos fundadores do *MIT Auto-ID center*, um centro de pesquisas relacionadas ao monitoramento de variáveis de objetos, seres e do ambiente, do MIT, *Massachusetts Institute of Technology* - Instituto de Tecnologia de Massachussets. O termo Auto-ID se refere a qualquer grande classe de tecnologia de identificação utilizada na indústria Internet das Coisas (para automatizar, reduzir erros e aumentar eficiência). [7]

Em setembro de 1999, Kevin Ashton, cofundador e diretor executivo do Auto-ID Center, proferiu uma palestra para a Procter & Gamble, e apresentou uma nova ideia do sistema RFID (Radio Frequency Identification) para a rastreabilidade do produto na cadeia de suprimentos. Para chamar a atenção dos executivos, ele colocou no título da apresentação a expressão IoT. Para Ashton (2009), os objetos do

mundo físico poderiam se conectar à internet, criando um mundo mais inteligente. Após 1999, a tecnologia RFID se destacou, sobretudo nas aplicações de cadeia de abastecimento. Estas tecnologias incluem códigos de barras, smart cards, sensores, reconhecimento de voz e biométrico. [7]

IoT é uma rede de objetos físicos, veículos, prédios e outros que possuem tecnologia embarcada, sensores e conexão com rede capaz de coletar e transmitir dados. A Internet das Coisas emergiu dos avanços de várias áreas como sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento. De fato, a IoT tem recebido bastante atenção tanto da academia quanto da indústria, devido ao seu potencial de uso nas mais diversas áreas das atividades humanas.

A Internet das Coisas nada mais é do que uma extensão da Internet atual, tal que proporciona a objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam) conexão com a Internet, conferindo capacidade computacional e de comunicação. A conexão com a rede mundial de computadores viabiliza, primeiro, controlar remotamente os objetos e, segundo permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços isto leva a um ganho de iteração não apenas entre objetos e seres humanos, mas também pode ocasionar iterações entre objetos

, como num sistema de carro automático em que os carros podem utilizar informações de outros carros para poder se locomover de melhor forma nas rodovias. Estas novas habilidades dos objetos comuns geram um grande número de oportunidades, tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial. Todavia, estas possibilidades apresentam riscos e acarretam amplos desafios técnicos e sociais. [8]

2.3. Redes de Sensores Sem Fio

A evolução tecnológica e a redução do custo de produção de circuitos eletrônicos, reduzindo a dimensão dos circuitos e dispositivos a níveis microscópicos, permitiu o desenvolvimento dos sistemas micro-eleto-mecânicos (MEMS) [9], que passaram a integrar diversos dispositivos eletrônicos do uso comum, reduzindo o preço de produção em escala dos produtos eletrônicos e aumentando a capacidade de processamento e operação dos mesmos. Rádios e transmissores que antes eram grandes e pesados, com capacidade de operação limitada, hoje são substituídos por dispositivos sem fio com alta taxa de transmissão de dados.

Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs) podem ser caracterizadas como um tipo especial de rede móvel ad-hoc que não depende de uma infraestrutura pré-estabelecida, operando sem uma topologia específica e composta por certa quantidade de componentes autônomos (chamados nós), que estão conectados entre si por meio de uma comunicação sem fio. As RSSFs são utilizadas para realizar o monitoramento de ambientes, realizando coleta de dados e os transmitindo para uma estação base onde poderão ser analisados e processados, e eventualmente os nós podem atuar sobre esse ambiente. [10]

Em aplicações onde uma grande área precisa ser monitorada, como no caso da telemetria no campus da UnB, as RSSFs aparecem como solução. Neste ambiente, é muito difícil montar uma arquitetura de rede de monitoramento onde todos os sensores se comunicam com os pontos de acesso via cabo, pois em uma estrutura cabeada com fios de cobre um descarga atmosférica ocasionaria queima de todos os nós ao mesmo tempo, uma saída para solução deste problema seria a utilização de fibra ótica, porém neste caso o custo inviabilizaria a produção deste sistema. A Rede de Sensores Sem Fio apresenta-se como mais vantajosa, por se adaptar às condições ambiente, podendo ser instalada em ambientes que uma rede com cabos não poderia. As redes de sensores sem fio podem ser configuradas em diversas topologias de transmissão de dados, de acordo com as necessidades da aplicação. Em redes menores, onde os sensores não se encontram muito distantes do ponto de acesso, é possível configurar uma topologia em estrela, com uso de dados *single-hop*, onde o sensor envia seus dados diretamente para o *gateway*. Redes maiores, por sua vez, tem seus sensores muito distantes do ponto de acesso, fazendo-se necessário que a topologia de malha seja utilizada, com uso de dados *multi saltos*, onde a informação passa por pelo menos um nó antes de chegar ao ponto de acesso. [11] Na Figura 2.1, temos a ilustração destas possíveis topologias na esquerda forma com ligações em apenas uma direção vemos a ligação em estrela em que todos os nós alcançam o concentrador em vermelho sem a necessidade de nenhum salto. Do lado direito vemos com comunicação nas duas direções vemos o detalhamento de uma rede mesh onde para alcançar o concentrador em vermelho alguns nós precisam efetuar saltos passando por outros nós da rede, a escolha do melhor caminho para execução destes saltos é processada na camada de roteamento da rede.

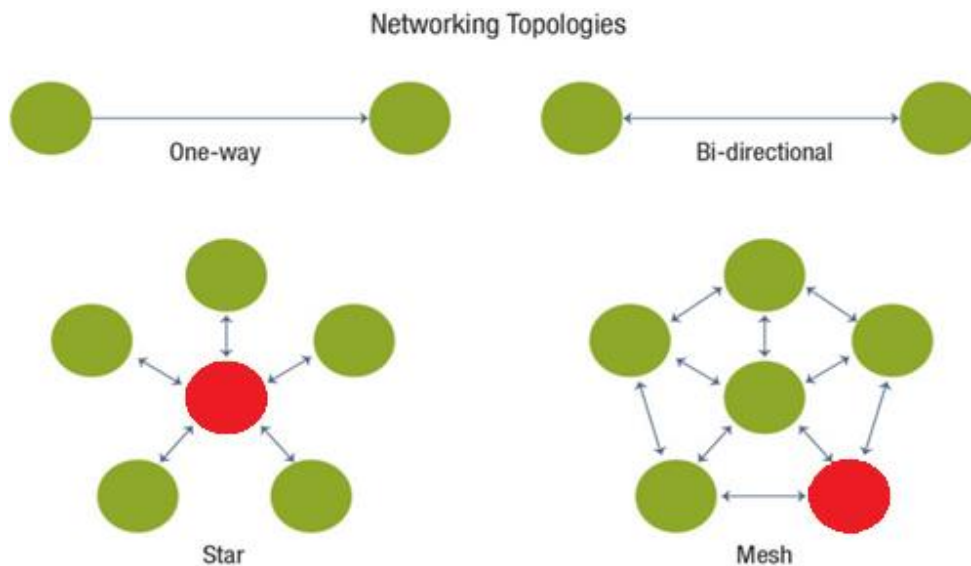


Figura 2.1 Topologias de redes de sensores sem fio.

RSSFs são caracterizadas por ter um baixo consumo de energia. Esse baixo consumo é necessário, pois os nós são geralmente alimentados por uma fonte de energia limitada, como baterias, e em muitas aplicações é muito difícil, substituir a fonte de energia. Mesmo em casos em que a troca de bateria é viável, o baixo consumo é interessante para diminuir os custos do projeto e diminuir a frequência de manutenção das cargas.

Afim de diminuir ainda mais a necessidade de intervenção humana na rede sempre que for possível os nós estarão conectados a rede elétrica, com baterias recarregáveis para ter autonomia em caso de queda na energia, onde não for possível conectar à rede elétrica é necessário a instalação de painéis solares que carreguem a bateria de fornecimento de energia de forma a aumentar a autonomia da rede.

Uma rede pode ter uma quantidade considerável de nós, desde dezenas até milhares de sensores. Dessa forma, deseja-se que a rede tenha o menor custo possível, por isto fica inviável a utilização de fibras óticas, e sendo escolhido o sistema de redes de sensores sem fio foi é importante para obtenção de um baixo custo da rede que cada nó tenha o menor custo possível, para que seja economicamente viável a realização do projeto.

Como os nós podem ser tanto estacionários como semimóveis, não a necessidade de determinar a localização exata de onde ficará cada nó. Além disso, caso seja feita alguma modificação na rede a quantidade de nós na rede pode ser alterada, sendo possível o acréscimo de novos nós, ou a retirada deles. Assim, caso algum nó pare de funcionar, isso não causará prejuízo a rede inteira, apenas àquele nó ou uma parte da rede que depender daquele nó, e reparos na rede podem ser feitas com o sistema operante.

2.4. Protocolo de Controle de Acesso ao Meio (MAC)

A camada MAC (*media access control*), ou camada de controle de acesso ao meio, é também conhecida como uma subcamada da camada física do modelo OSI de rede de computadores [12]. Quando um nó de uma RSSF quer enviar uma mensagem, ele a transmite para o meio, pelo canal de comunicação sem fio, de modo que múltiplos nós ao seu redor podem escutar essa mensagem. Desse modo, podemos dizer que o canal de comunicação sem fio é compartilhado. Como toda a comunicação será feita por esse canal compartilhado, é imprescindível que os protocolos de controle de acesso ao meio (MAC) sejam bem planejados. [13]

Assim, o protocolo da camada MAC é responsável por coordenar como que os diversos nós da rede poderão acessar o canal sem fio comum a todos, bem como estabelecer a conexão entre eles. As

principais características que um protocolo MAC deve ter são eficiência de transmissão, estabilidade, baixo atraso de acesso e baixo atraso de transmissão [14]. Diferente de outras redes ad-hoc, quando se trabalha com RSSFs, o protocolo MAC também deve ser planejado visando um baixo consumo de energia, visto que em RSSF muitas vezes as reservas de energia são limitadas [13], conforme visto na sessão 2.3.

Existem inúmeros protocolos MAC voltados para uso em RSSFs. Entre eles podemos citar o protocolo TMAC e o protocolo IEEE 802.15.4.

O protocolo TMAC é um protocolo baseado em contenção para acesso ao meio, visa uma alta economia de energia, e é de fácil implementação. Ele apresenta um ciclo de trabalho adaptativo, onde o ciclo de operação se adapta a carga da rede. No começo de cada intervalo de transmissão o nó começa a escutar o canal, tal que, caso não exista tráfego por uma certa quantidade de tempo, ele entra num estado de espera para economizar energia e religa no próximo intervalo. [13,15]

O protocolo IEEE 802.15.4 é um padrão que define a camada física e a camada MAC para redes de área pessoal sem fio e de baixo consumo. Ele é mantido pelo grupo de trabalho IEEE 802.15.

Em relação a camada MAC, o IEEE 802.15.4 é baseado num *superframe* operado pelo mecanismo CSMA/CA, onde o nó que necessita enviar uma mensagem primeiro verifica se o canal está disponível. Caso não esteja, ele adormece por um período de tempo, e tenta novamente até que o canal esteja livre e ele possa transmitir. Além disso, existe um sistema de prevenção de colisões, onde mensagens de controle são trocadas para garantir que o canal está realmente livre. Nesse esquema o nó escuta o canal antes de transmitir. [13]

Ele também permite um esquema de multiplexação no tempo, onde o coordenador da rede pode reservar partes do *superframe* para um dispositivo específico, chamado de tempo garantido de slot (*GTS-Guaranteed Time Slot*). Isso garante um tempo livre de contenção do canal, de modo que se diminua ainda mais a possibilidade de colisões de mensagens. [16]

2.5. Camada de Roteamento

Como o alcance de comunicação dos nós é limitado, em RSSF sobre grandes áreas é necessário que haja comunicação multisaltos para que a informação chegue ao seu destino. Os protocolos da camada de roteamento são responsáveis por definir o caminho que a mensagem deve percorrer dentro da rede para chegar até seu destinatário. Existem várias maneiras de se realizar essa tarefa, e o modo como ela é executada afeta diretamente a eficiência da rede. [17]

Protocolos de RSSFs diferem um pouco de protocolos utilizados para outras redes ad-hoc. Geralmente busca-se uma rede com baixo consumo de energia, logo o protocolo de roteamento deve levar isso em conta. Além disso, geralmente RSSFs são centradas no dado, o que significa que o usuário está mais interessado de acessar a informação de certo fenômeno (que pode ter sido medida por mais de um nó) do que obter informações de nós específicos. [13]

Um exemplo de protocolo de roteamento que pode ser utilizado em RSSFs é o protocolo AODV. Ele é um protocolo de roteamento reativo, o que significa que rotas somente são traçadas quando requisitadas. Além disso, ele tenta sempre escolher a menor rota possível, de modo a economizar energia.

Nesse protocolo, os nós que conseguem se comunicar diretamente são chamados de vizinhos. A viabilidade dessas conexões é verificada periodicamente. Quando um nó precisa enviar uma mensagem para outro que não é seu vizinho, ele transmite uma mensagem de requisição de rota (*RREQ – Route Request*) para seus vizinhos. Sempre que um nó recebe uma *RREQ* ele tem duas opções: caso ele seja o destinatário da mensagem, ou caso conheça uma rota até ele, uma mensagem de resposta de rota (*RREP – Route Reply*) é enviada de volta para o nó requisitante. Caso contrário, ele reenvia a *RREQ* para seus vizinhos, e isso se repete até que a primeira opção seja alcançada. Assim que o nó que enviou a *RREQ* descobre uma rota válida para o destinatário, ele envia a mensagem pela melhor rota disponível.

As rotas descobertas são armazenadas por um tempo pré-determinado. Depois de um tempo sem ser utilizada, ela expira, e um novo processo de descobrimento de rota precisa ser realizado. Isso ocorre porque depois de certo tempo sem uso, o nó não tem como ter certeza se a rota continua válida. Assim,

para evitar erros, ele apaga essa rota. Caso um nó receba mais de uma rota para certo destinatário, ele manterá somente a rota mais curta. Caso um nó receba uma mensagem que precise passar para outro nó, mas não consiga, uma mensagem de erro de rota (RERR – *Route Error*) é enviada de volta, e a rota é apagada.

2.6. Hidrômetros

O hidrômetro foi inventado no século VI pela filósofa, astrônoma e matemática Hipátia. Os contadores modernos foram desenvolvidos por volta do século XIX, com o domínio das técnicas metalúrgicas finas.

Um contador de água, também designado hidrômetro é um instrumento de medição volumétrica de água que passa numa parte da rede de abastecimento de água.[18]

É utilizado em larga escala pelas empresas de abastecimento de água para medir o consumo dos seus clientes, permitindo a emissão das contas de acordo com o volume consumido por cada um. Além disso, ajuda a estimar as perdas entre a produção e a distribuição de água. O contador de água e a posterior emissão de conta conforme o que foi consumido também ajudam os consumidores a ter consciência sobre a importância da utilização racional da água e de se evitar vazamentos e desperdícios.

Além de medidores de água, são fabricados contadores de água especiais para água quente, leite, bebidas e alguns produtos químicos no estado líquido.

Os contadores de água são fabricados conforme a necessidade de operação e recebem classificações que os diferenciam um do outro construtiva e operacionalmente.

Os contadores de água são projetados e fabricados levando-se em conta apenas o fluido que vão medir. Assim, o medidor para água fria terá um projeto e o destinado à água quente será fabricado com outro projeto e outros materiais. Mas não há preocupação em classificá-los quanto ao uso, se residencial, comercial ou industrial. Todavia, se convencionou chamar de medidor residencial aquele fabricado em maior escala e com menores dimensões. Medidores industriais são os medidores de maior tamanho que por sua maior capacidade de vazão são empregados geralmente para fins industriais ou comerciais. Não há, mesmo assim, qualquer regra que determine o emprego de um medidor exclusivamente em residências que não possa ser empregado em indústrias ou comércio e vice-versa. O que vai determinar se ele terá uso residencial ou industrial é tão somente o consumo mensal, ou seja, as vazões de operação. Portanto, um contador de água dito residencial pode perfeitamente ser instalado numa indústria ou residência, desde que atendidas as condições técnicas de operação. Da mesma forma, um contador de água de grandes proporções, dito industrial, pode ser instalado, por exemplo, em um prédio com vários apartamentos, ou até mesmo em bairros. [19]

2.6.1. Contadores de água taquimétricos ou de velocidade

É o hidrômetro que tem o mecanismo interno acionado pelo líquido em movimento com uma certa velocidade. Ao entrar no medidor, o fluido é direcionado em um ou mais jatos e aciona a turbina ou hélice, gerando movimentos de rotação. O totalizador é então acionado e faz registros proporcionais à rotação da turbina, acumulando e indicando o volume em metro cúbico ou litros. [19]

2.6.2. Contadores de água volumétricos

No contador de água volumétrico não existe uma turbina e sim um êmbolo ou anel. É um recipiente que se enche com a entrada do líquido e transporta para a saída do medidor um determinado volume. O fenômeno de transporte dá-se pela diferença de pressão, que é maior na entrada do que na saída do aparelho. O êmbolo executa movimento circular em torno do próprio eixo, gerando os movimentos necessários para acionar o totalizador. A partir daí o registro de volumes dá-se da mesma forma que nos demais contadores de água. [19]

2.6.3. Contadores de água monojato

É o contador de água taqueométrico que tem a turbina acionada por um só jato de líquido. É também chamado de contador de água unijato ou de jato único. Outra característica dos contadores de água deste tipo é que o jato de água incide diretamente na turbina, podendo os contadores de água ser afetados pelas impurezas retidas no filtro. Uma obstrução do mesmo pode provocar o aumento da velocidade da incidência do jato sobre a turbina alterando a precisão do aparelho. [19]

2.6.4. Contadores de água multijato

Nestes medidores o mecanismo interno é acionado por vários jatos de água que incidem tangencialmente na turbina. Os jatos formam pares de forças – uma incide pela direita no sentido AB e outra incide pela esquerda no sentido BA – proporcionando perfeito equilíbrio à turbina, quando em rotação. [19]

2.6.5. Contadores de água úmidos e secos

É dito hidrômetro úmido aquele que tem todo o mecanismo interno mergulhado no líquido medido. Tanto a turbina quanto os conjuntos de engrenagens e o totalizador trabalham completamente submersos.

Os contadores de água secos são os que têm placa separadora, assim chamada pela finalidade específica de separar o medidor em duas partes: uma molhada e outra seca. Na parte submersa do medidor estão a turbina e, se for o caso, o trem redutor de velocidade. Na parte seca é montado o totalizador, também chamado impropriamente de relojoaria. [19]

2.6.6. Contadores de água mecânicos

Um contador de água mecânico é o que tem sistema de transmissão mecânica. Os movimentos da turbina são transferidos mecanicamente ao conjunto de engrenagens que compõe o totalizador, fazendo uso de um eixo que atravessa a placa separadora – placa que separa a parte seca da parte molhada, nos hidrômetros secos.[19]

2.6.7. Contadores de água magnéticos

É aquele em que a transmissão dos movimentos da turbina dá-se através de um par de ímãs, posicionado acima e abaixo da placa separadora. O ímã propulsor é fixado na ponta do eixo da turbina e aciona o ímã propelido que se aloja no outro lado da placa separadora. Quando gira a turbina, gira também o mecanismo (totalizador) acoplado ao ímã propelido. [19]

2.6.8. Contadores de água pulso seco

Independentemente do método de medição do consumo é possível a utilização do pulso seco como uma forma de sinalização da quantidade de água consumida, onde a cada determinada vazão de água, medido por uma das alternativas acima é gerado um pulso com tensão e correntes definidos de acordo com o fabricante do produto. Com isto no mercado encontra-se diversas variações de produtos hidrômetro unijato com pulso seco, multijato com pulso seco, magnético com pulso seco, entre outros.

2.7. Microcontrolador

2.7.1. Tmote Sky

Tmote Sky como pode ser visto na Figura 2.2 é um módulo wireless de consumo de energia ultrabaixa para uso em redes de sensores, aplicações de monitoramento e prototipagem de aplicativos. aproveita os padrões da indústria como USB e IEEE 802.15.4 para interoperar sem problemas com outros dispositivos. Usando padrões industriais, integrando umidade, sensores de temperatura e luz, e fornecendo interconexão flexível com periféricos, permite uma ampla gama de aplicações de rede mês. É um substituto para o bem-sucedido design do Telos da Moteiv. Inclui maior desempenho, funcionalidade e expansão. Com o suporte do TinyOS pronto para uso, aproveita os protocolos sem fio emergentes e a movimentação do software de código aberto. Faz parte de uma linha de módulos com sensores de bordo para aumentar a robustez enquanto custo decrescente e tamanho do pacote. [20]



Figura 2.2 Módulo do sensor Tmote Sky [20]

Características principais:

- Transceptor Sem Fio de 250kbps 2.4GHz IEEE 802.15.4 Chipcon
- Interoperabilidade com outros dispositivos IEEE 802.15.4
- Microcontrolador Texas Instruments MSP430 de 8MHz (10k de RAM, 48k de Flash)
- ADC Integrado, DAC, Supervisor de Tensão de Alimentação e Controlador DMA
- Antena integrada com alcance de 50 m em ambientes fechados / alcance de 125 m ao ar livre
- Sensores integrados de umidade, temperatura e luz
- Consumo de corrente ultrabaixo
- Despertar rápido do sono ($<6\mu\text{s}$)
- Criptografia e autenticação de camada de link de hardware
- Programação e coleta de dados via USB

- Suporte de expansão de 16 pinos e conector de antena SMA opcional
- Suporte ao TinyOS: rede mesh e implementação de comunicação

2.7.2. Microcontrolador Arduino Uno

O Arduino Uno é uma placa micro controladora baseada no ATmega328. Tem 14 pinos de entrada / saída digitais (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de reinicialização. Contém tudo que é necessário para suportar o microcontrolador; basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou ligá-lo com um adaptador AC-to-DC ou bateria para começar. Na figura 2.3 podemos verificar uma placa Arduino Uno. [21]

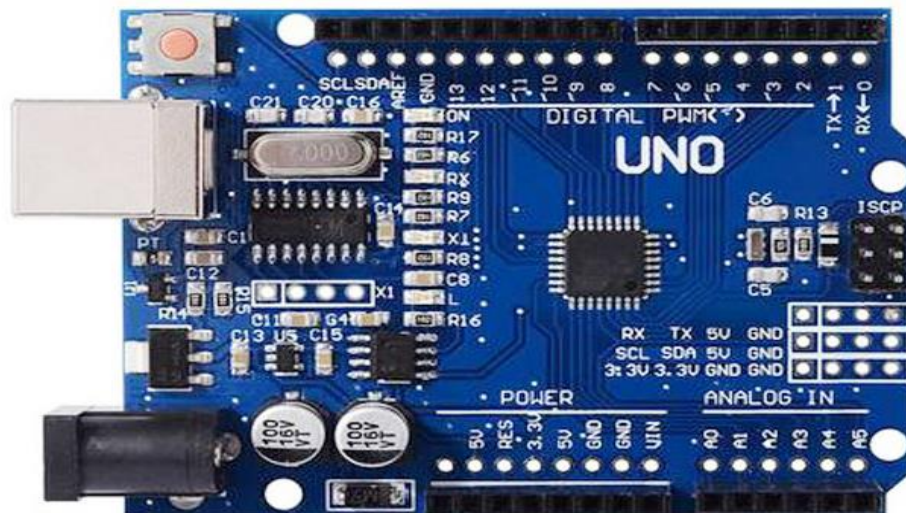


Figura 2.3 Placa do micro controlador Arduino Uno [21]

"Uno" significa um em italiano e é nomeado para marcar o próximo lançamento do Arduino 1.0. O Uno e a versão 1.0 serão as versões de referência do Arduino, avançado. O Uno é o mais recente de uma série de placas USB Arduino e o modelo de referência para a plataforma Arduino.

características principais:

- | | |
|------------------------------------|---|
| • Microcontrolador: | ATmega328 |
| • Tensão de Operação: | 5V |
| • Tensão de entrada (recomendado): | 7-12V |
| • Tensão de entrada (limites): | 6-20V |
| • Pinos digitais I / O: | 14 (dos quais 6 fornece saída PWM) |
| • Pinos de Entrada Analógica: | 6 |
| • Corrente DC por pino de E / S: | 40 mA |
| • Corrente DC para pino de 3,3V: | 0 mA |
| • Memória flash: | 32 KB, dos quais 0,5KB usados pelo bootloader |
| • SRAM: | 2 KB |
| • EEPROM: | 1 KB |
| • Clock Speed : | 16 MHz |

2.8. Módulo transceptor

O módulo transceptor é o responsável por estabelecer a comunicação sem fio entre os nós da rede de sensores sem fio.

2.8.1. Módulo de transmissão RF433MHz

O módulo RF (*transceiver*) é constituído por duas partes: transmissor (*transmitter*) e receptor (*receiver*) como é possível verificar na Figura 2.4. O transmissor, como o próprio nome já diz, é responsável por emitir o sinal para o receptor; já o receptor, capta os sinais oriundos do transmissor. Essa comunicação é viabilizada pelas antenas, que podem ser modificadas para melhorar a qualidade do sinal captado. [22]

características principais:

transmissor

- frequência de 433MHz
- tensão de operação de 3,5V-12V
- distancia de transmissão 20-200m
- velocidade de transmissão 4kb/s

Receptor

- frequência de 433MHz
- tensão de operação 5VDC
- corrente de operação 4 mA
- sensibilidade de -105 dB.



Figura 2.4 Módulos de transmissão e recepção RF433MHz [22]

2.8.2. Transceptor nRF24I01+ com PA e LNA

O transceptor nRF24I01+ com PA e LNA é um dispositivo de transmissão de dados sem fio com 2 amplificadores um de baixo ruído LNA e outro e alto ganho PA, além de uma antena de ganho de 2 dBi, utilizado para fazer comunicação sem fio entre dispositivos, seja eles com Arduino ou outro microcontrolador qualquer, como podemos ver na Figura 2.5 a placa já vem com os 2 amplificadores mais a antena embutidos [23]

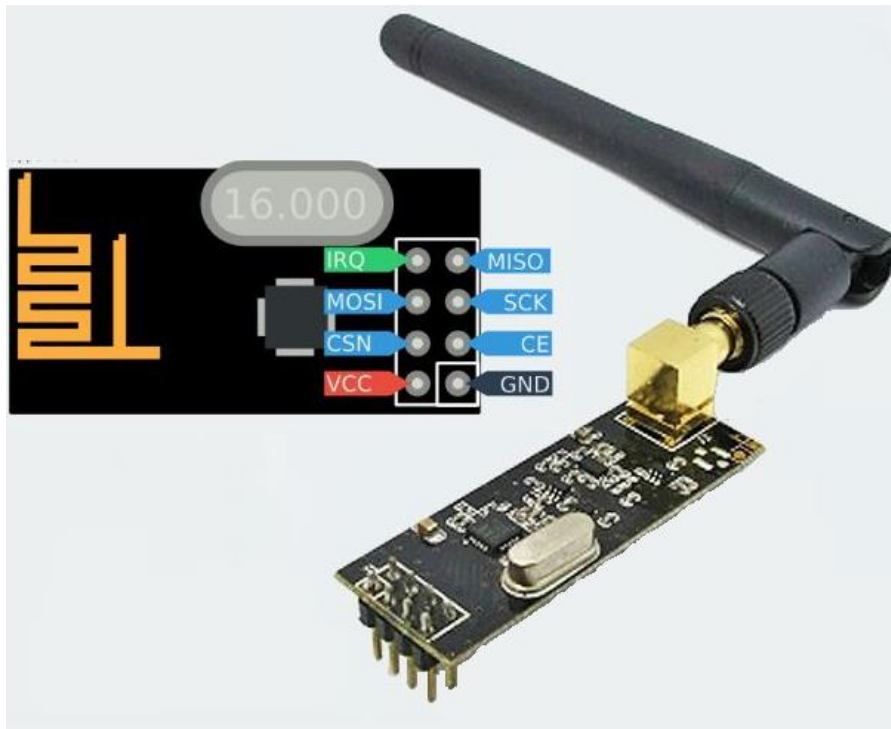


Figura 2.5 Módulo transceptor nRF24I01+ com LNA + PA [23]

- Opera na faixa de frequência de 2.4GHz
- 3 modos de transmissão de dados 250Kbps, 1Mbps e 2Mbps, conforme menor a taxa de transmissão maior a sensibilidade do dispositivo e assim aumentando o alcance do mesmo, -82dBm de sensibilidade a 2Mbps, -85dBm de sensibilidade a 1Mbps e -94dBm de sensibilidade a 250kbps.
- Consumo de operação muito baixo
- Consumo variável de acordo com a potência de saída, pode ser programado para 0 com 11.3mA de consumo, -6 com 9.0 mA, -12 com 7.5mA ou -18 dBm com 7.0 mA escolhidos de acordo com a necessidade de alcance e de consumo.
- Consumo de 13,4 mA para recepção a taxa 2Mbps.
- 900nA desligado
- 26 μ A em modo de espera.
- Regulador de tensão no chip
- 1.9 a 3.6 V de tensão suportada
- Protocolo próprio de comunicação da camada de dados para manipulação de pacotes o Enhanced ShockBurst
- Pode comunicar com até 6 dispositivos ao mesmo tempo
- Compatibilidade com nRF24I01

- ± 60 ppm 16MHz crystal
- Entradas tolerantes 5V
- Antena onidirecional de 2 dBi
- Amplificador de potência PA de 20 dB
- Amplificador de baixo ruído LNA de 10 dB com ruído de 2.6 dB
- 125 canis de escolhas com frequências entre 2.400GHz a 2,525GHz.

Protocolo Enhanced ShockBurst

O Enhanced ShockBurst apresenta o manuseio automático de transações de pacotes para facilitar a implementação de um link de dados bidirecional confiável. Durante a transmissão, o ShockBurst monta o pacote e trava os bits no pacote de dados para transmissão. Durante a recepção, o ShockBurst procura constantemente por um endereço válido no sinal demodulado. Quando o ShockBurst encontra um endereço válido, ele processa o restante do pacote e a válida pelo CRC. Se o pacote for válido, a carga útil será movida para um slot vazio nos FIFOs de RX. Todo o manuseio e temporização de bits de alta velocidade é controlado pelo ShockBurst. Uma transação de pacote Enhanced ShockBurst é uma troca de pacotes entre dois transceptores, com um transceptor atuando como Receptor Primário (PRX) e o outro transceptor atuando como o Transmissor Primário (PTX). Uma transação de pacote Enhanced ShockBurst é sempre iniciada por uma transmissão de pacote do PTX, a transação seja concluída quando o PTX recebeu um pacote de confirmação (pacote ACK) do PRX. O PRX pode anexar dados do usuário ao pacote ACK, permitindo um link de dados bidirecional. [23]

O manuseio automático de transações de pacotes funciona da seguinte maneira:

- Você inicia a transação transmitindo um pacote de dados do PTX para o PRX. O Enhanced ShockBurst define automaticamente o PTX no modo de recepção para aguardar o pacote ACK.
- Se o pacote for recebido pelo PRX, o Enhanced ShockBurst monta e transmite automaticamente um pacote de confirmação (pacote ACK) ao PTX antes de retornar ao modo de recepção.
- Se o PTX não receber o pacote ACK imediatamente, o Enhanced ShockBurst retransmite automaticamente o pacote de dados original após um atraso programável e define o PTX no modo de recepção para aguardar o pacote ACK.

No Enhanced ShockBurst é possível configurar parâmetros como o número máximo de retransmissões e o atraso de uma transmissão para a próxima retransmissão. Todo o manuseio automático é feito sem o envolvimento do MCU.

As principais características do ShockBurst são:

- Pacotes com comprimento de 1 a 32 bytes
- Manipulação automática de pacotes
- Manipulação automática de movimentações de pacotes
 - Reconhecimento automático de informações uteis
 - Auto retransmissão
- 6 rotas de dados (PIPES) MultiCeiver para redes estrelas com até 6 ramificações

2.8.2.1. MultiCeiver

MultiCeiver é um recurso usado no modo de recepção que contém um conjunto de seis canais de dados paralelos com recursos exclusivos. Um pipe de dados é um canal lógico no canal RF físico. Cada canal de dados tem sua própria decodificação de endereço físico no nRF24L01 + podemos ver um esquemático do MultiCeiver na Figura 2.6.

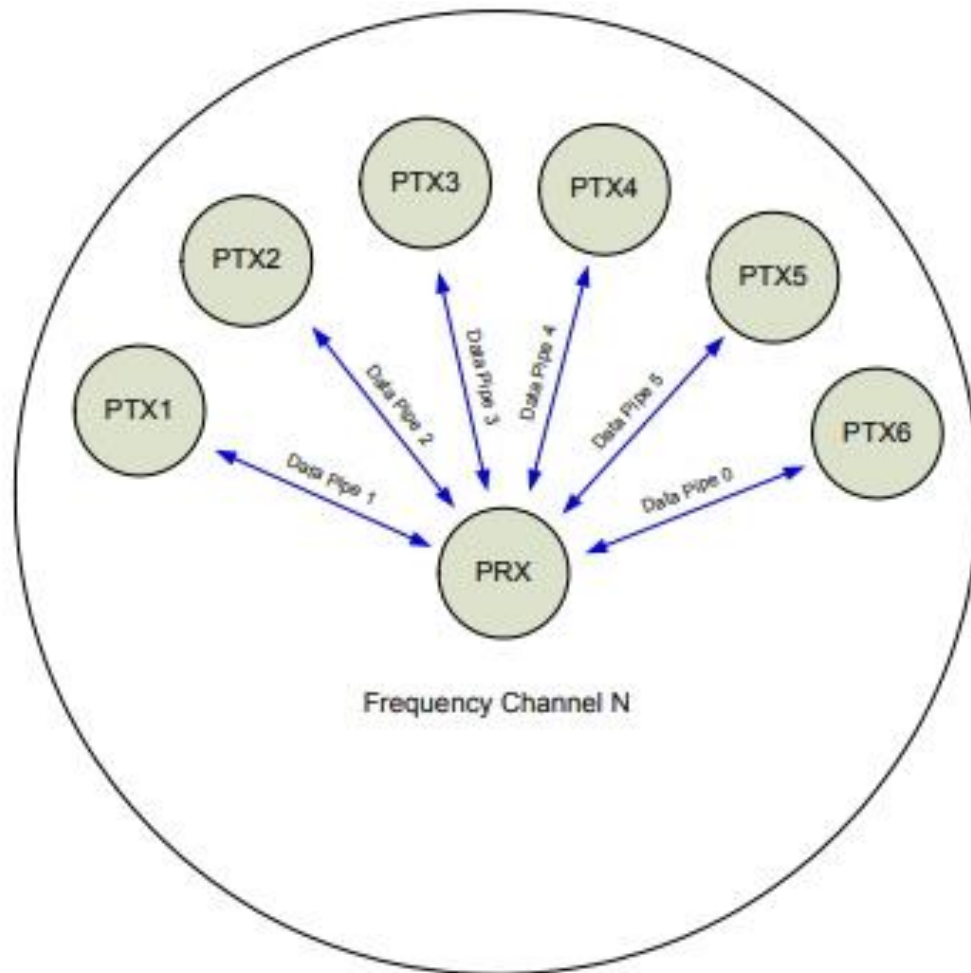


Figura 2.6 Funcionamento do MultiCeiver [23]

NRF24L01+ configurado com PRX (receptor primário) pode receber dados endereçados de 6 diferentes data pipes em um canal de frequência como mostrado na figura, cada pipe de dados com seu próprio endereço é configurado na programação da controladora Arduino UNO.

Até 6 nRF24L01+ pode configurado como PTX (transmissor primário) comunicar com um nRF24L01 configurado como PRX. Todos os endereços data pipe são procurados simultaneamente, mas apenas um data pipe pode receber pacotes de cada vez. Todos funcionando com o protocolo Enhanced Shockburst. [23]

2.9. Módulo RTC

O modulo RTC é composto pelo chip DS1307, que é um relógio de tempo real e uma EEPROM 24C32, que é usada para gravar dados, além de suportar o protocolo I2C.

Este módulo como visto na Figura 2.7 é alimentado por uma bateria de célula de lítio, onde o relógio / calendário fornece como informações: segundos, minutos, horas, dias da semana, dia do mês, mês e ano. No fim do mês a data é ajustada automaticamente para meses com menos de 31 dias, incluindo correções para o ano bissexto até 2100. O relógio funciona no formato de 24 horas ou de 12 horas com indicador de AM / PM. [24]

Características do DS1307:

- 56-Bytes, com bateria de apoio, não volátil (NV) de RAM para armazenamento de dados; Interface serial I2C;
- Tensão: 4,5V ~ 5,5V;

- Corrente: 1,5mA;
- Sinal de saída programável em onda quadrada;
- Consome menos de 500nA no modo oscilador.
- Informa: segundos, minuto, horas (formato 12h e 24h), dias da semana, dia do mês, mês e ano.

Características do 24C32:

- Interface serial I2C;
- Memória: 4K x 8 bits (32Kbit);
- Tensão: 4,5V ~ 5,5V; - Retenção de dados: 200 anos.

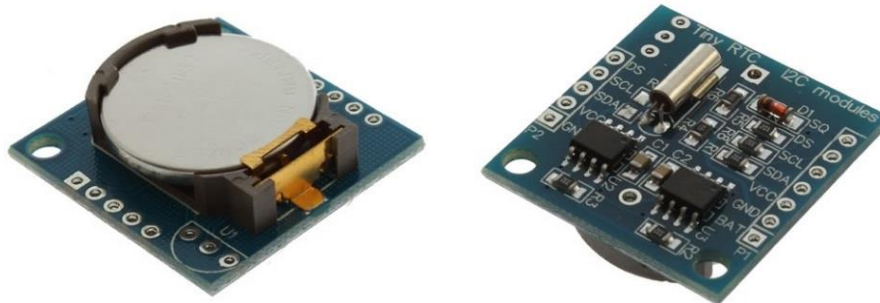


Figura 2.7 Módulo RTC [24]

2.10. Válvula Solenoide

A válvula solenoide nada mais é do que uma válvula eletromecânica controlada. Ela recebe o nome de solenoide devido ao seu componente principal ser uma bobina elétrica com um núcleo ferromagnético móvel no centro, sendo este núcleo chamado de êmbolo. Em uma posição de repouso, o êmbolo tampa um pequeno orifício por onde é capaz de circular um fluido. Quando uma corrente elétrica circula através da bobina, esta corrente cria um campo magnético que por sua vez exerce uma força no êmbolo. Como resultado, o êmbolo é puxado em direção ao centro da bobina de modo que o orifício se abre e este é o princípio básico que é usado para abrir e fechar uma válvula solenoide. [25]

A Figura 2.8 mostra os componentes de uma válvula solenoide.

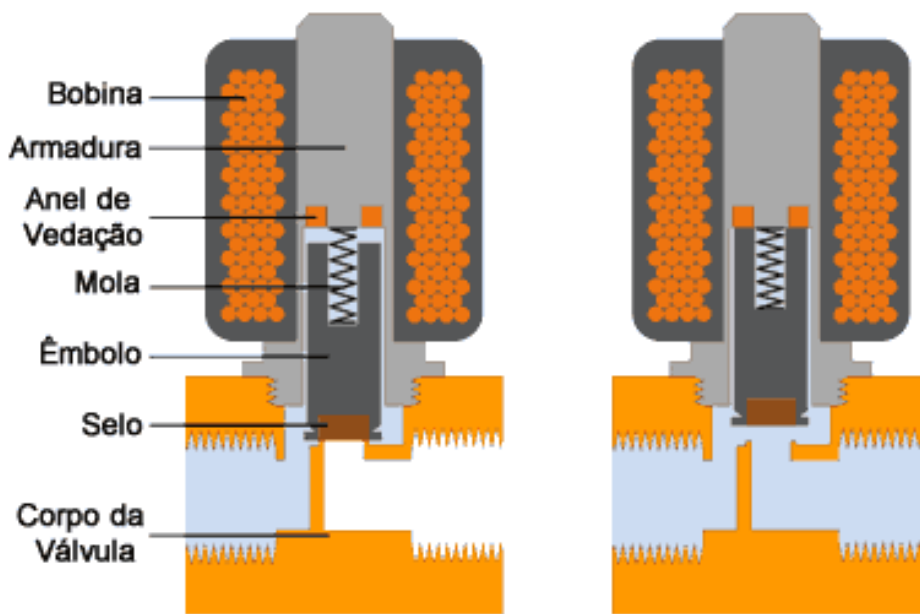


Figura 2.8 Componentes de uma válvula solenoide [25]

3. Metodologia

Neste capítulo é descrito os procedimentos utilizados para a composição do trabalho todos os procedimentos e pesquisas utilizados.

3.1. Análise do consumo de água na UnB

De posse do arquivo com as contas de água disponibilizados pela prefeitura foi feita a análise do consumo de água em cada prédio da UnB no período de janeiro de 2015 a setembro de 2017. Vale destacar que os semestres letivos geralmente têm início na segunda semana de março e de agosto e tem termino geralmente na segunda semana de julho e de dezembro. Segundo o anuário estatístico da UnB o número de pessoas que circulam nas instalações da UnB entre 2014 e 2016 teve uma variação muito pequena para que influencia de forma significativa no consumo de água, em 2014 eram 49.199 pessoas em 2015 51.908 pessoas e em 2016 50.703 pessoas entre alunos de graduação, alunos de pós-graduação, docentes e técnicos administrativos [5].

Para ter uma ideia foi feita a análise do consumo de água de alguns edifícios do campus SG11, SG12, FT e ICC e depois do consumo total da UnB. Diante da pequena acurácia na medida que tem-se hoje estes valores são utilizados como base do consumo esperado para o futuro sem informações suficientes para descrever o porquê de tal consumo.

3.1.1. Consumo no prédio SG 11

O conjunto dos pavilhões de Serviços Gerais (SGs) de dois pavimentos – formado pelo SG 9, SG 11 e SG 12 – foi projetado em 1962 por João da Gama Filgueiras Lima (Lelé). Originalmente o SG 11 possuía mezanino atirantado nos vigamentos de cobertura visando uma maior flexibilidade no uso dos espaços. Até meados de 1970 o edifício abrigou os Institutos de Biociências, Física e Química e atualmente é utilizado pelos por laboratórios vinculados aos alunos do departamento de Engenharia Elétrica da Unb.[18] como podemos ver na figura 3.1 o gráfico do consumo de água nas instalações do SG 11, aparentemente houve algum problema na rede hidráulica no período de junho a dezembro de 2015 pois o consumo foi muito baixo, lembrando que apesar de mostrar um consumo de 10 m³ não é possível saber o quanto foi realmente consumido, pois estamos analisando o consumo de acordo com a tarifação da CAESB e a mesma cobra a mesma tarifa para valores de 0 à 10 m³, então não é possível saber o consumo nesse período.

Em 2017 houve o começo do racionamento de água no distrito federal, apesar da UnB não aderir ao racionamento chegou a preocupação com a racionalização do consumo de água o que refletiu numa forte diminuição do consumo.

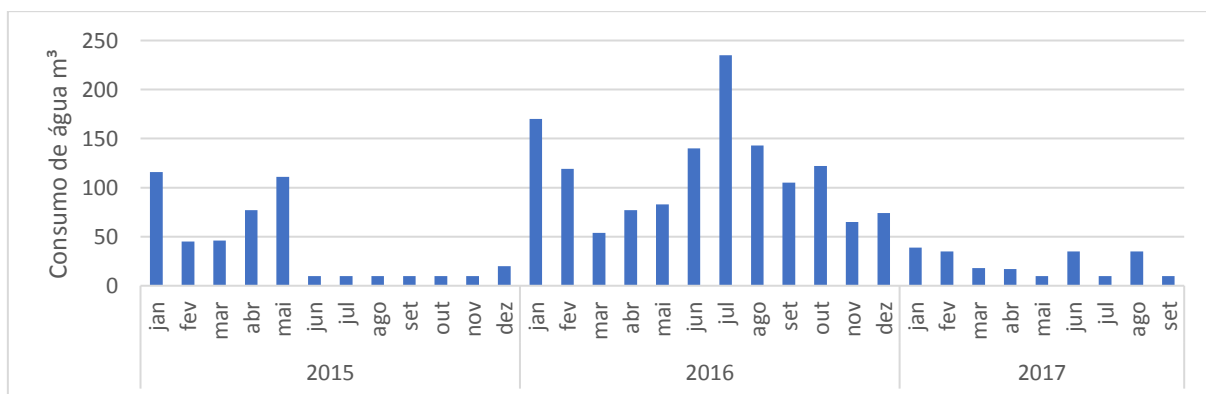


Figura 3.1 Gráfico do consumo de água do SG 11 entre janeiro de 2015 e setembro de 2017

3.1.2. Consumo no prédio SG 12

Originalmente o SG 12 possuía mezanino atirantado nos vigamentos de cobertura visando uma maior flexibilidade no uso dos espaços. Até meados da década de 1970 abrigava a Biblioteca Central, o Instituto de Ciências Humanas e o Instituto de Letras. Atualmente sedia laboratórios vinculados aos alunos dos departamentos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental. Está localizado no Setor Centro do *Campus* Universitário Darcy Ribeiro. [26] Como podemos ver na figura 3.2 o gráfico do consumo de água nas instalações do SG 12, observa-se uma grande variação do consumo de água no período entre abril e junho de 2016 com um consumo acima do encontrado para o mesmo mês nos outros anos. Novamente é possível perceber a redução do consumo em 2017 visto como resultado positivo das campanhas de conscientização para redução do consumo de água pelo GDF.

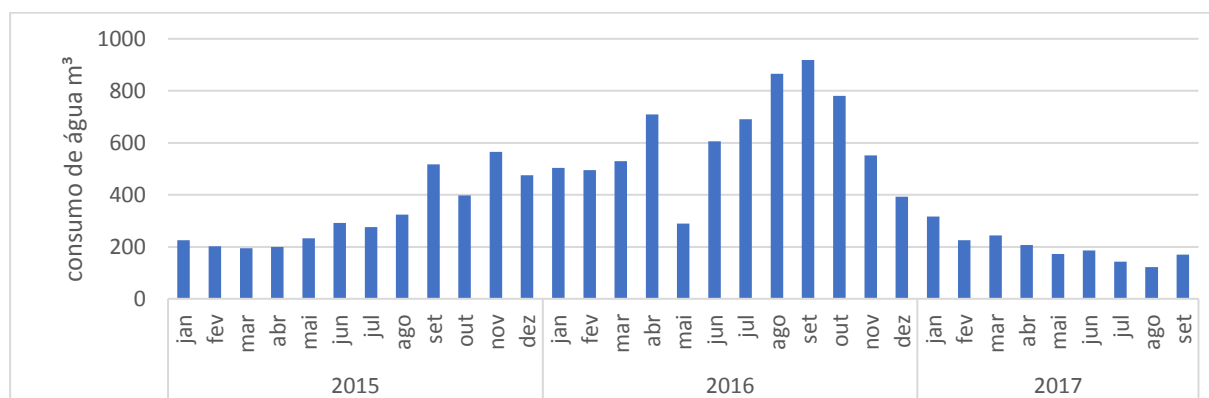


Figura 3.2 Gráfico do consumo de água do SG 12 entre janeiro de 2015 e setembro de 2017

3.1.3. Consumo no prédio da Faculdade de Tecnologia

O edifício que abriga a Faculdade de Tecnologia (FT) foi projetado por Érico Paulo Siegmur Weidle e Adilson Costa Macedo. Construído entre 1974 e 1977. O conjunto da Faculdade é composto por prédio principal, formado por blocos intercalados de jardins, e três blocos independentes: o Laboratório de Termociência e Metrologia Dinâmica, o Laboratório de Hidráulica e Estruturas e a, ainda em construção, a Unidade de Laboratório de Ensino de Graduação da Faculdade de Tecnologia (ULEG).[26] Está localizado no Setor Centro do *Campus* Universitário Darcy Ribeiro. O edifício é onde são ministradas as aulas teóricas e práticas para os alunos dos cursos de engenharia elétrica, engenharia mecânica, engenharia civil, engenharia ambiental, engenharia mecatrônica, engenharia florestal, engenharia de redes de computadores, engenharia da computação, engenharia de produção e engenharia química.

A instalação é composta basicamente de salas de aulas e sala de professores e alguns laboratórios.

Podemos ver na figura 3.3 o consumo de água na FT. É possível verificar uma anormalidade no consumo no mês de novembro de 2015, e que a campanha de redução do consumo de água não surtiu efeito nesta instalação, pois em 2017 ouve um aumento e não redução no consumo de água.

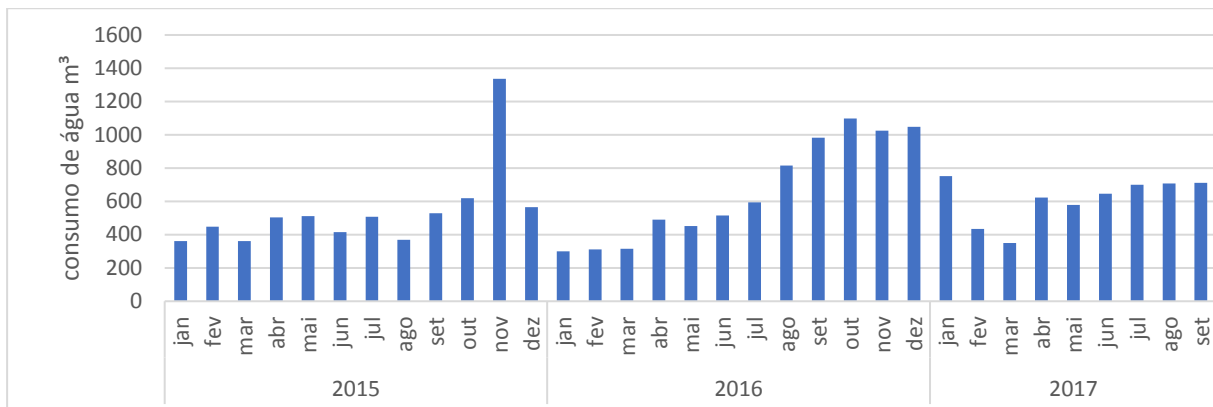


Figura 3.3 Gráfico do consumo de água da FT entre janeiro de 2015 e setembro de 2017

3.1.4. Consumo no prédio do Instituto Central de Ciências

O Instituto Central de Ciências (ICC) é um edifício linear com 70,00 de largura e cerca de 700,00 m de comprimento. Também conhecido como “Minhocão”, começou a ser construído pela extremidade sul em 1963 utilizando estrutura em peças de pré-moldado com modulação de 3,00. Projetado em 1963 por Oscar Niemeyer teve execução e pré-fabricação à cargo de João Filgueiras Lima (Lelé) e proposta de paisagismo interno e estacionamentos de Miguel Pereira, Nelson Saraiva, Paulo Zimbres. O edifício abriga diversos institutos, faculdades, salas de aula, auditórios e atividades de apoio acadêmico. É caracterizado por seus longos corredores centrais que por meio de área ajardinada configuram um passeio ao ar livre. Em seus dois acessos intermediários, com pé direito duplo, rampas curvas conduzem ao primeiro pavimento. Está localizado no Setor Central do *Campus* Universitário Darcy Ribeiro e delimita a Praça Maior da Universidade. [26] Com o maior volume de alunos do campus Darcy Ribeiro possui salas de aulas e laboratórios de diversos cursos da UnB a instalação consome quase um terço de toda água consumida pela UnB.

O Gráfico da Figura 3.4 apresenta o consumo da instalação. O edifício apresenta um consumo sem aparente consumo anormal durante o período em análise.

Em 2017 não houve redução do consumo como se esperava das campanhas de incentivo a redução do consumo com resultados similares aos dos anos anteriores.

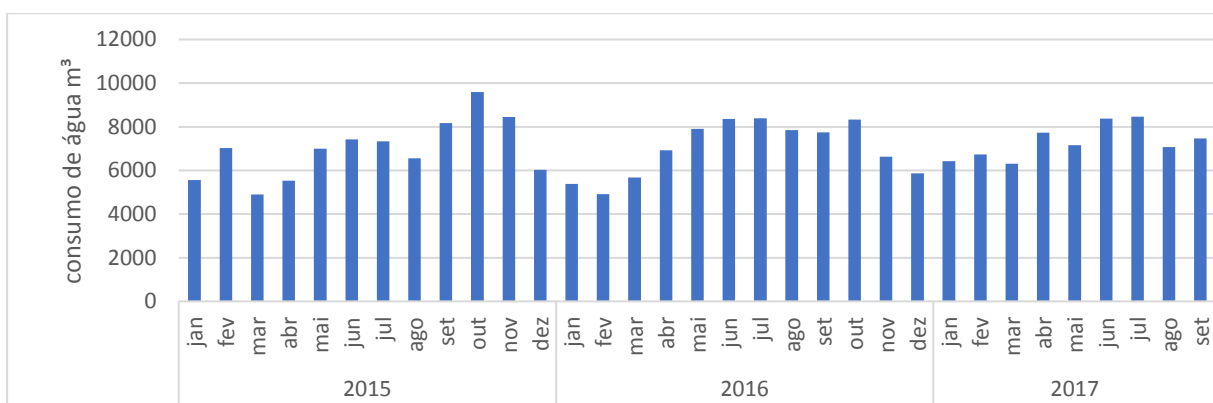


Figura 3.4 Gráfico do consumo de água do ICC entre janeiro de 2015 e setembro de 2017

3.1.5. Consumo na Universidade de Brasília

A Universidade de Brasília (UnB) é uma universidade pública federal brasileira, com sede em Brasília, no Distrito Federal. A instituição possui 4 campus, sendo estes no Plano Piloto (Campus Darcy Ribeiro), em Planaltina (Faculdade UnB Planaltina), no Gama (Faculdade UnB Gama), em Ceilândia (Faculdade UnB Ceilândia) e no Paranoá (em projeto). A área total dos 4 campus é de 4.787.449,13 m², sendo que o seu principal campus (Darcy Ribeiro) tem 3.950.569,07 m². [27]

No Gráfico da Figura 3.6 podemos ver o consumo total de água na UnB é possível verificar que o gráfico apresenta formato bem similar ao da Figura 3.5, o que salienta a importância do consumo do Instituto Central de Ciências no consumo total da Universidade. Assim como no ICC não apresenta consumo anormal durante o período em análise, exceto no mês de abril de 2016, variação ocorrida devido a um pico de consumo na instalação da Faculdade UnB Ceilândia.

Também como no ICC não foi possível perceber redução do consumo de água no ano de 2017 redução do consumo de água em decorrência das campanhas do GDF.

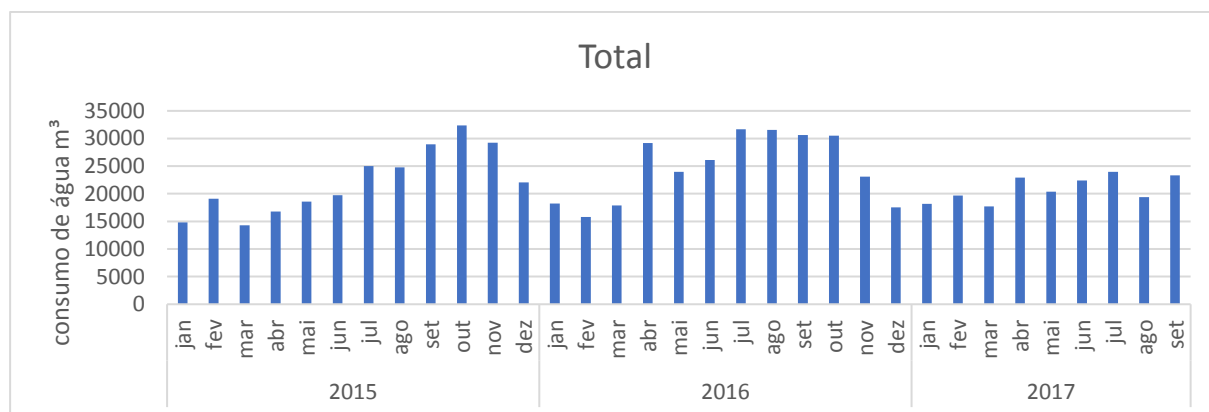


Figura 3.5 Gráfico do consumo de água da UnB entre janeiro de 2015 e setembro de 2017

3.2. Mapeamento da rede hidráulica do campus

Para projeto da rede foi importante estabelecer como é a estrutura básica de composição da rede, para tanto era importante saber o mapeamento do sistema hidráulico do campus Darcy ribeiro. Em primeiro momento se recorreu a equipe de manutenção do campus junto ao Centro de Planejamento Oscar Niemeyer, Ceplan que é o órgão responsável pelo planejamento físico e ambiental, patrimônio histórico e projetos de arquitetura dos Campi – Darcy Ribeiro, Planaltina, Gama, Ceilândia, Granja do Torto – e Unidades Dispersas da UnB e fica no edifício do SG 10, para saber se os mesmos possuíam mapas das instalações hidráulicas, surpreendentemente foi informado pelos mesmos que não tem nenhum mapeamento e que tem apenas uma ideia de por onde passa o sistema hidráulico, por experiencia de alguns técnicos de manutenção que já resolveram problemas hidráulicos em determinados pontos.

Diante da falta de informação por parte da equipe de manutenção chegou-se a prefeitura do campus para pedir informações sobre o sistema hidráulico, os mesmos informaram que não tem conhecimento exato da rede, não possuíam a localização acurada dos hidrômetros, por experiencia sabiam mais ou menos por onde circulam o encanamento e principalmente os pontos de entrada de água no campus, não tinham conhecimento da localização dos hidrômetros, pois quem faz a medição é o funcionário da CAESB e apenas o mesmo conhece a localização de todos os hidrômetros, porém os mesmos possuíam um mapa da rede hidráulica e uma planilha com as contas de água recebida da CAESB no período entre janeiro de 2015 a setembro de 2017, os quais estão no apêndice do projeto. Foi informado também na prefeitura que fora vazamentos visíveis a olho nu não há nenhuma forma de detectar vazamentos, chegando a comentar que a forma mais eficiente que os mesmos tem para verificar vazamentos no campus é a analisar a coloração da vegetação durante o período de estiagem se em determinada região em que não há irrigação da vegetação e a mesma está mais verde então eles acreditam que provavelmente terá um vazamento nesta região.

De posse do mapa foi feita uma análise dos pontos de saída de água encontrados no mesmo, foram encontrados 131 pontos de saída, porém são recebidas 78 contas de água pela UnB, indicando a presença de 78 hidrômetros, dos quais 17 pontos não estão no mapa, pois são de contas referentes a instalações da UnB na Asa Norte, fora da região do campus, outros pontos referente aos demais campus da universidade fora o Darcy Ribeiro: o campus de Ceilândia, Gama e Planaltina, o Hospital para animais de grande porte na granja do torto e uma conta do estado de Goiás referente a uma região de estudo do cerrado na cidade de Alto Paraíso.

Diante destes 61 hidrômetros existentes foi feita uma correlação entre a localização dos prédios referentes as contas de água e a localização dos pontos de saída de água presentes no mapa. Com esse procedimento verificou-se que o mapa não é muito atual, não há localização de pontos de saída de água para boa parte dos novos prédios do campus dentre eles BSA SUL, BSAN, Instituto de Ciências Sociais, Centro de Excelência em Turismo, Instituto de Química entre outros. Como não teria outra forma de processamento da localização dos hidrômetros fora a informação contida no mapa, foi-se determinado os pontos de saída de água mais próximos dos novos prédios e que ainda não tinham sido sinalizados para o uso de outros prédios como provável localização dos seus respectivos hidrômetros, da análise do mapa também foi percebido que alguns dos pontos de saída de água são de prédios da UnB os quais a mesma não é responsável pelo pagamento da conta de água sendo eles os edifícios da colina que tem o abastecimento de água pagos pelos residentes e o prédio do Restaurante Universitário que está em responsabilidade da Sanoli. A Sanoli foi a empresa que ganhou a licitação para ser responsável pelo funcionamento do Restaurante Universitário do Campus Darcy Ribeiro na UnB.

Afim de averiguar a real precisão da localização dos hidrômetros no mapa analisado foi medido as coordenadas geográficas de alguns hidrômetros com utilização de um aparelho de GPS, na região de alguns instalações antigas do campus próximo a FT, com prédios como SG 2, SG4, SG6, SG8, SG9, SG10, SG 11, SG12, FT, Centro de Excelência em Turismo, FE1, FE3, CAEP, Multiuso I, Multiuso II entre outros todos na área da Figura 3.6.

Ao comparar os valores da localização foi verificado que nem todos os hidrômetros estavam nos mesmos pontos que as saídas de água do mapa indicava, algo a se notar é que dos hidrômetros analisados apenas o do SG 9, CAEP, Multiuso I e Multiuso II eram subterrâneos e curiosamente o hidrômetro do Centro de Excelência em Turismo realmente aponta para um dos pontos de saída do mapa, mas o mesmo fica em torno de 100 metros do prédio, bem próximo aos prédios da Faculdade de Educação FE1 e FE3.



Figura 3.6 Região onde a localização dos hidrômetros foi verificada acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps

Diante da limitação de tempo não foi possível de fazer essa averiguação da localização dos pontos para todos os prédios do campus, portanto foi utilizado as localizações do mapa hidráulico da UnB mesmo sabendo que o mesmo apresenta pontos com baixa acurácia, cabe a estudos posteriores verificar a real localização dos hidrômetros e passar esta informação à prefeitura do campus para a mesma ter a geolocalização dos hidrômetros no Campus Darcy Ribeiro.

3.3. Projeto do sistema de comunicação

Como visto na seção 3.2 aguardar a conta de água da CAESB para verificar eventuais falhas no fornecimento, além de não muito confiável, pois pode haver erro de leitura por parte do técnico da CAESB. Também não possui acurácia suficiente, pois esperar um mês para agir em caso de falha não visível pode ocasionar perdas muito grandes. Com a análise do consumo diário ou até mesmo o consumo de água em horários específicos, é possível verificar o consumo em cada dia da semana, sendo possível aumentar a precisão de 1m^3 pode-se analisar outras técnicas de detecção de vazamentos como a medição de vazão noturna. [26] diante dessas medidas pode-se determinar o porquê deste consumo e será possível planejar ações para a redução do consumo.

Com este objetivo em mente que foi decidido criar o projeto de tele medição hidráulica primeiramente no campus Darcy Ribeiro e em trabalhos posteriores poder implementar em todas as instalações da UnB.

Uma das partes deste projeto seria efetuar testes do sistema de comunicação de uma Rede de Sensores Sem Fio anteriormente simulados pelos alunos Lucas Krawtchuk e Webert Cunha [28,29]. Fazendo a simulação do funcionamento de uma pequena rede e verificando o funcionamento da mesma.

A princípio a intenção seria efetuar os testes com o mesmo equipamento simulado pelo Lucas e o Webert, porém o módulo Tmote sky tem venda apenas na Europa e não foi possível aquisição dos mesmos para testes.

O modulo Tmote sky utiliza-se do micro controlador MSP430 da Texas Instruments com radio embutido, mas apesar de não ter o mesmo disponível para testes na UnB uma alternativa seria efetuar os testes na MSP430F2274, disponível para testes, que é muito similar ao presente no Tmote sky. Não foi possível o uso do módulo da Texas, pois não há suporte do mesmo para utilização em sistema operacional Linux, não sendo possível utiliza-los nos computadores do LPCI.

Diante da impossibilidade de uso foi escolhido o uso de outro micro controlador no caso o Arduino Uno, o qual possui uma interface mais amigável com maior disponibilidade de conteúdo e com a possibilidade de se acrescentar módulos externos para a comunicação sem fio e suporte.

Para os testes de comunicação sem fio foram utilizados dois módulos de comunicação sem fio o RF433MHz e o nRF24I01+ com LNA e PA, os testes mostraram que o modulo RF433MHz não atendeu as expectativas do projeto, pois não obteve alcance acima de 5m e a ausência de protocolo de comunicação impossibilitou que assegurasse a transmissão da informação de forma confiável, não foi possível confirmar o recebimento de forma automática.

Por outro lado o nRF24I01+ como possui protocolo próprio de comunicação foi mais simples de implementar a confirmação de recebimento e como o modulo utilizado possui dois amplificadores o alcance de transmissão é bem maior conseguindo alcance de 65m nas instalações do SG 11.

Efetuuou-se testes de transmissão para simular o funcionamento da rede com um protótipo de nó da rede com o microcontrolador Arduino Uno, transceptor nRF24I01+ e um sistema elaborado para simular a aquisição de pulsos secos de um hidrômetro.

4. Plataforma de Aplicação do Trabalho

Este capítulo mostra a escolha de cada um dos dispositivos utilizados no projetos.

4.1. Introdução

O trabalho vigente possui uma variedade de opções de equipamentos para sua implementação. Modelos diferentes de hidrômetros, de microcontrolador e transceptor.

Neste capítulo foi escolhido alguns equipamentos necessários para a implementação da rede de sensores sem fio para monitoramento da rede hidráulica do Campus Darcy Ribeiro, há a análise dos componentes e a justificativa para o uso de cada um deles.

4.2. Hidrômetro escolhido

No caso de hidrômetro não há limitação no quesito de forma de medição do consumo de água, mas para funcionalidade do projeto é importante que o mesmo possua contador a pulso seco, este contador não é uma forma de medição do consumo de água, mas é uma sinalização da quantidade de água que foi consumida

Não tendo posse de nenhum hidrômetro para efetuar os testes foi feito a simulação do funcionamento do pulso seco do hidrômetro na plataforma de trabalho para tanto foi utilizado 1 resistor de $1k\Omega$ o microcontrolador Arduino uma chave táctil, foi microcontrolador foi programado como se pode ver no anexo 1 para toda vez que a chave táctil for pressionada simular a geração de um pulso seco transmitido pelo hidrômetro.

4.3. Microcontrolador escolhido

Para o projeto foi escolhido o microcontrolador Arduino Uno, pois o mesmo além de ter uma interface mais simplificada apresenta suporte para computadores com sistema operacional Linux. A outra opção disponível era a MSP430F2274 da Texas Instruments, apesar de ter sistema de rádio próprio a mesma possui muito pouca informação sobre o sistema de comunicação deste radio bem como não possui suporte para desenvolvimento em computadores com sistema operacional Linux.

4.4. Módulo transceptor escolhido

Para o projeto foi escolhido o transceptor nRF24I01+ pois o mesmo possui amplificadores dois amplificadores LNA, para que não haja propagação de ruídos na cadeia transmissão dentro do equipamento e outro PA de maior intensidade para aumentar a potência do sinal e uma antena semi-direcional, conseguindo de acordo com o fabricante alcance de 2km, sendo que foi verificado em testes um alcance de 65m dentro do prédio do SG11.

Além disto o nRF24I01+ possui um protocolo de comunicação próprio que facilita a confirmação de recebimento das informações transmitidas.

O transceptor RF433MHz não foi escolhido por não possuir nenhum dispositivo para amplificar o sinal transmitido, encontrou dificuldades para transmitir informações a distância superiores a 3 m e como não tem protocolo de comunicação implementado não foi possível garantir o recebimento da informação transmitida. O módulo transmissor do RF433MHz transmite a informação sem fazer criptografia da mesma, já o modulo receptor recebe toda informação na frequência de 433MHz não sendo possível receber apenas do transmissor desejado. Se dois dispositivos enviarem informação ao mesmo tempo, por colisão nenhuma informação chegará ao destino.

4.5. Demais equipamentos

Para constituição do projeto foi utilizado o módulo RTC, para atribuir data e hora atualizados ao Arduino. Válvula solenoide para poder interromper o funcionamento de forma remota, seja manualmente ou de forma automática como forma de prevenção em caso de consumo excessivo. Haste para elevação para que possa aumentar o alcance dos transmissores de rádio. Proteção contra chuva e gaiola para proteção contra furtos.

5. Projeto da Rede de comunicação

Neste capítulo é definida a topologia de rede utilizada, além de se especificar algumas características dela. É utilizado para a implementação dos nós da rede. Também são feitas algumas observações a respeito do funcionamento geral da rede.

5.1. Rede hidráulica da UnB

Hoje não há monitoramento da rede hidráulica na UnB, a equipe de manutenção age em resposta a reclamações de falhas observadas por quem transita na universidade. Foi disponibilizado pela prefeitura do campus um arquivo gerado em plataforma CAD com a estrutura arquitetônica da universidade, o qual não está disponível para a equipe de manutenção. Nele contém a indicação de por onde chega a água na universidade e os pontos de saída de água no campus, porém esta base é muito antiga e além de não cobrir toda a rede hidráulica, só tem a localização aproximada das saídas de água nos prédios antigos. Em alguns dos prédios novos não há nem pontos de saída de água próximos.

A falta de informação e de monitoramento do sistema hidráulico dificulta muito o trabalho de manutenção. Segundo funcionários da prefeitura do campus, há basicamente 2 formas de se encontrar vazamentos na UnB: ou o vazamento é visível, ou observa-se a variação da tonalidade de verde das gramíneas nos períodos de estiagens. Caso em uma região onde não haja irrigação encontrar-se plantas mais verdes em meio a uma região mais ressecada, é possível inferir que por lá se encontra um vazamento de água.

5.2. Localização dos hidrômetros

Um dos objetivos desse trabalho é fornecer as especificações básicas de uma Rede de Sensores Sem Fio para telemetria do fluxo de água em hidrômetros no Campus Darcy Ribeiro. O primeiro passo foi descobrir onde estão instalados os hidrômetros no campus. A prefeitura do campus forneceu um arquivo PDF gerado de um arquivo CAD com a base de distribuição de água que indica os pontos de saída de água onde supostamente ficam os hidrômetros.

O arquivo disponibilizado pela prefeitura possui 131 pontos enquanto o Campus Darcy Ribeiro possui 61 hidrômetros segundo a planilha de contas recebidas da CAESB no período de janeiro de 2015 a setembro de 2017, a Figura 5.1 mostra a localização dos hidrômetros no campus fazendo uma interpolação entre os pontos de saída mais próximos de cada prédio respectivo na conta da CAESB, mas foi verificado que a alguns deles não estavam nos lugares apontados. Porém, como não há informação que indique a real localização de todos os hidrômetros e não havia tempo hábil para fazer a marcação de todos os hidrômetros da universidade, foram utilizados os dados dos pontos do arquivo fornecido pela prefeitura, se o mapeamento desses pontos for atualizado, é possível alterar os pontos dos sensores sem grande prejuízo a rede.

Espera-se que após a conclusão do projeto se possa obter informações sobre o fluxo de água em cada hidrômetro, de modo que em cada um deles estará instalado um nó da rede, e será responsável por coletar os dados e eventualmente passá-los para um concentrador, que receberá informação de até 6 nós diferentes e posteriormente transmitirá estas informação para uma central situada na Reitoria do Campus Darcy Ribeiro, onde será feito tratamento dos dados recebidos. Um primeiro obstáculo observado é que os hidrômetros estão espalhados por todo o Campus, de modo que existem grandes distâncias entre alguns deles.



Figura 5.1 Localização dos hidrômetros no campus Darcy Ribeiro acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps

Os nós de uma RSSF geralmente tem um alcance limitado dependendo do rádio utilizado. Para o transceptor utilizado nRF24101+ o fornecedor alega que o alcance é de até 2Km, mas como o terreno é na maioria das vezes aberto com poucas partes fechadas, considerando estes fatos, para ter uma maior precisão e levando em conta o limite de conexões máxima entre os transceptores pode-se ter no máximo 6 nós para cada concentrador. Para isto foi escolhido o raio de 100m como referência, de modo que não é possível montar uma rede apenas com nós localizados nos hidrômetros. A alternativa escolhida para lidar com as distâncias foi dividir a rede em diversas sub-redes, cada uma com um concentrador. A Figura 5.2 mostra um exemplo dessas sub-redes implantadas. Pontos verdes representam os locais dos hidrômetros, o local onde se situarão os nós, e pontos rosa representam os concentradores. Os círculos rosas centrados nos concentradores têm raio de 100 m, o qual delimita o tamanho da sub-rede.



Figura 5.2 Hidrômetros concentradores e raio de alcance das sub-redes acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps

5.3. Sub-redes

Cada sub-rede será composta por um concentrador e um ou mais nós. Cada nó coletará dados do seu hidrômetro e periodicamente enviará as informações para o concentrador, que de tempos em tempos transmitirá as informações diretamente para a estação base, onde os dados serão armazenados e processados.

As sub-redes estabelecidas foram definidas de forma que todos os nós se comunicam diretamente com o concentrador, ou seja, não há saltos. Evitou-se o uso de repetidores para diminuir a incidência de erros e desta forma simplificar o projeto. Na figura 5.3 é possível verificar a sub-rede que engloba o hidrômetro da FT e assim como na Figura 5.2 o ponto rosa é o concentrador, os pontos verdes são os hidrômetros e os nós correspondentes e o círculo de rosa apresenta a área de alcance do concentrador. É possível observar que possuem nós que estão no alcance de duas sub-redes, mas isto não é um problema, pois de acordo com o endereçamento de cada nó com o seu concentrador apenas haverá comunicação com o concentrador específico para aquele ponto.

Os concentradores serão mais caros que os nós da rede, visto que precisarão de uma antena com mais potência, maior capacidade de armazenamento, além de utilizar mais energia, o que acarretará em baterias maiores, ou em dispositivos de captação de energia maiores, a fim de



Figura 5.3 Disposição de uma sub-rede acessada em setembro de 2018 pelo Google Maps

evitar atuação humana tendo que trocar baterias. Como a avaliação final do custo de cada equipamento será feita numa etapa mais avançada do projeto, essa escolha será feita em trabalhos futuros.

5.4. Nó básico

O nó básico da rede será aquele que estará conectado a cada um dos hidrômetros. Está representado nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3 pelos pontos verdes. O dispositivo a ser utilizado, precisa ter alcance de pelo menos 100 metros para o correto funcionamento da estrutura desejada, de modo que as sub-redes possam ser implementadas do modo planejado. Será utilizado um dispositivo digital para que possa se coletar os dados dos hidrômetros, que são da forma de pulso, de forma que se encaixe no valor no limiar de funcionamento da placa Arduino Uno. O nó também deve ter certa autonomia, portanto um dispositivo

de baixo consumo é o desejável, havendo possibilidade o nó será ligado na rede elétrica com uma bateria recarregável de suporte para manter o funcionamento em caso de falta de energia na universidade, se não houver possibilidade de conectar o nó na rede elétrica o mesmo contará com bateria recarregável e um sistema de energia fotovoltaica para carregamento do mesmo.

Com essas definições em mente, foram analisadas algumas possibilidades, e decidiu-se por utilizar a placa Arduino Uno com o transceptor nRF24I01+, como base para o desenvolvimento do projeto. O módulo transceptor nRF24I01+ possui um alcance informado pelo fabricante de até 2km outdoor, pode ser energizado por fonte de tensão ligada na tomada, por bateria de 12V ou método similar que gere tensão superior a 7V, apesar de funcionar com 5V é recomendado uma tensão superior a esta, por isto utiliza-se ao menos 7V. Ele é um módulo sem fio de ultrabaixo consumo, desenvolvido com foco para multiuso, mas muito adequado para o uso em RSSFs.

Foi escolhido este módulo, pois o mesmo entre os analisados foi o que obteve a melhor resposta em relação ao alcance e a segurança da informação transmitida. No entanto, é importante ressaltar que não será necessariamente esse o módulo utilizado numa eventual fase de implementação da rede. Existem outras opções de microcontroladores e transceptores que poderiam ser utilizadas e que atendessem nossa demanda, mas não é objetivo deste projeto se aprofundar muito na comparação e escolha do melhor módulo do mercado.

Existe uma série de hidrômetros no mercado qualquer um deles que possua medidor de pulso seco atenderia as especificações do projeto, porém como no Campus Darcy Ribeiro possui alguns hidrômetros já com essa tecnologia foi utilizado o hidrômetro ultrassônico Hydrus da Diehl, que tem suas especificações técnicas mencionadas em anexo 3.

O Hydrus fornece um pulso de 30V, 27mA e duração de 125ms, com desvio máximo de 2V para menos, e que pode ser configurado para transmitir o pulso a cada consumo de 10, 100 ou 1000 litros de água, dependendo da aplicação. Apesar de suportar correntes de até 50mA o Arduino Uno não tem funcionamento otimizado para tensões acima de 7V, então é preciso o desenvolvimento de um dispositivo que limite essa tensão, algumas soluções para resolver este problema são:

- Uso de resistores para fazer uma divisão de tensão então assim assegurar que não chegue mais do que 7V.
- Uso de diodo Zener inversamente polarizado que atuara como limitador de tensão impedindo que a tensão ultrapasse o valor de tensão nominal do diodo.
- O uso de um circuito inversor que tenha sempre saída de 5V, mas quando recebe um sinal da entrada modifique o valor recebido para 0 no tempo de duração do pulso recebido.

Para a escolha do sistema que melhor se adequa as necessidades do projeto é importante fazer testes com o hidrômetro para as corretas medições de tensão de saída e o funcionamento dos modos sugeridos, futuramente será decidido qual o método utilizado e qual o hidrômetro utilizado, podendo ser outro método além dos citados afim de otimizar o projeto.

Os nós irão estar conectados aos hidrômetros para receber esse pulso. Ao receber esse sinal, ele irá armazenar a informação de que um pulso foi recebido. Depois de armazenar algumas medições, ele as enviará para o concentrador.

O nó básico será constituído dos seguintes elementos:

- Hidrômetro HYDRUS da Diehl
- Microcontrolador Arduino Uno
- Módulo transceptor nRF24I01+
- Módulo RTC
- Dispositivo para regulação do pulso seco
- Haste
- estrutura de proteção contra chuvas
- válvula solenoide

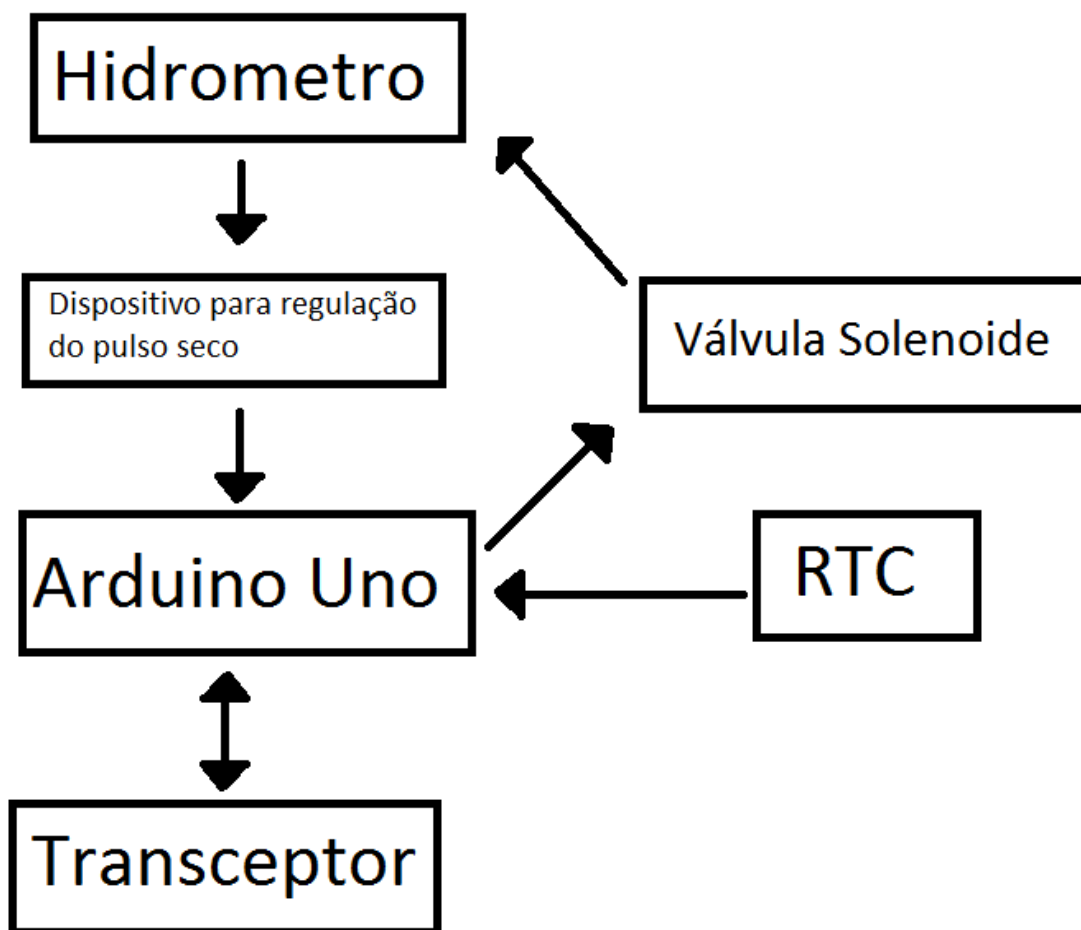


Figura 5.4 Diagrama de blocos do nó básico.

A Figura 5.4 mostra um diagrama de blocos do nó básico.

O nó funcionara da seguinte forma, o hidrômetro será ligado à rede hidráulica e conforme ocorre o consumo de água dependendo das configurações de consumo de água do prédio analisado a cada 0,1 l, 1 l, 10 l ou 100 l será emitido um pulso elétrico de 30 V, 27 mA e com duração de 125 ms.

Esse pulso passara por uma das formas citadas de tratamento com a finalidade de não danificar o microcontrolador, após isto ele acionara o Arduino como um botão de entrada dependendo de qual o método utilizado ele poderá ser programado para ativar com mudanças de 0 V para 5 V ou no inverso de 5 V para 0 V, ao acionar a entrada do Arduino o mesmo armazenará as informações recebidas somando a quantidade de vezes que os pulsos foram recebidos em determinada quantidade de tempo, depois envia para o concentrador uma informação com a identificação do hidrômetro, o número de pulsos recebidos no ultimo intervalo, a quantidade de pulsos recebidos no dia e a data e hora do envio da informação, após verificar que o concentrador recebeu a informação ele zera o valor dos pulsos de ultimo intervalo e a cada 24 h ele zera o valor da quantidade de pulsos diárias. Como o microcontrolador Arduino Uno não possui método interno de verificação de horário para sincronização utilizará o módulo RTC para esta sincronização.

O código de transmissão verifica se a informação realmente chegou ao destino e apenas após a confirmação de recebimento do destinatário passa para o próximo procedimento de limpeza das informações para que não ocorra a perda de informação útil devido a problemas na transmissão.

Por funcionar com 2,4 GHz, uma frequência relativamente alta o modulo transceptor necessita de alguma diretividade do sinal e por isto dependendo da localização dos hidrômetros, tem alguns que são subterrâneos com é o caso dos hidrômetros do CAEP e do SG 09 e também evitando obstáculos que possam situar entre o nó e o concentrador poderá ser necessário o uso de uma haste para a elevação do

modulo transceptor, sem prejuízo do sistema, pois a ligação entre o modulo é feita por fios e os mesmos podem ser ligeiramente maiores.

Como é necessário o uso de equipamentos eletrônicos ao ar livre, é preciso uma forma de proteção dos mesmos em caso de chuvas, algum revestimento de plástico para o Arduino e para o nRF24101+.

O Arduino Uno não possui forma de marcar data e hora, por isto foi adicionado um modulo RTC ao conjunto para que ele consiga marcar a hora atual e mantê-la atualizada.

Em caso de comportamento anormal da rede hidráulica, como um consumo muito acima do esperado, é desejável que a rede seja inteligente e atue nela. Depois do tratamento dos dados recebidos na estação base se os mesmos tiverem um consumo acima do esperado, seja enviado um sinal de volta para o nó básico e o mesmo possa acionar uma válvula solenoide que interrompa o fluxo de água dos hidrômetros.

Para que o Arduino Uno possa executar esta ação programar o microcontrolador para quando receber o sinal de cortar o fornecimento de água acione a saída na qual estará conectada a válvula solenoide e o fornecimento de água será cortado.

Prevê-se dois modos de acionamento desta válvula um automático, apenas atuando em casos extremos em que realmente seja indispensável o corte no fornecimento de água do estabelecimento analisado, pois devido a importância da água para o ser humano não é em qualquer ocasião de consumo ligeiramente anormal que possa se cortar o fornecimento de água de um estabelecimento, outro meio seria acionamento manual direto da estação base para em casos de necessidade, mesmo sem consumo anormal, como no caso de reformas ou de manutenção preventiva mesmo.

5.5. Concentradores

Os concentradores serão responsáveis por coletar dados de nós próximos, agrupá-los, e depois enviá-los para a estação central. Como as distâncias são grandes, será necessária uma antena com potência suficiente para realizar essas transmissões. Uma das primeiras ideias que tivemos foi utilizar algum módulo básico que suporte à conexão de uma antena separada. No caso, o própria Arduino oferece essa característica, suporte para conexão de uma antena SMA. A Figura 5.5 segue com os pontos dos 19 concentradores em rosa utilizados para o Campus Darcy Riberio, estes pontos foram escolhidos de forma a dividir os hidrômetros do campus em sub-redes com no máximo 6 pontos que é o limite de conexões do transceptor e manter A rede funcionando em modo estrela.

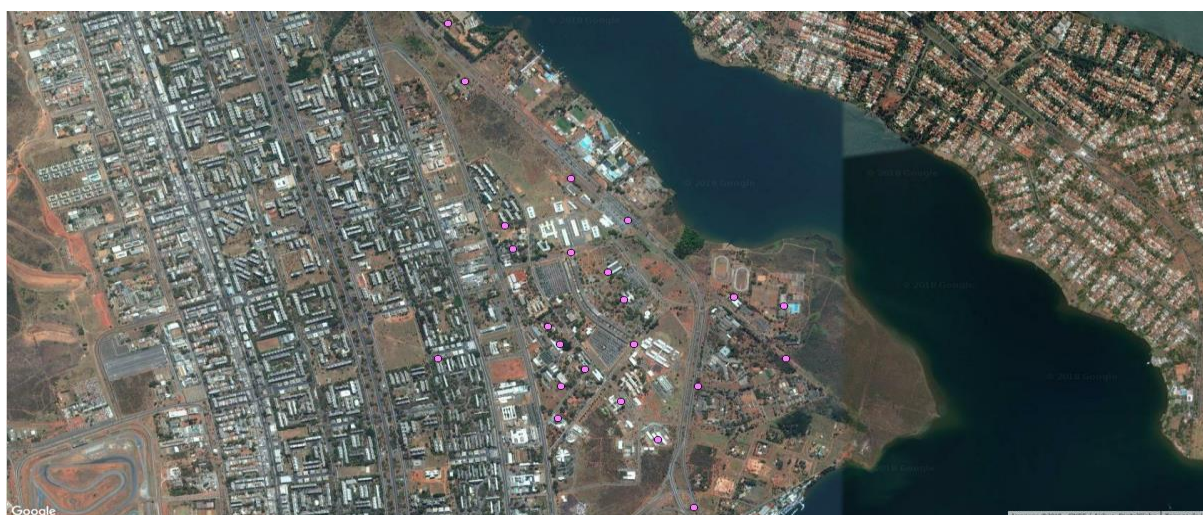


Figura 5.5 Localização dos concentradores acessado em setembro de 2018 pelo Google Maps

Os concentradores formarão uma rede entre si e com a estação base. Caso não seja possível que todos eles se conectem diretamente com a estação base, deverá ser utilizado algum tipo de roteamento para que as informações trafeguem entre os concentradores. Atendendo ao limite de 6 conexões

simultâneas estabelecido pela tecnologia do transceptor seria necessário ao menos 4 receptores na estação base para atender todos os 19 pontos da rede. Os concentradores atuarão como repetidores simples enviando a informação recebida pelos nós básicos sem tratamento prévio da informação, ela estará sempre ouvindo as informações recebidas pelos nós e enviando de tempos em tempos previamente programado de acordo com a necessidade da rede.

A Figura 5.6 mostra o diagrama de blocos do concentrador. O concentrador receberá através do Transceptor 1 as informações referentes aos nós básicos armazenará as mesmas e a cada uma hora enviará todas as informações armazenadas pelo Transceptor 2 para a estação base, como a distancia de transmissão do transceptor 2 é consideravelmente maior talvez seja necessário o uso de antenas de maior potencia e ou amplificador de potência. Como o microcontrolador Arduino Uno não possui método interno de verificação de horário para sincronização utilizará o módulo RTC para esta sincronização.

Caso seja necessário o corte no fornecimento de água a estação base enviará a informação para o concentrador e assim que receber essa informação pelo Transceptor 2, rapidamente acionará o Transceptor 1 para que seja enviado o sinal para acionamento da válvula solenoide.

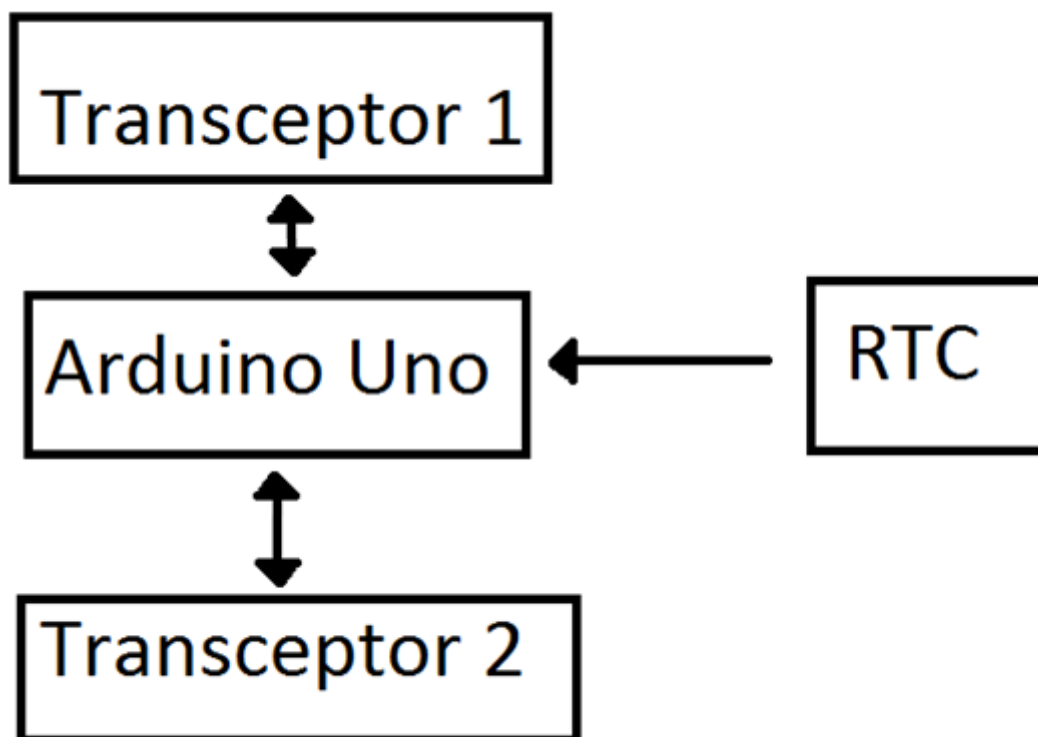


Figura 5.6 Diagrama de blocos do concentrador

5.6. Estação base

A estação base será o local onde as informações serão processadas e armazenadas. Para isso um dos nós da rede deverá estar localizado nela. Esse nó fará parte de uma rede com os concentradores, de modo que possa enviar informações de comando, ou realizar requisição de informações sobre algum ponto da rede. Ela estará conectada indiretamente com os nós básicos, já que qualquer informação entre os dois deverá passar por um concentrador. Foi escolhido a reitoria pois é um lugar central do campus e encurtará as distâncias para alcance dos concentradores.

Para o funcionamento do nó da Estação base serão necessários alguns equipamentos como:

- Microcomputador
- 4 microcontrolador Arduino Uno
- 4 transceptores nRF24101+ com PA+LNA e antena de dBi

- Amplificadores
- Antenas

Esse nó da estação base receberá as informações dos concentradores como citado antes será necessário quatro sub-redes com no máximo 6 concentradores em cada, a informação recebida pelo Arduino será transmitida para um computador, onde os dados serão armazenados, e eventualmente processados, dependendo da distância entre os concentradores e a estação base será necessário o uso de amplificadores de sinal e antenas para aumentar o alcance dos nós.

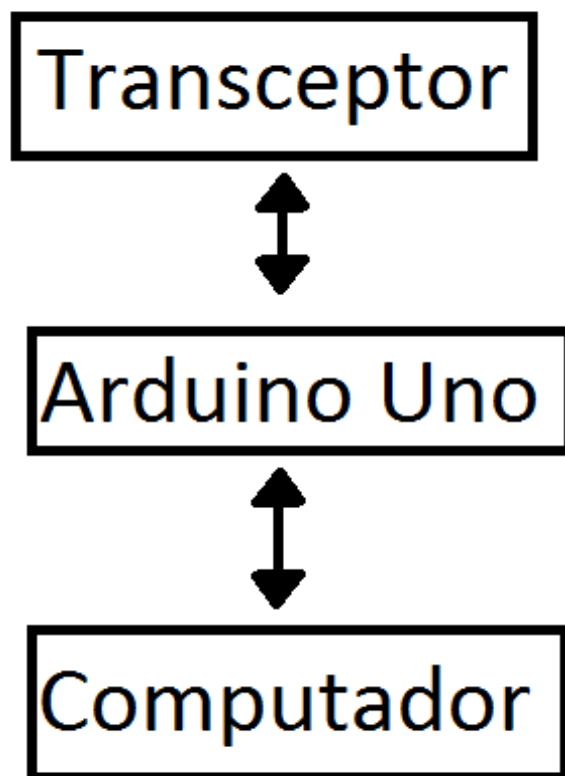


Figura 5.7 Diagrama de blocos da estação base

Planeja-se também que um software seja desenvolvido, para que o usuário possa realizar consultas aos dados coletados, bem como realizar o processamento desejado, como montar planilhas, plotar gráficos, entre outros.

A Figura 5.7 mostra o diagrama de blocos da estação base, os transceptores receberão as informações dos concentradores e o Arduino passará as informações para um microcomputador o qual rodará um software para tratamento dos dados recebidos, caso seja necessário corte no fornecimento de água, o computador enviará a informação para o Arduino que a solicitação de acionamento da válvula solenoide seja enviada.

Como podemos ver na Figura 5.8 a localização da estação base em amarelo os nós concentradores de rosa e o círculo em amarelo possui um raio de 2km, que é o alcance máximo teórico do transceptor utilizado, a partir do nó da estação base, a mesma foi escolhida para ser no prédio da reitoria do campus por se tratar de uma região centralizada do campus Darcy Ribeiro, evitando que fique pontos muito isolados, como uso de antenas melhores e o uso de amplificadores de sinais pode-se escolher outro ponto para instalação da estação base.



Figura 5.8 Estrutura da sub-rede formada pela estação base acessado em setembro de 2018 pelo Google Maps

6. Análise de desempenho e resultados

Neste capítulo ficará evidenciado os procedimentos de testes executados no microcontrolador Arduino com o módulo de transceptor nRF24101+ e após isto comparar os resultados encontrados nos testes feitas com aqueles anteriormente encontrados nos trabalhos de conclusão de curso dos alunos Weber Cunha e Lucas Krawttschuk

6.1. Introdução

O módulo transceptor nRF24101+ com PA e LNA traz consigo um protocolo de comunicação próprio. Ao estudar-se a estrutura da camada de rede nativa da plataforma, percebe-se que para a aplicação em específico é suficiente para a transmissão das informações de consumo de água presentes nos hidrômetros, pois além de necessitar de uma pequena taxa de transmissão de informação essa informação pode ser espaçada em intervalos prolongados de tempo de 20-60 minutos a ser utilizada de acordo com as necessidades da rede, dos pontos em questão, ou da precisão necessitada para alguma pesquisa desejada.

6.2. Testes de desempenho

O primeiro passo era certificar que os dispositivos realmente serviriam para o propósito em questão. Apesar de o fabricante afirmar que o dispositivo tem um alcance de 2000 metros, foi necessário verificar este alcance para ter certeza que o dispositivo atenderia as especificações, então implementou-se um código simples de transmissão e verificou-se que o conjunto de transmissão nRF24101+ funciona dentro do raio de 100 metros, o qual tinha sido planejado nos estudos anteriores, nos trabalhos do Lucas Krawttschuk e do Weber Cunha [28,29], então poderia prosseguir com o mesmo projeto sem fazer alterações.

Para este teste não foi possível testar se o alcance seria de exatamente 100m, o máximo que foi possível testar foi no corredor do SG 11 e o mesmo possui comprimento de 65m, no teste de transmissão no corredor houve funcionamento sem prejuízo da informação enquanto o mesmo permanecia desobstruído sem o trânsito de pessoas ou objetos, quando tinha obstáculos no meio ou o nó estava em movimento, deslocando para o teste aumentando a distância, a informação não era transmitida o que ressalva a importância da diretividade entre os nós comunicantes.

O segundo passo era verificar se o conjunto funcionaria para uma geometria parecida com aquelas simuladas pelos alunos nos trabalhos anteriores, este foi um problema, pois não teve condições de fazer as medições em região de área aberta com os nós nas mesmas disposições das anteriormente simuladas, foram feitos testes com 4 sub-nós transmissores e 1 receptor, o nó concentrador foi nomeado de 0 e os nós transmissores foram assinalados de 1 a 4, dentro do LPCI com geometria diferente apresentada na Figura 6.1 e verificou-se que o circuito funciona nesse dimensionamento.

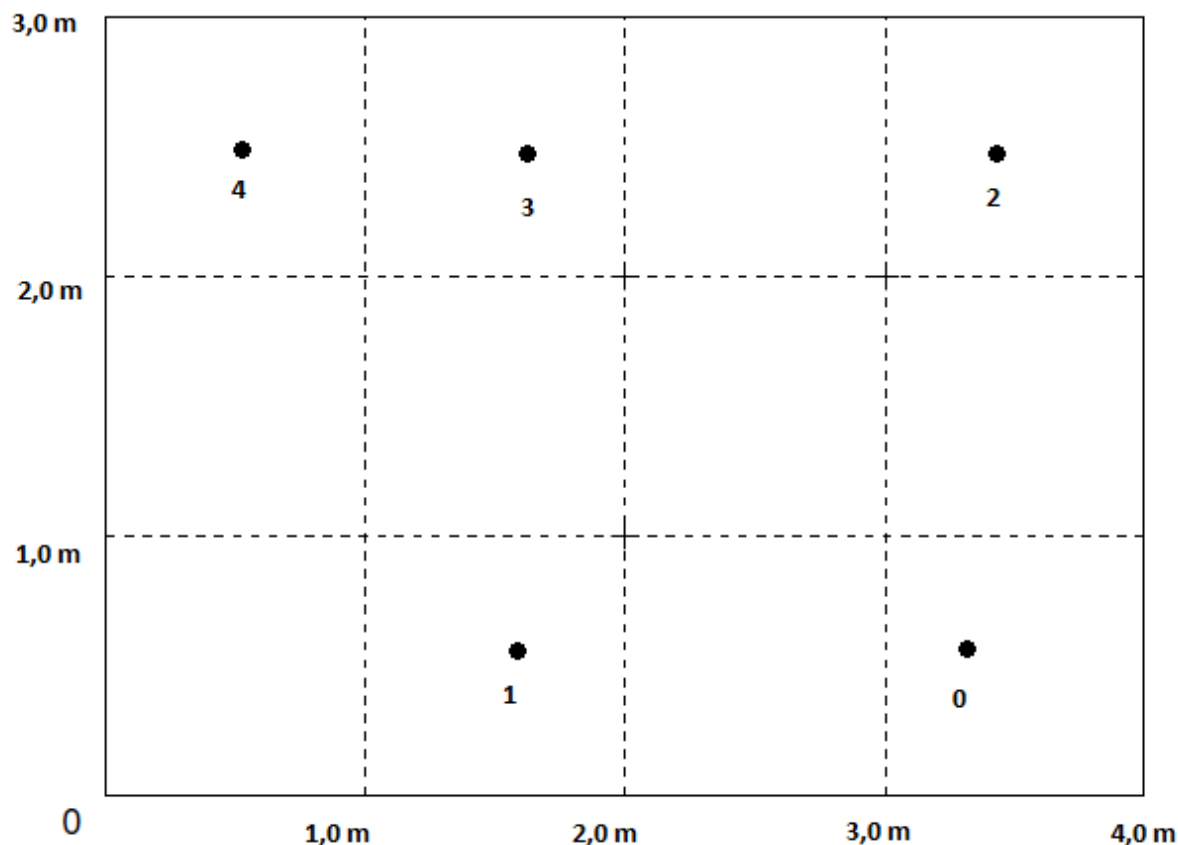


Figura 6.1 Disposição dos nós para o teste

Apesar de ter um protocolo próprio de transmissão a placa transceptora não possui sistema de detecção de erros foi estabelecido um código com transmissões repetidas e diferentes posteriormente verificado quantas destas transmissões realmente chegaram no nó receptor, primeiro para o teste de alcance da rede para tanto fez na área que tinha disponível infraestrutura para o teste e pôr tanto o mesmo foi feita no corredor do SG 11, infelizmente o mesmo não possui comprimento de 100m, então foi efetuado o teste começando de 5m e aumentando a distância de 20m em 20m liberando o caminho e verificando se a comunicação era mantida como apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Resultados encontrados no teste de funcionamento com o aumento da distância no corredor do SG 11.

Distancia	5 m	25 m	45 m	65 0
% de pacotes recebidos	100	100	100	100

A segunda parte era testar se era possível ter comunicação entre múltiplos nós simulando uma sub-rede, os nós foram dispostos de acordo com a Figura 6.1 e obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 2. Resultados obtidos na transferência de informação entre os 4 nós transmissores e o nó concentrador

Nó transmissor	nó=1	nó=2	nó=3	nó=4
Taxa de envio	100	100	100	100

Verifica-se com esses resultados que esse desenho limitado da rede funciona perfeitamente para as configurações escolhidas, funcionou como teste inicial, mas para ter um conhecimento pleno do funcionamento na rede é preciso testes mais parecidos com o real dimensionamento da rede, teste ao ar livre fora de um ambiente controlado, se for possível também posteriormente fazer testes de transmissão com condições adversas de tempo para saber se a interferência no sistema de transmissão por chuva além das interferências ocasionadas por interferência de outras redes de comunicação.

Depois diante da impossibilidade de fazer testes utilizando informações recebidas de um hidrômetro foi simulado o funcionamento do pulso seco de um hidrômetro através de uma chave táctil o acionamento da mesma

6.3. Resultados encontrados

Como foram feitas algumas alterações no projeto, e os testes realizados não puderam ser feitas na geometria realizada na simulação é muito complicado fazer comparação entre os valores simulados e os valores encontrados neste trabalho, entretanto devido as características especificadas da rede em questão principalmente a simplicidade das informações enviadas e a baixa frequência com que as informações serão enviadas com um tamanho de pacotes de informações muito pequeno os resultados foram bem satisfatório não tendo encontrado erros na transmissão, Analisando com o devido cuidado o que foi encontrado na simulação do aluno Lucas Krawetschuk, como podemos ver abaixo com a Tabela 3 retirada do seu trabalho de conclusão de curso, o resultado apresenta muitos pontos em comum.

As principais diferenças entre o trabalho simulado e os testes práticos estão na tecnologia utilizada, as simulações foram feitas tendo em conta o modulo t-motesky com base na tecnologia da MSP430 com radio incluso, enquanto os testes físicos foram feitos com o microcontrolador Arduino Uno e o transceptor nRF24l01+ com PA e LNA.

Esta alteração foi feita primeiro pela dificuldade de se conseguir o modulo t-motesky o mesmo é produzido apenas na Europa com custo inviável de importação, e com um preço acima de mercado, pois o mesmo vem com alguns sensores como de temperatura, luminosidade e humidade os quais não são necessários para o projeto em específico.

Em um segundo momento foi pensado em utilizar o modulo da Texas Instruments MSP430 F2274, o qual tinha disponível no departamento e era muito parecido com o sistema de comunicação muito similar ao utilizado pelo t-motesky, entretanto isto foi desconsiderado pois o modulo em específico não tem suporte a plataforma Linux utilizada nos computadores do LPCI os quais foram utilizados para a programação dos códigos no microcontrolador.

Outro ponto forte foi a geometria não foi possível fazer testes com as geometrias utilizadas nas simulações a Figura 6.2 apresenta a distribuição dos nós na simulação uma sub-rede com 6 pontos (numerados de 0 a 5) com o concentrador sendo representado como ponto 0, mas como todos os nós podemos se comunicar entre si, a Figura 5.1 do capítulo anterior apresenta a disposição dos nós utilizados na aquisição dos dados, mas com os nós se comunicando apenas com o concentrador.

Esta segunda diferença se sucedeu devido à dificuldade de fazer os testes em uma região ao ar livre fora de um ambiente controlado com disposição de computadores e tomadas com o LPCI necessita de mais recursos os quais eu não tinha a para efetuar os testes, que foram feitas para comprovação que o sistema funciona, mesmo que nas condições dos testes.

Para o correto funcionamento da rede de comunicação é desejável que seja feita um site survey nos canais da banda de frequência de 2,4 GHz em todas as áreas de ligações dos nós, pois como é uma faixa

de frequência liberada para uso comum e muito utilizada hoje para redes de wi-fi e de comunicações de telefonia móvel é muito possível que haja interferência no sinal o que dificulte a comunicação.

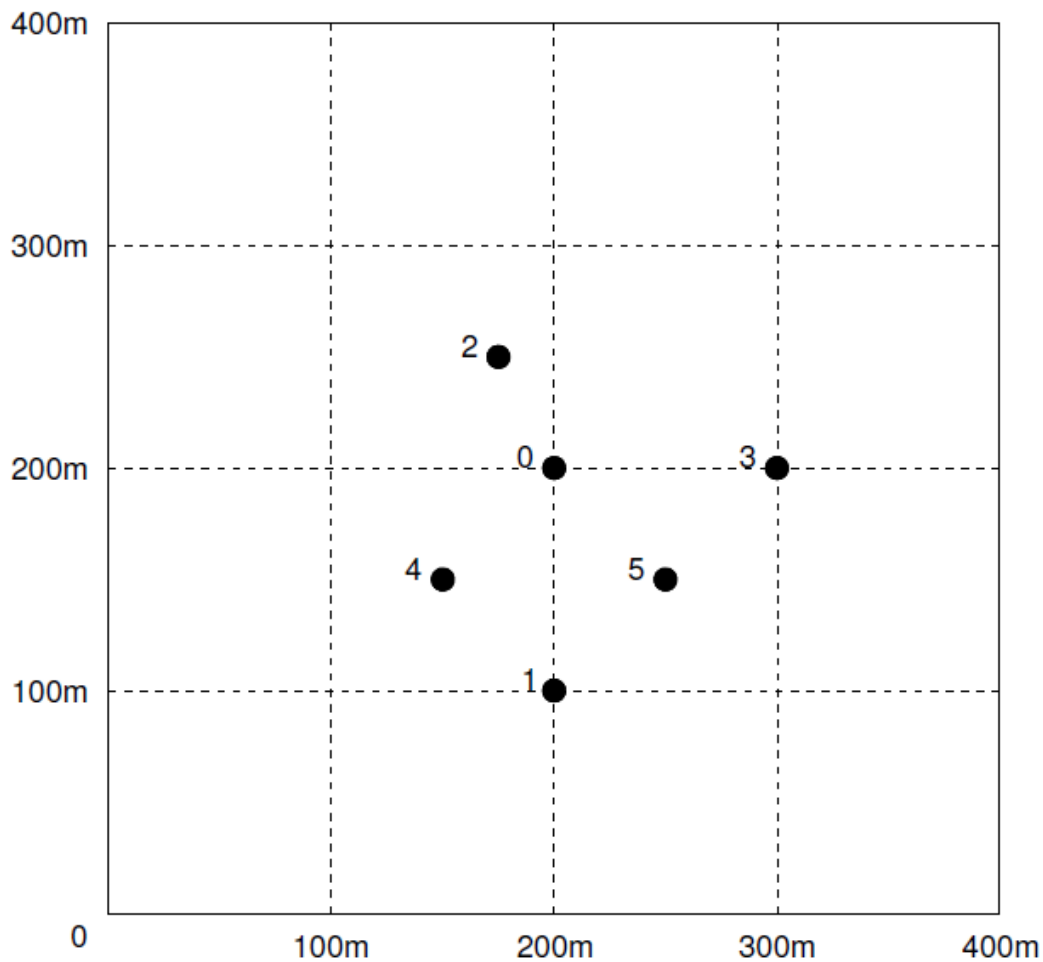


Figura 6.2 Disposição dos nós para a simulação [28]

Como podemos ver na Tabela 3 a uma grande perda de pacote dos que foram enviados entre o concentrador e os nós 1, 3 e 5, o que gera uma grande discrepância entre os valores obtidos experimentalmente e os encontrados na simulação, mas quando se vê o porquê de ter encontrado tais perdas, primeiro devido a estar próximo do limite de distância os pontos 1 e 3 estão no limiar desta distancia, o qual é 100 metros para o rádio da msp430, este problema não se aplica ao kit Arduino Uno com o transceptor nRF24l01+ primeiro devido as distâncias executadas no teste que não chegam nem a 5 metros, segundo devido ao alcance maior do transceptor que o fabricante alega possuir apenas encontraria problemas parecidos com estes a distancias na faixa de 2 quilômetros. O segundo ponto que justifica a presença de tais erros é a simultaneidade na transmissão de informações, algo que não ocorrera devido à baixa transmissão de dados é muito coerente programar o período de transmissão de dados de forma a minimizar a colisão de transmissão entre os nós, evitando estes erros consegue-se os resultados obtidos sem falhas na transmissão, como pretendido

Tabela 3 – Resultados obtidos da simulação do aluno Lucas Krawctschuk [28]

	nó=0	nó=1	nó=2	nó=3	nó=4	nó=5
nó=0		0	100	20	100	12
nó=1	0		0	3	100	100
nó=2	100	0		0	59	0
nó=3	21	2	0		0	97
nó=4	100	100	79	0		1
nó=5	35	100	0	100	0	

7. Conclusões

Neste trabalho foi analisado o consumo de água em algumas instalações do Campus Darcy Ribeiro de forma parcial, pois foi visto que as informações do consumo de água no campus apenas pelas contas provenientes da CAESB não é o suficiente seria necessário uma maior resolução temporal, analisando o consumo em determinadas horas e dias é possível prever melhor como se dá o consumo em determinada instalação da UnB e desta forma destinar projetos para reduzir o consumo, bem como prever defeitos na rede.

Diante do problema de baixa resolução quanto ao consumo de água na UnB foi projetada uma parte da Rede de Sensores Sem Fio, pois não havia dados da localização de todos os hidrômetros da UnB mas o mesmo pode ser ampliado em trabalhos futuros, mas o mesmo sem englobar todo o campus o mesmo apresenta uma melhora no sistema vigente em 2018, pois entrega o resultado do consumo a cada 60 minutos, podendo ter atuação imediata em caso de consumo anormal. E com precisão de variável de acordo com a necessidade de cada instalação, uma com baixo consumo pode ser enviado dados a cada 10l de consumo de água, enquanto uma com consumo muito alto como o ICC utilizaria uma precisão de dados enviados a cada 1000l.

Foi projetado todo o sistema da rede incluindo o posicionamento dos hidrômetros como nó básico da rede, a comunicação de cada nó com a estação base e como seria o tratamento da informação recebida na estação base, bem como maneiras de interromper o funcionamento e casos de necessidade. Apesar de não ter muita acurácia no posicionamento de cada hidrômetro a rede está estabelecida de forma a poder fazer pequenas alterações no posicionamento sem ser preciso fazer reformulação do projeto.

Por fim apesar de não ter o hidrômetro para efetuar os testes de medida do consumo de água foi simulado com sucesso o funcionamento do mesmo e a transmissão também foi testada com êxito apesar da limitação das instalações do prédio do SG 11 para teste conseguiu efetuar os testes de distancia de 65 metros e foi possível fazer um teste com a rede em tamanho reduzido.

Para continuidade do projeto é importante a aquisição hidrômetros para montar um protótipo de nó, fazer um mapeamento da localização de todos os hidrômetros do Campus Darcy Ribeiro e fazer um ensaio de campo da comunicação com pontos reais para ver se a comunicação é estabelecida nestes pontos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] https://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos_pdf/arquivos_Lai/indicadores_desempenho2018.pdf - 13/09/2018
- [2] https://pt.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%A3o_Internacional_de_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es - 13/09/2018
- [3] https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/04/26/interna_cidadesdf,676318/populacao-do-df-tem-maior-crescimento-do-pais-entre-2012-e-2017.shtml - 13/09/2018
- [4] https://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Integrada_de_Desenvolvimento_do_Distrito_Federal_e_Entorno - 13/09/2018
- [5] <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-01/distrito-federal-convive-com-acionamento-de-agua-ha-um-ano> - 13/09/2018
- [6] <https://pmisp.org.br/documents/acervo-arquivos/241-internet-das-coisas-historia-conceitos-aplicacoes-e-desafios/file> - 13/09/2018
- [7] Dargie, W. and Poellabauer, C. (2010). *Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice*. John Wiley and Sons. pp. 168–183, 191–192
- [8] <http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf> - 13/09/2018
- [9] LOUREIRO, A. A. et al. **Redes de sensores sem fio**. In: *Computadores*. (SBRC). [Sol.: n.], 2003. p. 179 226.
- [10] <http://www.folhadequarai.com.br/fotos.php?id=1971> 03/11/2013
- [11] COOLEY, D. <http://rtcmagazine.com/articles/view/102871> - 02/06/2015.
- [12] Zimmermann, H. (1980). **OSI reference model--The ISO model of architecture for open systems interconnection**. *IEEE Transactions on communications*, 28(4), 425-432.
- [13] Akyildiz, I. F., & Vuran, M. C. (2010). **Wireless sensor networks** (Vol. 4). John Wiley & Sons. 77 p.
- [14] Karl, H., & Willig, A. (2007). **Protocols and architectures for wireless sensor networks**. John Wiley & Sons. 497 p.
- [15] Samant, T. (2016). **Analysis and comparison of SMAC and TMAC protocol for energy efficient dynamic topology in sensor network**. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 6(5), 2331.
- [16] Zheng, J., & Lee, M. J. (2006). “**A comprehensive performance study of IEEE 802.15**”. 4. *Sensor network operations*, 4, 218-237.
- [17] Ruiz, L. B., Correia, L. H. A., Vieira, L. F. M., Macedo, D. F., Nakamura, E. F., Figueiredo, C. M., & Nogueira, J. M. S. (2004). “**Arquiteturas para redes de sensores sem fio**”. *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)*.
- [18] <https://insense.cs.st-andrews.ac.uk/files/2013/04/tmote-sky-datasheet.pdf> 13/09/2018
- [19] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B4metro> 14/09/2018
- [20] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUnoSMD> 13/09/2018
- [21] http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/433Mhz_RF-TX&RX.pdf 13/09/2018
- [22] https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Plus_Preliminary_Product_Specification_v1_0.pdf 13/09/2018
- [23] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc0336.pdf> 13/09/2018
- [24] <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenoide/> 13/09/2018

[25]

http://www.ceplan.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=693
13/09/2018

[26] Mattos, C. e Lopes, T. “**Consumo de água no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília- estudo de medidas para redução de perdas**” 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, 2016

[27] https://pt.wikipedia.org/wiki/Universidade_de_Bras%C3%ADlia 14/09/2018

[28] Krawctschuk, L. “**Simulação de uma rede de sensores sem fio para um sistema de monitoramento do consumo de água**” 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, 2018

[29] Cunha, W. 2018. “**Telemetria RSSFs Sensores**” Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, 2018

APENDICE

APENDICE 1 – CODIGOS UTILIZADOS NO ARDUINO

Código para teste se o transceptor nRF24I01+ está funcionando corretamente

```
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include "printf.h"

//
// Hardware configuration
//

// Set up nRF24L01 radio on SPI bus plus pins 7 & 8

RF24 radio(7,8);

//
// Channel info
//

const uint8_t num_channels = 126;
uint8_t values[num_channels];

//
// Setup
//

void setup(void)
{
  //
  // Print preamble
```

```

//

Serial.begin(115200);
printf_begin();
Serial.println(F("\n\rRF24/examples/scanner/"));

//
// Setup and configure rf radio
//

radio.begin();
radio.setAutoAck(false);

// Get into standby mode
radio.startListening();
radio.stopListening();

radio.printDetails();

// Print out header, high then low digit
int i = 0;
while ( i < num_channels )
{
    printf("%x",i>>4);
    ++i;
}
Serial.println();
i = 0;
while ( i < num_channels )
{
    printf("%x",i&0xf);
    ++i;
}
Serial.println();
}

//

```

```

// Loop
//

const int num_reps = 100;

void loop(void)
{
  // Clear measurement values
  memset(values,0,sizeof(values));

  // Scan all channels num_reps times
  int rep_counter = num_reps;
  while (rep_counter--)
  {
    int i = num_channels;
    while (i--)
    {
      // Select this channel
      radio.setChannel(i);

      // Listen for a little
      radio.startListening();
      delayMicroseconds(128);
      radio.stopListening();

      // Did we get a carrier?
      if ( radio.testCarrier() ){
        ++values[i];
      }
    }
  }

  // Print out channel measurements, clamped to a single hex digit
  int i = 0;
  while ( i < num_channels )
  {
    printf("%x",min(0xf,values[i]));
  }
}

```

```
    ++i;
  }
  Serial.println();
}
```

Código para transmissão verificando recebimento com o transceptor nRF24I01+

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

#define CE_PIN 7
#define CSN_PIN 8

const byte slaveAddress[5] = {'R','x','A','A','A'};

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN); // Create a Radio

char dataToSend[10] = "Message 0";
char txNum = '0';

unsigned long currentMillis;
unsigned long prevMillis;
unsigned long txIntervalMillis = 1000; // send once per second

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  Serial.println("SimpleTx Starting");

  radio.begin();
  radio.setDataRate( RF24_250KBPS );
```

```

radio.setRetries(3,5); // delay, count
radio.openWritingPipe(slaveAddress);
}

//=====

void loop() {
  currentMillis = millis();
  if (currentMillis - prevMillis >= txIntervalMillis) {
    send();
    prevMillis = millis();
  }
}

//=====

void send() {

  bool rslt;
  rslt = radio.write( &dataToSend, sizeof(dataToSend) );
  // Always use sizeof() as it gives the size as the number of bytes.
  // For example if dataToSend was an int sizeof() would correctly return 2

  Serial.print("Data Sent ");
  Serial.print(dataToSend);
  if (rslt) {
    Serial.println(" Acknowledge received");
    updateMessage();
  }
  else {
    Serial.println(" Tx failed");
  }
}

//=====

void updateMessage() {

```



```

    // so you can see that new data is being sent
    txNum += 1;
    if (txNum > '9') {
        txNum = '0';
    }
    dataToSend[8] = txNum;
}

```

Código para recepção verificando recebimento com o transceptor nRF24I01+

```

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

#define CE_PIN 7
#define CSN_PIN 8

const byte thisSlaveAddress[5] = {'R','x','A','A','A'};

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

char dataReceived[10]; // this must match dataToSend in the TX
bool newData = false;

//=====

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    Serial.println("SimpleRx Starting");
    radio.begin();
    radio.setDataRate( RF24_250KBPS );
    radio.openReadingPipe(1, thisSlaveAddress);
    radio.startListening();
}

```

```
//=====
```

```
void loop() {  
  getData();  
  showData();  
}
```

```
//=====
```

```
void getData() {  
  if ( radio.available() ) {  
    radio.read( &dataReceived, sizeof(dataReceived) );  
    newData = true;  
  }  
}
```

```
void showData() {  
  if (newData == true) {  
    Serial.print("Data received ");  
    Serial.println(dataReceived);  
    newData = false;  
  }  
}
```

APENDICE 2 – PLANILHAS DO CONSUMO DE ÁGUA NA UNB

Consumo de água na UnB em 2015

local	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
UNB INST.CENTRAL DE CIÊNCIAS ICC-I	5554	7020	4898	5532	6990	7417	7334	6560	8171	9593	8449	6025
FUB -SCEN TR ESTAÇÃO EXP. BIOLOGIA	838	845	843	722	842	723	778	943	876	907	932	870
UNB INST DE CIENCIAS SOCIAIS	52	72	72	68	67	70	119	63	29	10	10	48
Fundação Universidade de BRASÍLIA SCLN 205 BL D LJ 07	10	10	10	10	129	167	167	10	10	10	10	10
Fundação Universidade de BRASÍLIA SCLN 406 BL A SS 72	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Fundação Universidade de BRASÍLIA SRNA Q 06 CJ M C 28	10	31	10	10	50	38	38	38	38	38	38	38
Editora da UnB SCLN 406 BL A SS 46	50	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ B3 LT19	10	10	10	10	10	10	10	13	13	12	13	32
Centro DE Educação a distância SCLN 115 BL A SS 15	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
Fundação Universidade de BRASÍLIA UNB BL CENTRO DE CONV MU	49	18	19	21	23	27	26	26	26	246	56	34
Instituto de Arte IDA SCLN 406 BL A LJ 32	10	10	10	10	10	11	10	10	17	17	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 48	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 52	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 54	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 58	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ C2 LT11	13	15	11	12	12	10	10	11	20	13	17	15
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ C2 LT17	61	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
GRAFICA PAPELARIA LTDA SIGA Q 06 LT 1440 GAMA	17	20	21	27	27	27	24	31	20	22	25	30
FGA – FÓRUM	107	155	98	115	145	119	188	113				
FUB. BRASÍLIA CNN 01 BL E SALAS CEILÂNDIA	10	16	10	14	16	16	14	25	25	19	25	26

FUB-BRASÍLIA VNSF CJ B2 AREA UNIV. 1 UNI. PLANALTINA	261	272	136	157	135	198	335	544	523	274	318	183
Fundação Universidade de BRASÍLIA SCLN 305 BL C ENT 34 1º PAVIM	49	35	60	42	46	47	41	101	53	53	54	54
UNB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FE 1 LIG 2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FE 3 LIG 2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB ENGENHARIA ELETRICA SG 11 LIG 2	116	45	46	77	111	10	10	10	10	10	10	20
FACULDADE DE EDUCAÇÃO UNB FE 5 LIG 1	43	82	67	92	67	102	293	373	361	265	97	72
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA UNB FUBRA	10	10	10	613	10	10	1306	10	10	125	155	206
UNB LAB. ENG. MECÂNICA SG 9 LIG 2	50	19	36	10	10	10	10	22	10	10	10	10
UNB SISMOLÓGICO 02 SIS LIGAÇÃO 2	10	12	15	15	10	10	33	48	49	29	62	10
FACULDADE DE TECNOLOGIA FTD LIG 1	361	448	362	504	512	415	508	369	528	619	1336	566
UNB LAB. ENG. CIVIL SG 12 - 1	225	202	195	199	233	292	276	324	517	398	565	475
UNB ARQUITETURA DANÇA SG 10-1 CEPLAN	32	33	33	39	40	45	49	89	108	96	96	132
UNB T 6111 AUDITÓRIO DE MÚSICA SG- 8-1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-2 HID.01	41	37	32	42	41	34	44	39	40	32	26	29
UNB PANCP HOSP VETERINÁRIO BIOT. 01	226	411	212	341	92	289	343	309	329	706	447	359
UNB CENTRO FORMAÇÃO REC.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	50
FACULD. DE DIREITO CIÊNC. POL DIR. 1	89	129	129	343	260	214	173	173	194	85	10	151
UNB - PAVILHÃO JOÃO CALMON 01	110	533	87	236	291	536	901	660	927	1001	791	441
UNB FACULDADE DE MEDICINA CIÊNCIAS SAÚDE	414	409	369	481	552	713	659	527	668	776	1381	2078
UNB PAVILHÃO ANÍSIO TEIXEIRA	95	152	116	215	292	265	208	681	661	957	609	205
UnB ALMOXARIFADO CENTRAL LIG. 01	68	87	70	80	91	101	113	96	186	176	186	118
UnB CENTRO COMUNITÁRIO CCAB - 01	135	60	55	136	171	140	150	130	151	162	164	148
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-4 1	17	31	16	24	33	33	33	33	32	129	28	28
UNB INSTITUTO DE ARTES 1	10	28	10	10	10	10	10	10	20	57	14	10
UNB COMPLEXO DAS ARTES	404	10	403	404	409	337	483	484	484	492	504	519
PAVILHÃO MULTIUSO UNB MULTIUSO 01	563	445	356	492	506	490	533	617	685	641	655	534
UNB MULTIUSO II LIGAÇÃO 01	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB CENT DE EXCELENCIA EM TURISMO LIG 01	205	226	225	204	206	233	316	440	441	407	348	267

UNB NUCLEO DE MEDICINA TROPICAL 01	105	110	111	76	103	88	117	130	181	187	213	106
UNB- SGP	41	50	53	59	67	52	55	68	54	39	62	57
UNB CENTRO DE CONVIVÊNCIA NEGRA	21	23	21	11	15	19	11	14	18	30	12	10
UNB POSTO DA PM - PMDF	16	23	24	21	23	20	23	36	37	38	33	31
PREFEITURA DA UNB LIGAÇÃO 02	551	782	705	593	621	737	742	854	741	809	719	699
OFICINA MAQUETE P INSTITUTO DE ARTE UNB	48	79	82	45	65	55	73	61	102	107	50	67
UnB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA	110	61	30	211	103	136	690	1219		1303	975	653
UnB CENTRO OLÍMPICO LIG - 1	381	1685	1084	447	761	892	1538	2794	2371	2048	1549	859
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO A			345	417	450	450	508	450	493	0	0	565
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO A	50	50	50	50	50	50	50	50	367	0	0	29
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO B LIG 4	50	50	50	50	50	50	50	50	367	0	0	29
UNB - REITORIA LIGAÇÃO 01	650	1068	658	618	673	802	1141	1218	1198	2313	984	846
BIBLIOTECA CENTRA-BCE LIGAÇÃO 02	503	680	511	633	766	705	468	460	489	417	734	781
TERMOBIOLOGIA - UNB	60	41	30	13	16	31	73	143	154	132	152	43
UNB GEOGRONOLOGIA	71	95	145	86	82	103	71	77	164	81	82	83
UNB LAB. ANEXO FARMA	61	70	210	237	114	10	10	10	10	10	15	10
INST. DE QUÍMICA UNB	248	243	240	441	485	392	366	356	433	451	425	333
GARAGEM DA UNB	160	155	142	153	151	153	592	141	153	154	123	127
UNB – CDT	134	213	208	201	190	176	211	233	205	185	279	246
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	34	10	27	16	20	10	10	10	10	10	10	28
UNB CRAD PROX GEOCRONOLO	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Prédio do CPD	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	50
UNB ENTR FACUL MED/BIO (BSA SUL)	207	241	86	334	383	357	342	275	435	573	425	327
Fundação Universidade de BRASÍLIA ao lado do CEFTRU	113	126	124	95	108	118	128	118	121	199	283	109
CAMPUS PLANALTINA VNSF CJ B2 AREA UNIV 2 UNB	230	115	10	10	10	14	10	10	411	904	1001	905
UnB Ceilândia (ESCOLA) QNN 26	298	796	366	501	613	927	1464	1412	3222	2193	2222	831
UNB OCA 01 PIJ OCA 01	146	115	124	96	210	152	180	139	118	144	64	114
UNB CECEL COMP DE EDUCAÇÃO CULT E LAZER UNB SLE LT 01 PROJ A FGA GAMA	174	264	127	398	448	475	993	856	1167	833	892	483
UnB FACE	143	172	133	195	154	189	237	282	859	718	424	189
UNB – CIC	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	118
UNB – EST	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	50
BSAN UNB LD BSAN												50

Consumo de água na UnB em 2016

local	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
UNB INST.CENTRAL DE CIÊNCIAS ICC-I	5389	4915	5672	6924	7902	8362	8392	7847	7739	8337	6629	5864
FUB -SCEN TR ESTAÇÃO EXP. BIOLOGIA	839	799	737	837	867	904	923	1017	787	717	756	757
UNB INST DE CIENCIAS SOCIAIS	10	10	10	10	46	76	89	93	112	156	92	81
Fundação Universidade de BRÁSILIA SCLN 205 BL D LJ 07	10	10	10	10	10	10	10	12	10	45	40	39
Fundação Universidade de BRÁSILIA SCLN 406 BL A SS 72	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	50
Fundação Universidade de BRÁSILIA SRNA Q 06 CJ M C 28	10	38	38	38	38	38	38	10	50	50	50	50
Editora da UnB SCLN 406 BL A SS 46	10	10	10	10	10	10	14	10	12	10	10	10
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ B3 LT19	10	10	10	10	10	15	12	10	10	23	17	37
CAEP/IP UNB A s/n C.UNIV. DARCY RIBEIRO – AO LADO DA FIOCRUZ										34	69	70
Fundação Universidade de BRÁSILIA UNB BL CENTRO DE CONV MU	11	10	17	10	16	15	14	36	14	14	75	23
Instituto de Arte IDA SCLN 406 BL A LJ 32	10	10						10	10	10	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 48		10		13				10	10	10	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 52		10		10				10	10	10	10	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 54		10		10				10	29	10	37	10
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 58		10		10				10	10	10	10	50
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ C2 LT11		N/A										
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ C2 LT17	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
GRAFICA PAPELARIA LTDA SIGA Q 06 LT 1440 GAMA	24	19	18	27	31	29	36	35	27	39	33	27
FUB. BRÁSILIA CNN 01 BL E SALAS CEILÂNDIA		15	17	23	23	21	24	23	50	30	19	20
FUB-BRÁSILIA VNSF CJ B2 AREA UNIV. 1 UNI. PLANALTINA	122	56	96	175	246	253	271	270	240	304	227	104
Fundação Universidade de BRÁSILIA SCLN 305 BL C ENT 34 1º PAVIM		N/A										
UNB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FE 1 LIG 2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	84

UNB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FE 3 LIG 2	10	10	10	10	10	10	10	50	10	10	50	73
UNB ENGENHARIA ELETRICA SG 11 LIG 2	170	119	54	77	83	140	235	143	105	122	65	74
FACULDADE DE EDUCAÇÃO UNB FE 5 LIG 1	70	61	68	116	67	72	84	117	10	76	64	10
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA UNB FUBRA	10	206	206	206	206	10	10	10	10	91	10	10
UNB LAB. ENG. MECÂNICA SG 9 LIG 2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	50
UNB SISMOLÓGICO 02 SIS LIGAÇÃO 2	10	10	10	10	10	10	23	10	10	10	10	40
FACULDADE DE TECNOLOGIA FTD LIG 1	300	312	316	490	451	516	595	816	982	1098	1025	1048
UNB LAB. ENG. CIVIL SG 12 - 1	503	495	529	709	289	606	691	865	918	781	552	393
UNB ARQUITETURA DANÇA SG 10-1 CEPLAN	286	329	260	174	103	70	76	89	83	117	96	72
UNB T 6111 AUDITÓRIO DE MÚSICA SG-8-1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-2 HID.01	13	10	45	33	30	18	21	18	27	270	16	14
UNB PANCP HOSP VETERINÁRIO BIOT. 01	407	276	290	283	316	409	694	1145	682	566	342	274
UNB CENTRO FORMAÇÃO REC.	50	10	10	10	10	10	10	50	10	10	10	50
FACULD. DE DIREITO CIÊNC. POL DIR. 1	145	145	151	154	121	122	145	213	190	157	108	115
UNB - PAVILHÃO JOÃO CALMON 01	111	72	41	255	224	632	1082	1085	1005	873	562	239
UNB FACULDADE DE MEDICINA CIÊNCIAS SAÚDE	1419	570	366	612	791	773	1476	1310	976	977	537	461
UNB PAVILHÃO ANÍSIO TEIXEIRA	287	146	55	355	307	513	1152	964	792	681	420	92
UnB ALMOXARIFADO CENTRAL LIG. 01	92	73	62	101	122	124	207	148	105	180	103	179
UnB CENTRO COMUNITÁRIO CCAB - 01	205	139	164	204	311	208	269	508	208	225	188	272
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-4 1	25	22	23	20	135	50	238	326	197	229	221	180
UNB INSTITUTO DE ARTES 1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	131
UNB COMPLEXO DAS ARTES	584	415	489	890	807	503	844	948	964	10	2144	761
PAVILHÃO MULTIUSO UNB MULTIUSO 01	624	1214	2438	2501	332	329	404	759	2661	2671	286	286
UNB MULTIUSO II LIGAÇÃO 01	10	10	10	10	10	10	10	50	10	50	10	50
UNB CENT DE EXCELENCIA EM TURISMO LIG 01	241	242	287	373	470	479	709	786	551	584	287	319
UNB NUCLEO DE MEDICINA TROPICAL 01	74	90	86	224	217	137	113	143	159	192	75	72
UNB- SGP	65	23	13	29	59	165	47	10	10	10	10	10
UNB CENTRO DE CONVIVÊNCIA NEGRA	10	10	10	10	10	21	12	11	21	10	12	20
UNB POSTO DA PM - PMDF	163	20	26	25	27	28	62	41	32	32	20	18

PREFEITURA DA UNB LIGAÇÃO 02	508	513	407	430	519	541	603	667	560	574	580	431
OFICINA MAQUETE P INSTITUTO DE ARTE UNB	55	16	10	11	14	10	10	10	12	12	10	10
UnB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA	690	590	556	855	838	907	1049	1159	1010	1143	842	807
UnB CENTRO OLÍMPICO LIG - 1	505	293	476	329	1106	1947	2067	2132	1998	1508	416	324
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO A	450	450	450	508	536	485	485	450	501	621	523	575
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO B LIG 4	19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	13	13
UNB - REITORIA LIGAÇÃO 01	623	554	865	846	720	1128	921	934	908	1082	1187	396
BIBLIOTECA CENTRA-BCE LIGAÇÃO 02	443	440	407	621	647	584	655	669	732	827	537	147
TERMOBIOLOGIA - UNB	43	335	195	171	152	159	202	211	183	213	123	113
UNB GEOGRONOLOGIA	78	69	68	74	87	80	76	106	70	74	68	69
UNB LAB. ANEXO FARMA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
INST. DE QUÍMICA UNB	207	227	489	380	374	393	371	385	415	448	397	453
GARAGEM DA UNB	145	142	140	140	139	139	10	135	98	99	90	82
UNB – CDT	233	87	131	80	53	57	103	155	22	141	135	131
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100	902	
UNB CRAD PROX GEOCRONOLO	10	10	10	10	10	10	10	50	10	10	50	50
Prédio do CPD	10	50	10	10	10	10	10	50	50	85	75	77
UNB ENTR FACUL MED/BIO (BSA SUL)	316	79	65	388	420	389	424	159	424	488	391	153
Fundação Universidade de BRASÍLIA ao lado do CEFTRU	491	339	335	116	851	118	608	122	119	16	13	12
CAMPUS PLANALTINA VNSF CJ B2 AREA UNIV 2 UNB	431	242	380	674	1087	953	897	480	761	790	555	417
UnB Ceilândia (ESCOLA) QNN 26	235	269	266	7093	825	1190	2554	1957	1456	1218	550	500
UNB OCA 01 PIJ OCA 01	131	10	128	10	80	111	99	94	75	85	62	55
UNB CECEL COMP DE EDUCAÇÃO CULT E LAZER UNB SLE LT 01 PROJ A FGA GAMA	190	319	10	465	734	1120	1188	1014	1065	1065	501	446
UnB FACE	205	10	74	56	124	124	160	40	63	21	11	18
UNB – CIC	64	55	53	112	113	114	168	328	206	142	98	110
UNB – EST	10	31	54	58	72	91	144	451	271	191	46	53
BSAN UNB LD BSAN	162	110	50	209	217	196	217	144	221	353	187	130

Consumo de água na UnB em 2017

local	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set
UNB INST.CENTRAL DE CIÊNCIAS ICC-I	6.421	6.728	6.307	7.737	7.157	8.383	8.467	7.071	7.469
FUB -SCEN TR ESTAÇÃO EXP. BIOLOGIA	857	751	709	667	567	727	717	627	709
UNB INST DE CIENCIAS SOCIAIS	56	55	49	75	66	75	76	54	81
Fundação Universidade de BRASÍLIA SCLN 406 BL A SS 72	50	50	50	50	10	50	50	50	10
Fundação Universidade de BRASÍLIA SRNA Q 06 CJ M C 28	50	50	10	50	50	50	50	50	50
Editora da UnB SCLN 406 BL A SS 46	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ B3 LT19	26	11	10	10	10	10	10	10	10
CAEP/IP UNB A s/n C.UNIV. DARCY RIBEIRO – AO LADO DA FIOCRUZ	64	44	49	67	61	75	76	49	68
Fundação Universidade de BRASÍLIA UNB BL CENTRO DE CONV MU	10	11	12	13	21	21	24	21	18
Instituto de Arte IDA SCLN 406 BL A LJ 32	10	10	10	10					
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 48	10	10	10	10					
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 52	10	10	10	10					
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 54	10	10	10	10					
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibra SCLN 406 BL A LJ 58	50	50	50	50					
CASA DE ESTUDANTE – PLANALTINA VNSF CJ C2 LT17	30	30	30	30	30	30	30	30	30
GRAFICA PAPELARIA LTDA SIGA Q 06 LT 1440 GAMA	26	20	24	26	20	33	29	32	30
FUB. BRASÍLIA CNN 01 BL E SALAS CEILÂNDIA	16	13	14	20	19	21	17		21
FUB-BRASÍLIA VNSF CJ B2 AREA UNIV. 1 UNI. PLANALTINA	119	150	387	98	98	111	120	101	252
UNB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FE 1 LIG 2	65	70	51	218	190	121	50	11	21
UNB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FE 3 LIG 2	73	69	44	142	78	79	69	52	47
UNB ENGENHARIA ELETRICA SG 11 LIG 2	39	35	18	17	10	35	10	35	10
FACULDADE DE EDUCAÇÃO UNB FE 5 LIG 1	10	10	10	13	10	13	10	16	10
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA UNB FUBRA	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB LAB. ENG. MECÂNICA SG 9 LIG 2	50	101	75	112	100	98	64	83	94
UNB SISMOLÓGICO 02 SIS LIGAÇÃO 2	47	67	41	31	30	36	31	36	44
FACULDADE DE TECNOLOGIA FTD LIG 1	751	435	349	623	578	646	700	707	712
UNB LAB. ENG. CIVIL SG 12 - 1	316	225	244	207	172	186	143	122	170
UNB ARQUITETURA DANÇA SG 10-1 CEPLAN	113	58	23	41	58	74	182	35	45
UNB T 6111 AUDITÓRIO DE MÚSICA SG-8-1	10	10	10	10	10	10	10	10	10
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-2 HID.01	10	16	11	19	15	18	25	10	18
UNB PANCP HOSP VETERINÁRIO BIOT. 01	207	226	230	340	192	345	352	338	349
UNB CENTRO FORMAÇÃO REC.	50	50	10	10	50	50	50	50	50
FACULD. DE DIREITO CIÊNC. POL DIR. 1	70	111	67	121	105	139	135	81	145
UNB - PAVILHÃO JOÃO CALMON 01	195	202	81	264	225	204	173	147	229
UNB FACULDADE DE MEDICINA CIÊNCIAS SAÚDE	299	300	333	657	644		535	408	579
UNB PAVILHÃO ANÍSIO TEIXEIRA	51	73	29	226	418		310	114	219
UnB ALMOXARIFADO CENTRAL LIG. 01	86	79	57	61	45		56	69	106
UnB CENTRO COMUNITÁRIO CCAB - 01	258	239	218	465	543		438	965	1.719
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-4 1	244	324	253	285	63		125	22	42
UNB INSTITUTO DE ARTES 1	172	62	47	94	74	32	27	11	10
UNB COMPLEXO DAS ARTES	1.242	1.210	280	293	328	476	320	76	128
PAVILHÃO MULTIUSO UNB MULTIUSO 01	308	233	238	301	405	432	403	369	374
UNB MULTIUSO II LIGAÇÃO 01	168	158	125	153	132	181	87	27	25
UNB CENT DE EXCELENCIA EM TURISMO LIG 01	438	75	10	10	10	1.104	1.390	1.484	1.251

UNB NUCLEO DE MEDICINA TROPICAL 01	95	76	47	245	91	246	169	93	72
UNB- SGP	10	14	10	10	10	10	10	10	10
UNB CENTRO DE CONVIVÊNCIA NEGRA	24	30	14	63	38	29	10	21	16
UNB POSTO DA PM - PMDF	25	10	17	15	14	17	34	41	31
PREFEITURA DA UNB LIGAÇÃO 02	510	448	508	601	680	767	691	515	532
OFICINA MAQUETE P INSTITUTO DE ARTE UNB	14	14	10	10	10	10	10	16	66
UnB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA	802	2.067	1.853	687	554	359	334	308	290
UnB CENTRO OLÍMPICO LIG - 1	226	361	1.212	1.105	358	320	243	187	391
UNB - REITORIA LIGAÇÃO 01	543	636	547	831	368	431	353	384	351
BIBLIOTECA CENTRA-BCE LIGAÇÃO 02	185	477	410	631	600	701	639	521	665
TERMOBIOLOGIA - UNB	135	129	132	158	120	103	138	120	126
UNB GEOGRONOLOGIA	78	40	70	80	74	74	90	69	56
UNB LAB. ANEXO FARMA	10	10	10	10	10	10	10	10	10
INST. DE QUÍMICA UNB	347	236	229	410	356	451	441	327	402
GARAGEM DA UNB	105	100	100	40	145	100	73	90	63
UNB – CDT	116	102	86	133	113	145	119	132	157
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	738	731	739	940	896	976	895	694	905
UNB CRAD PROX GEOCRONOLO	67	65	37	25	49	48	251	10	47
Prédio do CPD	71	70	61	71	59	71	83	68	72
UNB ENTR FACUL MED/BIO (BSA SUL)	89	299	155	516	487	508	487	243	352
Fundação Universidade de BRASÍLIA ao lado do CEFTRU	22	24	27	29	28	43	34	44	38
CAMPUS PLANALTINA VNSF CJ B2 AREA UNIV 2 UNB	195	509	354	631	563	662	686	291	477
UnB Ceilândia (ESCOLA) QNN 26	135	204	166	937	863	1.102	1.119	393	1.135
UNB OCA 01 PIJ OCA 01	70	62	67	71	71	68	59	61	99
UNB CECEL COMP DE EDUCAÇÃO CULT E LAZER UNB SLE LT 01 PROJ A FGA GAMA	284	191	116	538	609	662	924	806	989
UnB FACE	10	11	10	62	20	10	45	37	207
UNB – CIC	62	161	10	299	272	238	211	251	168
UNB – EST	50	48	30	43	45	60	73	65	88
BSAN UNB LD BSAN	83	121	103	131	341	379	446	249	366
Hospital Veterinário G. Torto	701	555	483	636	831		1.198		703
SANEAGO UNB CERRADO	2	2	2	3	2	8	4	16	
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO A	528	450	450	749	457	482	531	453	522
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO B LIG 4	13	10	10	10	10	10	10	221	50

APENDICE 3 - Hidrômetro Hydrus

HYDRUS como podemos ver na Figura A.1 é um medidor de água ultrassônico estático para gravação e leitura precisas do consumo em todas as áreas de abastecimento de água, apesar de não estar visível na Figura A.1 o hidrômetro possui 3 cabos de comunicação com fio.



Figura A.1 Hidrômetro HYDRUS da Diehl.

Ele não é afetado por sedimentos e sólidos suspensos na água e, portanto, garante uma precisão de medição estável a longo prazo, mesmo sob condições difíceis.

Com sua combinação inovadora de tecnologia ultrassônica e comunicação integrada, a HYDRUS torna o consumo de água transparente, e é ideal como parte de um sistema de leitura automática de medidores (AMR). A leitura é possível em segundos usando o protocolo de rádio para o padrão Open Metering ou uma interface M-Bus com fio e as contagens reais de medidores criam o banco de dados perfeito para medição inteligente. O HYDRUS, portanto, fornece o banco de dados para perfis de consumo complexos em tempo real, se necessário.

O HYDRUS está equipado com diferentes interfaces de comunicação, dependendo da escolha selecionada:

- Interface IrDA ótica (standard - always)
- Rádio 434/868 MHz
- Rádio 868 MHz / L-Bus
- Rádio 434 MHz / L-Bus
- M-Bus
- pulso

Dentre esses meios de comunicação destacam-se para o projeto, M-bus e pulso

Cabo M-Bus

Padrão M-Bus de acordo com M-Bus EN 13757

- Taxa de transmissão 300 ou 2400 bauds
- Cabo M-Bus de dois fios com proteção contra inversão de polaridade, 1,5 m de comprimento
- Para comunicação com receptor M-Bus ou IZAR CENTER
- intervalo de leitura máximo a cada 3 minutos
- Não é possível adicionar fonte de alimentação externa, apenas utiliza 1 ou duas baterias internas dependendo do modelo
- Máxima transmissão de dados de 100 bytes por minuto

Por padrão o Cabo M-Bus é ajustado para apresentar os seguintes dados

- 1) Volume atual (total)
- 2) volume reverso atual
- 3) volume dianteiro atual
- 4) taxa de fluxo atual
- 5) Horas de funcionamento atuais
- 6) Temperatura média atual ° C
- 7) Temperatura ambiente atual ° C
- 8) Data e hora atuais
- 9) Ano da data de vencimento (volume, volume de retorno, volume a termo, data)
- 10) Próxima data de vencimento

Saídas de pulso

O HYDRUS está equipado com duas saídas de pulso (coletor aberto, pulso 1 e pulso 2), que pode ser configurado de forma diferente (veja abaixo as configurações).

Saídas de pulso e taxas de pulso, dados técnicos:

- Tensão de saída do pulso máximo de 30V
- Corrente de saída do pulso máximo de 27mA
-
- Queda de tensão na saída máximo de 2V e 27mA
- Duração do pulso configurável

APENDICE 4 - Características do microcontrolador Arduino Uno

Alimentação

O Arduino Uno pode ser alimentado via conexão USB ou com uma fonte de alimentação externa. A alimentação da fonte é selecionada automaticamente.

A energia externa (não USB) pode ser proveniente de um adaptador AC / DC ou de uma bateria. O adaptador pode ser conectado conectando um plugue positivo de 2,1 mm na entrada de energia da placa. Uma bateria pode ser inserida nos cabeçalhos dos pinos Gnd e Vin do conector POWER.

A placa pode operar com uma fonte externa de 6 a 20 volts. Se fornecido com menos de 7V, no entanto, o pino de 5V pode fornecer menos de cinco volts e a placa pode ficar instável. Se usar mais de 12V, o regulador de tensão pode superaquecer e danificar a placa. O intervalo recomendado é de 7 a 12 volts.

Os pinos de energia são os seguintes:

- VIN. A tensão de entrada para a placa Arduino quando está usando uma fonte de energia externa (como oposta a 5 volts da conexão USB ou outra fonte de energia regulada). Você pode fornecer tensão através deste pino, ou, se o fornecimento de tensão através da tomada de energia, acessá-lo através deste pino.
- 5V. Este pino emite uma tensão de 5V com regulador. A placa pode ser energizada com alimentação do conector de energia CC (7 - 12V), do conector USB (5V) ou do pino VIN é aconselhado o uso de 7-12V.
- 3V3. Uma fonte de 3,3 volts gerada pelo regulador de bordo. O consumo máximo de corrente é de 50 mA
- GND. Pinos de aterramento

Memória

O ATmega328 tem 32 KB (com 0,5 KB usado para o bootloader). Também possui 2 KB de SRAM e 1 KB EEPROM (que pode ser lido e escrito com a biblioteca EEPROM).

Entrada e saída

Cada um dos 14 pinos digitais no Uno pode ser usado como entrada ou saída, usando `pinMode()`, funções `digitalWrite()` e `digitalRead()`. Eles operam a 5 volts. Cada pino pode fornecer ou receber máximo de 40 mA e possui um resistor de pull-up interno (desconectado por padrão) de 20-50 kΩ. Dentro Além disso, alguns pinos possuem funções especializadas:

- Serial: 0 (RX) e 1 (TX). Usado para receber (RX) e transmitir dados seriais TTL (TX). Esses pinos estão conectados aos pinos correspondentes do chip Serial USB-to-TTL ATmega8U2.
- Interrupções externas: 2 e 3. Esses pinos podem ser configurados para disparar uma interrupção em um ponto de baixo valor, uma vantagem crescente ou decrescente ou uma alteração no valor.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10 e 11. Fornece saída PWM de 8 bits com a função `analogWrite()`.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estes pinos suportam comunicação SPI usando a biblioteca SPI.
- LED: 13. Há um LED embutido conectado ao pino digital 13. Quando o pino é de ALTO valor, o LED está ligado, quando o pino está baixo, está desligado.

O Uno tem 6 entradas analógicas, rotuladas de A0 a A5, cada uma das quais fornece 10 bits de resolução (ou seja, 1024 valores diferentes). Por padrão, eles medem do solo para 5 volts, embora seja possível mudar a extremidade superior do intervalo usando o pino AREF e a função `analogReference()`. Além disso, alguns dos pinos têm uma funcionalidade especializada:

- TWI: Pino A4 ou SDA e pino A5 ou SCL. Suporte a comunicação TWI usando a biblioteca `Wire`.

Há alguns outros pinos no quadro:

- AREF. Tensão de referência para as entradas analógicas. Usado com `analogReference()`.
- Reset. Traga esta linha LOW para reiniciar o microcontrolador. Normalmente usado para adicionar um botão de reset escudos que bloqueiam o do tabuleiro.

Comunicação

O Arduino Uno tem várias facilidades para se comunicar com um computador, outro Arduino ou outros microcontroladores. O ATmega328 fornece comunicação serial UART TTL (5V), que é disponível nos pinos digitais 0 (RX) e 1 (TX). Um ATmega16U2 na placa canaliza esta comunicação serial

através de USB e aparece como uma porta de comunicação virtual para software no computador. O '16U2 firmware usa os drivers COM padrão USB e nenhum driver externo é necessário. No entanto, no Windows, um arquivo `.inf` é necessário. O software Arduino inclui um monitor serial que permite que dados textuais simples sejam enviados para e da placa Arduino. Os LEDs RX e TX na placa piscarão quando os dados estiverem sendo transmitidos através do chip USB-serial e conexão USB ao computador (mas não para comunicação serial nos pinos 0 e 1).

Uma biblioteca `SoftwareSerial` permite a comunicação serial em qualquer um dos pinos digitais do Uno.

O ATmega328 também suporta comunicação I2C (TWI) e SPI. O software Arduino inclui uma Biblioteca de fios para simplificar o uso do barramento I2C;

Programação

O Arduino Uno pode ser programado com o software Arduino.

O ATmega328 no Arduino Uno vem pré-gravado com um bootloader que permite fazer upload de novos códigos para ele sem o uso de um programador de hardware externo. Ele se comunica usando o original Protocolo STK500.

Você também pode ignorar o bootloader e programar o microcontrolador através do ICSP (In-Circuit Programação serial);

Você pode então usar o software FLIP da Atmel (Windows) ou o programador DFU (Mac OS X e Linux) para carregar um novo firmware. Ou você pode usar o cabeçalho ISP com um programador externo (sobrescrevendo o Inicializador DFU).

Reset Automático (Software)

Em vez de exigir um pressionamento físico do botão de reset antes de um upload, o Arduino Uno é projetado de forma a permitir que seja redefinido pelo software executado em um computador conectado. Uma das linhas de controle de fluxo de hardware (DTR) do ATmega8U2 / 16U2 são conectadas à linha de ATmega328 através de um capacitor de 100 nF. Quando esta linha é declarada (baixa), a linha de reset cai a tempo suficiente para redefinir o chip. O software Arduino usa esse recurso para permitir o upload de código por simplesmente pressionando o botão de upload no ambiente do

Arduino. Isso significa que o bootloader pode ter um tempo limite menor, já que a redução do DTR pode ser bem coordenada com o início do upload. Essa configuração tem outras implicações. Quando o Uno está conectado a um computador executando o Mac OS X ou Linux, ele é redefinido toda vez que uma conexão é feita a partir do software (via USB). pelo próximo meio-segundo ou mais, o bootloader estará sendo executado no Uno. Enquanto estiver programado para ignorar dados malformados (ou seja, qualquer coisa além de um upload de novo código), ele irá interceptar os primeiros bytes de dados enviados para a placa após a conexão é aberta. Se um esboço em execução na placa receber configuração única ou outros dados quando ele é iniciado pela primeira vez, certifique-se de que o software com o qual ele se comunica depois de abrir a conexão e antes de enviar esses dados.

O Uno contém um traço que pode ser cortado para desabilitar a reinicialização automática. As almofadas em ambos os lados do traço podem ser soldadas juntos para reativá-lo. Está rotulado como "RESET-EN". Você também pode desativar o auto reset conectando um resistor de 110 ohm de 5V à linha de reset.

Proteção contra Sobrecorrente USB

O Arduino Uno tem um polyfuse reajustável que protege as portas USB do seu computador contra curtos e sobre corrente. Embora a maioria dos computadores forneça sua própria proteção interna, o fusível fornece uma camada extra de proteção. Se mais de 500 mA for aplicado à porta USB, o fusível quebrará automaticamente a conexão até que o curto ou a sobrecarga seja removida.

Características físicas

O comprimento e largura máximos do PCB Uno são de 2,7 e 2,1 polegadas, respectivamente, com o conector e tomada de energia que se estende além da dimensão anterior. Quatro furos de parafuso permitem que a placa ser anexado a uma superfície ou caixa. Note que a distância entre os pinos digitais 7 e 8 é de 160 mil (0,16"), nem um múltiplo do espaçamento de 100 mil dos outros pinos.