



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

NADISON FRANCISCO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO DE BAIXO
CUSTO UTILIZANDO MATERIAL REUTILIZÁVEL PARA INTERNET DAS
COISAS**

CARAÚBAS – RN

2018

NADISON FRANCISCO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO DE BAIXO
CUSTO UTILIZANDO MATERIAL REUTILIZÁVEL PARA INTERNET DAS
COISAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Francisco de Assis Brito Filho – UFERSA.

CARAÚBAS – RN

2018

NADISON FRANCISCO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO DE BAIXO
CUSTO UTILIZANDO MATERIAL REUTILIZÁVEL PARA INTERNET DAS
COISAS**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA),
como exigência final para obtenção do título
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Francisco de Assis Brito Filho –
UFERSA.

APROVADO EM 24/08/2018

BANCA EXAMINADORA



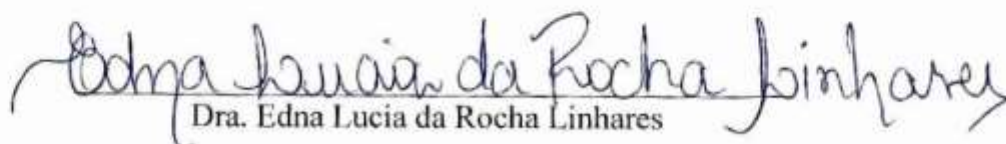
Dr. Francisco de Assis Brito Filho
Orientador



Me. Jose Ailton L. Barboza Junior



Dr. Francisco Aécio de Lima Pereira



Dra. Edna Lucia da Rocha Linhares

A meu pai, Nailton Francisco e a minha mãe,
Dominga Sebastiana. As duas pessoas que mais
admiro, respeito e amo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço as pessoas mais importantes da minha vida, meu pai Nailton Francisco e minha mãe Dominga Sebastiana, pelo amor e ensinamentos a mim dedicados.

Aos meus familiares pelos momentos de solidariedade durante as situações difíceis.

Aos meus amigos e meu irmão Nilson Francisco que me incentivou e me ajudou em vários momentos importantes.

Aos meus companheiros dos projetos de Robótica Educacional e APCASE (Aquisição, Processamento, Classificação e Aplicação de Sinais Eletromiográficos), que considero como uma segunda família.

Ao meu orientador, Brito Filho, por ter depositado confiança e pela oportunidade de realizar este trabalho.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar de novo com mais inteligência”.

(Henry Ford)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um pluviômetro automático de baixo custo, utilizando material reutilizável, contendo módulo WiFi e sensor magnético, voltado para aplicações em agricultura inteligente baseada em internet das coisas. Com isso, espera-se contribuir para o aumento da produtividade agrícola e da economia dos recursos hídricos e energéticos, com uma plantação de forma sustentável, para pequenos e médios agricultores, possibilitando o monitoramento do volume de chuva, temperatura e umidade, bem como, do processamento destes dados, de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora e utilizando qualquer aparelho que se conecte à internet. Desse modo, com estas informações, pode-se ajudar na tomada de decisão de qual agricultura cultivar, quando adubar a terra, plantar, irrigar, aplicar defensivos e colher, contribuindo para o aumento da produção e minimizando as perdas. Este pluviômetro foi calibrado e testado em campo por 100 dias, de modo comparativo, onde comprovou-se a sua precisão e aplicabilidade, bem como, o seu baixo custo e apelo sustentável, com o uso de material reciclável.

Palavras-Chave: Internet das Coisas. Pluviômetro Automático. Material Reciclável. Agricultura Inteligente.

ABSTRACT

This work aims to develop and validate a low cost automatic rain gauge, using recyclable material, containing WiFi module and magnetic sensor, aimed at applications in intelligent agriculture based on internet of things. With this, it is hoped to contribute to the increase of the agricultural productivity and the economy of the water and energy resources, with a plantation of sustainable form, for small and medium farmers, allowing the monitoring of the volume of rain, temperature and humidity, the processing of this data, from anywhere in the world, at any time and using any device that connects to the internet. Thus, with this information, one can help in deciding which farming crop, when to fertilize the land, plant, irrigate, apply defenses and harvest, contributing to increased production and minimizing losses. This rain gauge was calibrated and field tested for 100 days, in a comparative manner, where its accuracy and applicability were proven, as well as its low cost and sustainable appeal with the use of recyclable material.

Keywords: Internet of Things. Automatic Rain gauge. Recyclable material. Intelligent Agriculture.

LISTA DE ABREVIATURAS

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations.*

IoT - *Internet das Coisas (do inglês, Internet of Things).*

IDE - *Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado.*

UFERSA - *Universidade Federal Rural do Semi-Árido.*

RN - *Rio Grande do Norte.*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados na construção do protótipo.....	51
Tabela 2 - Dados pluviométricos obtidos durante o período de testes.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Variação média da temperatura e pluviosidade ao longo do ano.....	33
Gráfico 2 - Comparativo entre o pluviômetro convencional e automático.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pluviômetro tipo cunha.....	21
Figura 2 - Partes e funcionamento do pluviômetro automático.....	23
Figura 3 - Partes do pluviômetro automático: a) Pluviômetro automático com <i>datalogger</i> e <i>display</i> e b) Pluviômetro automático com transmissor e painel solar.	23
Figura 4 - Afastamento recomendado para instalação de um pluviômetro automático.	24
Figura 5 - <i>Reed switch</i>	27
Figura 6 - DHT11.	29
Figura 7 - NodeMCU ESP8266.....	30
Figura 8 - IDE do Arduino.	31
Figura 9 - Plataformas: (a) Dweet.io e (b) freeboard.io.	32
Figura 10 - Materiais reciclados selecionados para a construção do protótipo de pluviômetro automático: (a) Balde de margarina de 3 Kg; (b) Galão de desinfetante 5 L; (c) Frasco de xarope de 100 ml; (d) Frasco de medicamento em gota de 20 ml; (e) e (h) Pote de gel para cabelo de 200 ml; (f) Tubo de <i>roll-on</i> de 30 ml; (g) Garrafa de refrigerante de 250 ml; (i) Suporte para ventilador de parede; (j) Caibro de 1,6 m; (k) Garrafa de refrigerante de 2 L e (l) Palito para churrasco.....	35
Figura 11 - Materiais complementares para a construção do protótipo de pluviômetro automático: (a) Super ímã de leitor de DVD; (b) Parafusos com porcas de 2 mm de diâmetro; (c) Supercola; (d) Fita adesiva; (e) Abraçadeira de Nylon; (f) Extensão elétrica de 20 m; (g) Carregador para celular micro USB; (h) Jumpers; (i) Módulo <i>WiFi</i> (NodeMCU ESP8266); (j) Sensor de temperatura e umidade (DHT11); (k) Sensor magnético (<i>Reed switch</i>) e (l) LED indicador.	36
Figura 12 - Peças feitas a partir dos materiais reciclados selecionados: (a) Balde e tampa; (b) Galão de desinfetante; (c) Frasco de xarope; (d) Frasco de remédio em gota; (e) e (h) Pote de gel; (f) Tubo de <i>roll-on</i> ; (g) Garrafa de refrigerante de 250 ml.....	38
Figura 13 - Coletor.	39
Figura 14 - Base do pluviômetro.	40
Figura 15 - Báscula.....	40
Figura 16 - Suporte e case para o circuito.	41
Figura 17 - Circuito para a aquisição e transmissão dos dados: (a) Esquemático e (b) Montagem.	41
Figura 18 - Suporte com case, base e báscula.	42

Figura 19 - Teste de funcionamento do circuito e acionamento do sensor magnético.....	42
Figura 20 - Suporte com case e circuito acoplado, base e báscula.	43
Figura 21 - Pluviômetro completo.....	44
Figura 22 - Calibração do pluviômetro no laboratório.	45
Figura 23 - Fluxo do programa.....	46
Figura 24 - Armazenamento na plataforma dweet.io.	47
Figura 25 - Interface gráfica desenvolvida na freeboard.io.....	47
Figura 26 - Fluxo de operação do pluviômetro automático desenvolvido.	48
Figura 27 - Instalação do pluviômetro automático e do pluviômetro convencional.	49
Figura 28 - Componentes do pluviômetro.....	49
Figura 29 - Pluviômetro automático de baixo custo feito com material reutilizável para a <i>internet</i> das coisas.....	53

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
1.1.	JUSTIFICATIVA	17
1.2.	OBJETIVOS	18
1.2.1.	Objetivo Geral.....	18
1.2.2.	Objetivos Específicos	18
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1.	CLIMA	19
2.2.	PLUVIÔMETROS	20
2.2.1.	Tipos de pluviômetros	20
2.2.2.	Pluviômetro Automático	22
2.2.3.	Instalação.....	24
2.2.4.	Medição pluviométrica	24
2.3.	POLÍTICA DOS 5 R'S	25
2.4.	INTERNET DAS COISAS.....	26
2.5.	<i>REED SWITCHES</i>	27
2.6.	Sensor de temperatura e umidade (DHT11)	28
2.7.	NODEMCU	29
2.7.1.	Programando o ESP8266	30
2.7.2.	Web	31
3.	METODOLOGIA.....	33
3.1.	SELEÇÃO DO MATERIAL	34
3.2.	MONTAGEM DO PROTÓTIPO	37
3.2.1.	Confecção das peças a partir dos materiais selecionados	37
3.2.2.	Montagens do circuito de aquisição e transmissão dos dados	41
3.2.3.	Montagem do protótipo.....	42
3.3.	CALIBRAÇÃO	44
3.4.	PLATAFORMA WEB	45
3.5.	INSTALAÇÃO	48
4.	RESULTADOS	51
5.	CONCLUSÃO	54
5.1.	TRABALHOS FUTUROS	54
6.	REFERÊNCIAS.....	55
	APÊNDICE A: Registro da primeira chuva (12/05/2018).....	58

APÊNDICE B: Registro da segunda chuva (18/05/2018).....	58
APÊNDICE C: Registro da terceira chuva (26/05/2018).....	59
APÊNDICE D: Registro da quarta chuva (08/06/2018).....	59
APÊNDICE E: Registro da quinta chuva (07/07/2018).....	60
APÊNDICE F: Registro da sexta chuva (08/07/2018).....	60
APÊNDICE G: Código-fonte para aquisição e transmissão dos dados lidos pelos sensores presentes no pluviômetro automático.	61

1. INTRODUÇÃO

Segundo estimativas da FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), a população mundial crescerá em um terço, até 2050, e a maioria desses 2 bilhões adicionais de pessoas viverão em países em desenvolvimento, e mais pessoas estarão morando nas cidades. Se a renda atual e as tendências de crescimento do consumo continuarem, será necessário elevar a produção agrícola em mais de 60%, para satisfazer as demandas esperadas por alimentos e rações. Para que isso ocorra da melhor forma possível, mesmo diante das mudanças climáticas, que tornam cada vez mais árdua essa tarefa, a agricultura deve transformar-se, uma vez que a quantidade de terra agricultável é limitada. Para isso é preciso investir em tecnologia para produzir mais, utilizando os mesmos espaços, com mais eficiência, para alimentar a população global e suportar o crescimento econômico e a redução da pobreza (PALOMBI *et al.*, 2013).

Visando ajudar a enfrentar estes desafios, um novo modelo de empresa tem surgido, conhecida como *startup*, que segundo Normand (2014), em sua obra *vale do silício*, define como sendo uma empresa que começa sem dinheiro, mas com uma ideia na cabeça e visão de longo prazo ao redor de um produto, serviço, processo ou plataforma. Um exemplo são as empresas voltadas ao agronegócio, as chamadas *agrotechs*, que se caracterizam por oferecer produtos e serviços tecnológicos inovadores ao setor agrícola, através do uso da automação, *internet das coisas* (do inglês, *Internet of Things*, IoT), programas para computadores, celulares e *tablets*, com o objetivo de monitorar e controlar a lavoura e as atividades relacionadas ao campo, de forma mais eficiente (BORRELLI, 2017).

Com essa nova tendência do uso de sistemas de automação, *drones*, *big data*, robótica e IoT; é possível desenvolver e melhorar aparelhos e sistemas, de modo a torná-los mais úteis. Como o pluviômetro, que é um instrumento meteorológico responsável por quantificar a pluviosidade (volume de chuva) de uma região, possibilitando o monitoramento do microclima, o que é de suma importância, já que as atividades agrícolas são extremamente dependentes do clima. Possibilita também desenvolver uma agricultura bem mais inteligente, que quando aliado a outros sensores e instrumentos, viabiliza o monitoramento da lavoura e gerenciar melhor os recursos hídricos e energéticos, aumentando a produtividade e minimizando perdas (ALVERENGA *et al.*, 2016).

No mercado existem diversos tipos e modelos de pluviômetros. Os pluviômetros convencionais, que basicamente armazenam água da chuva em um recipiente graduado, e os pluviômetros de balança, também conhecido por pluviômetro automático, que se diferenciam

dos modelos convencionais, por não haver a necessidade de se ir até o local para realizar a coleta dos dados e esvaziar o reservatório/medidor, após uma precipitação, pois ele conta com um sistema eletrônico que registra e/ou transmite o volume pluviométrico. No entanto, o pluviômetro automático apresenta um alto custo, sendo pouco utilizado por pequenos e médios agricultores.

Uma alternativa para se ter um pluviômetro automático de baixo custo, é utilizar materiais alternativos na sua confecção, como os materiais recicláveis, uma vez que esses materiais são gratuitos, e quando bem selecionados apresenta uma boa eficiência. Além disso, o seu uso proporciona uma série de benefícios à sociedade e meio ambiente.

A reciclagem através da reutilização de um material para um outro fim, dá uma nova utilidade ao material, que na maioria das vezes eram considerados inúteis e jogados no lixo, o que causa uma série de problemas ambientais e sociais. Nesse sentido a reutilização dá uma “nova vida” ao material, e possibilita o desenvolvimento de novos produtos, com um baixo custo (SILVA *et al.*, 2017).

Pensando nos pequenos e médios agricultores, e também em contribuir para o aumento da produção agrícola de forma sustentável, o presente trabalho visa desenvolver um pluviômetro de báscula automático de baixo custo, produzido com material 100% reutilizável, e utilizando um módulo *WiFi*, que permite integrar o conceito de *IoT*. Deste modo, será possível monitorar e visualizar o volume pluviométrico a partir de qualquer aparelho conectado à *internet*, em qualquer lugar do mundo, e a qualquer hora, descartando a necessidade de ir até o local para fazer a retirada de dados do pluviômetro. Além disso, os agricultores terão em suas mãos as informações do índice pluviométrico da sua região e consequentemente de sua lavoura, auxiliando-os na tomada de decisão de qual agricultura cultivar, quando adubar a terra, plantar, irrigar, aplicar defensivos e colher, contribuindo para o aumento da produção e minimizando as perdas.

1.1. JUSTIFICATIVA

Com o crescente aumento da população mundial, é necessário elevar a produção agrícola (PALOMBI *et al.*, 2013). Diante das mudanças climáticas que tornam cada dia mais difícil a previsão do tempo, é preciso investir em tecnologia para o monitoramento dos fenômenos climáticos, de modo a contribuir para o desenvolvimento das lavouras, assim possibilitando produzir mais, utilizando os mesmos espaços, e com mais eficiência (PALOMBI *et al.*, 2013).

Além disso, o uso de material reutilizável nestas tecnologias permite também a redução do consumo de insumos, uma vez que o material é reaproveitado, aumentando assim a eficiência da solução, com apelo sustentável.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. **Objetivo Geral**

Desenvolver e validar um pluviômetro automático de baixo custo.

1.2.2. **Objetivos Específicos**

- Realizar estudos sobre pluviômetros e *internet* das coisas;
- Desenvolver um pluviômetro de baixo custo com material reutilizável e módulo *WiFi* para pequenos e médios produtores rurais;
- Beneficiar pequenos e médios produtores rurais com a tecnologia desenvolvida;
- Contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura mais inteligente e eficiente;
- Auxiliar os produtores rurais no aumento da produção e minimizar as perdas, através do monitoramento pluviométrico da lavoura;
- Contribuir para o crescimento, pesquisa e desenvolvimento em *internet* das coisas;
- Contribuir com a cultura da inovação voltada para a sustentabilidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CLIMA

De acordo com Correa (2011), o clima é um conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre uma região, tais como: a radiação solar, a pressão atmosférica, o vento, a temperatura, a precipitação (de chuva) e a umidade. Todo produtor rural sabe a importância de monitorar estes fenômenos, principalmente de registrar o volume e a distribuição das chuvas na lavoura ao longo do ano, uma vez que essa variável é de extrema importância, para atividades como o plantio, a colheita, a aplicação de defensivos, a adubação, a irrigação, entre outras; que dependem direta ou indiretamente da pluviosidade (AGROSMART, 2018).

Muitos produtores utilizam pluviômetros convencionais, para fazer o monitoramento do volume de chuva na fazenda, onde normalmente o equipamento é instalado em apenas um ponto da lavoura, sendo necessário ir até o local para retirar os dados diariamente, demandando muito tempo e recurso. No entanto as chamadas *agrotechs* (tecnologia para o agronegócio) ou ainda *agtechs* (tecnologia de agricultura), vem causando uma verdadeira revolução no setor agropecuário brasileiro e mundial, com uma nova tendência denominada agricultura digital, que busca ter uma maior eficiência no plantio, de modo a auxiliar o produtor na tomada de decisão no campo (ALVERENGA *et al.*, 2016). Dessa forma, a utilização de equipamentos que possam se conectar à *internet*, como um pluviômetro digital ou automático, é o primeiro passo para se ter uma agricultura mais inteligente e eficiente.

O agronegócio é um setor que cresceu em ritmo acelerado nos últimos anos. Em 2015, os investimentos globais no setor foram de quase 10 vezes mais do que no ano de 2012. Entre os motivos para isso está o desenvolvimento e avanço de tecnologias como a automação, robótica, *internet* das coisas (IoT) entre outras. Com isso, os investimentos no mercado das *agrotechs* tiveram um aumento, alcançando a marca de US\$ 4,6 bilhões no ano (BORRELLI, 2017).

De acordo com Borrelli (2017), há dois outros fatores essenciais que favorecem o desenvolvimento de uma agricultura mais inteligente e consequentemente o crescimento do agronegócio, são eles:

[...] a agricultura global terá que dobrar nos próximos anos para conseguir atender à população; e a terra cultivável do planeta é limitada. Em outras palavras, será preciso o surgimento de soluções que consigam potencializar a produção de forma inteligente e melhorada, o que, sem dúvida, é um espaço que tem tudo para ser preenchido por *agrotechs* (BORRELLI, 2017, p. 1).

As *startups* voltadas para o setor agropecuário, tem cada vez mais utilizado o conceito de “cultivo inteligente”, para monitorar a lavoura, de modo, a otimizar a utilização dos recursos hídricos e energéticos nas fazendas, tudo isso sendo acompanhado pelo agricultor em tempo real via *internet* (ALVERENGA *et al.*, 2016).

O sistema de agricultura inteligente é baseado em *hardware* (estações meteorológicas e sensores de solo, umidade, temperatura entre outros) e *software* (*dashboard* em nuvem), proporcionando uma economia de até 60%, no uso dos recursos hídricos e energéticos, pois é possível saber exatamente a necessidade da plantação a cada momento de seu desenvolvimento. Atualmente existem várias *startup* de sucesso nesse novo nicho de mercado, são elas empresas como AgroSmart, AgVali, Promip, Agronow, Inceres, AgroInova, Broker-O\$alim, entre outras (ALVERENGA *et al.*, 2016).

2.2. PLUVIÔMETROS

O pluviômetro é um instrumento meteorológico usado para recolher e medir, em milímetros lineares, a quantidade de líquidos ou sólidos (chuva, neve, granizo) precipitados durante um determinado tempo e local, onde a precipitação de 1 mm corresponde à altura de 1 L de água numa área de 1 m² (HAMES; CACILHAS; GONÇALVES, 2009).

2.2.1. Tipos de pluviômetros

Existem vários tipos de pluviômetros, que se diferenciam pelo modo de funcionamento (medir e registrar as precipitações). Segundo Sentelhas e Caramori (2002), os pluviômetros podem ser classificados em automático e convencionais ou antigos, que mede apenas a altura pluviométrica, como:

- O pluviômetro *King Sejon*, o primeiro pluviômetro tecnicamente reproduzível do mundo, foi construído na Coreia em 1442 e era usado para fins agrícolas;
- *The Gresham College*, construído em Londres no ano de 1695, que consiste em um simples medidor de chuva, com um funil acoplado;
- Receptáculo, criado em 1811 por Luke Howard, que adotou um balde no chão para coletar a chuva e medi-la;
- *Ville de Paris*, um dos pluviômetros mais conhecido e utilizado ainda hoje em estações meteorológicas convencionais, sendo padrão no Brasil, isso pois, apresenta um erro menor que 0,05% em sua medição;

- O pluviômetro tipo cunha, consiste basicamente de um reservatório graduado construído em poliestireno cristal, que tem uma capacidade de 130 mm e uma área de captação de 15 cm², como mostra a figura 1.

Figura 1 - Pluviômetro tipo cunha.



Fonte: Autoria própria.

Os pluviômetros automáticos registram o acúmulo de chuva em função do tempo, permitindo calcular a precipitação, duração e a intensidade da chuva, entre outros parâmetros, tornando mais prática a medição da precipitação, pois os dados podem ser armazenados e lançados na *internet* (BLAINSKI; GARBOSSA; ANTUNES, 2012).

No Brasil, o monitoramento pluviométrico ainda é feito em sua maioria pelos pluviômetros convencionais, isso se dá pelo baixo custo inicial, que pode variar de 15,00 reais até mais de 100,00 reais (2018), e a pouca ou nem uma necessidade de manutenção, ao contrário dos pluviômetros automáticos, que tem um custo inicial mais elevado e a necessidade de manutenção bem maior. Mas em contrapartida o pluviômetro automático apresenta um melhor custo benefício, pois ele descarta a necessidade de se ir até o local para recolher os dados, evitando gastos com funcionário e transporte. O equipamento registra e transmite os dados 24 horas por dia, os 7 dias da semana, com uma maior precisão, evitando falhas humanas ao retirar

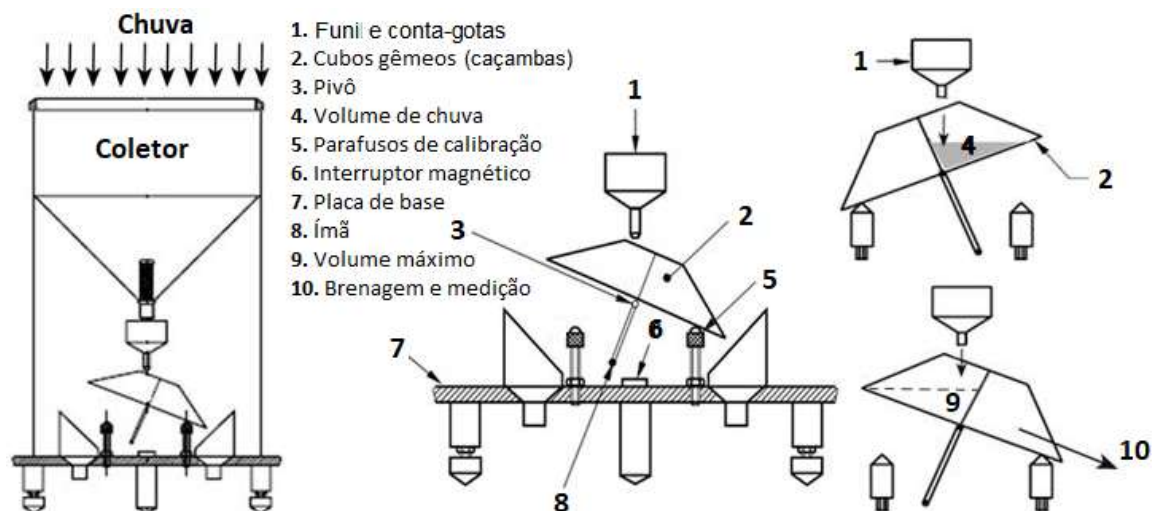
os dados, diminui a perda de dados em dias sem registros ou por efeitos como a evaporação, acumulação do orvalho e entre outros e não possui limite de armazenamento, como nos pluviômetros convencionais, que é geralmente 130 mm (AGROSMART, 2018).

2.2.2. Pluviômetro Automático

O pluviômetro automático mais comum é o pluviômetro de balança (*tipping bucket*), que se diferencia dos demais modelos, por apresentar um bom custo benefício, sendo mais rentável sua utilização na área agrícola, pois possibilita o registro da distribuição das chuvas na lavoura, ajuda a decidir quando se deve adubar a terra, plantar, irrigar, aplicar defensivos, colher entre outros (AGROSMART, 2018). Nas cidades, auxiliar no controle do abastecimento de água doméstico e industrial, ajuda a minimizar inundações, enchentes de rios e córregos, deslizamentos de terra, diminuindo os danos às pessoas e prejuízos financeiros, pois permite acompanhar em tempo real o volume pluviométrico precipitada via *web*, e descarta a necessidade de se ir até o local para realizar a coleta dos dados e esvaziar o reservatório/medidor, após uma precipitação (KÜCHLER *et al.*, 2010).

O equipamento é composto por uma série de partes fixas e móveis, como mostrado na figura 2. A água da chuva é coletada pela área de captação do coletor, que em seguida guia a água por um “conta-gotas” que controla o fluxo de água que cai em uma caçamba dividida em dois compartimentos, em um sistema de gangorra, onde cada vez que o nível é completado, a caçamba gira, descarrega a água, e é feita uma contagem por meio de um sensor eletrônico, que a cada movimento da balança um ímã passa pelo sensor e registra o pulso, que representa o volume de água precipitada que pode variar de 0,2 a 1,0 mm dependendo do modelo do pluviômetro (AGSOLVE, 2017). Como a área do coletor e o volume de chuva que faz a balança girar (normalmente 0,25 mm) são conhecidas, e uma vez que é registrada a contagem de giros, pode-se calcular o volume de água precipitado (FISCH; VENDRAME; HANAOKA, 2007).

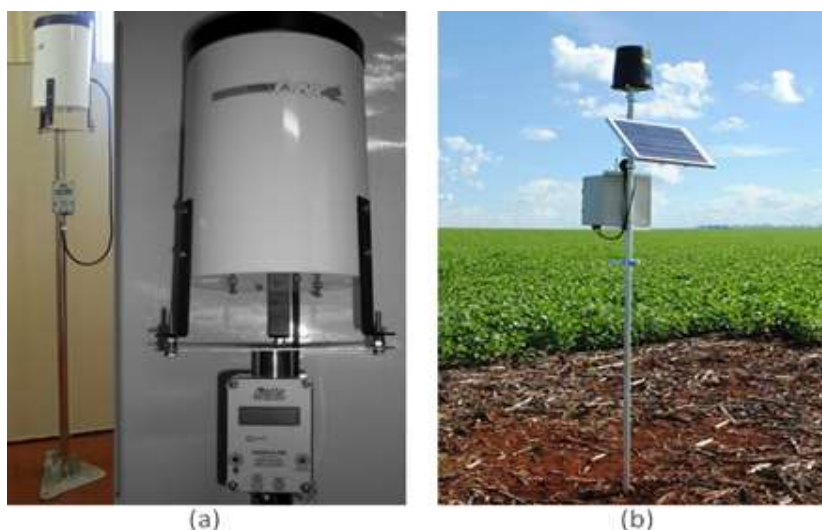
Figura 2 - Partes e funcionamento do pluviômetro automático.



Fonte: Fonte: Adaptado de Méndez *et al.* (2013).

O pluviômetro automático conta com um coletor para captação da chuva, uma base com o sistema basculante, uma haste de suporte com 1,5 m, um *datalogger* que coleta e armazena, os dados obtidos pelo sensor, bem como a visualização do volume de chuvas, passado e atual pelo *display* (figura 3 - a). Alguns modelos ainda contam com um painel solar para alimentação e um transmissor, que envia os dados diariamente para um servidor (figura 3 - b). Nestes casos, o pluviômetro tem um alto custo, sendo utilizado apenas por algumas instituições, como centros de pesquisa para o monitoramento climático e em grandes fazendas com uma grande extensão territorial.

Figura 3 - Partes do pluviômetro automático: a) Pluviômetro automático com *datalogger* e *display* e b) Pluviômetro automático com transmissor e painel solar.



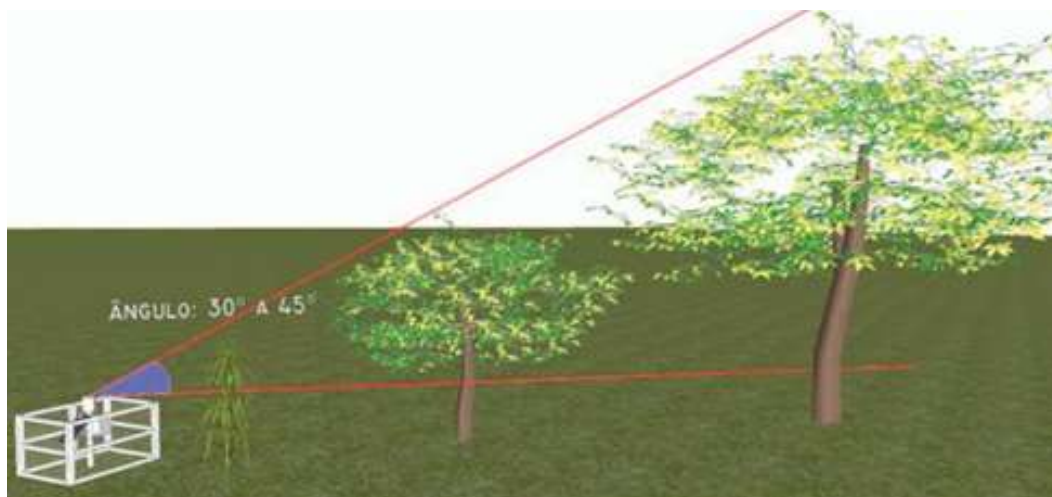
Fonte: Alverenga (2016).

2.2.3. Instalação

O pluviômetro automático por se tratar de um instrumento de medida, necessita de uma série de cuidados na hora de sua instalação. De acordo, com Blainski, Garbossa e Antunes (2012) da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina Florianópolis) e o Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), a instalação ideal de um pluviômetro, deve ser feita de modo que o volume de água coletado, represente o volume precipitado na região de abrangência do equipamento.

Para isso é preciso escolher bem o local de instalação do equipamento, com a menor incidência de vento possível e longe do acesso de crianças, animais e obstáculos como muros, paredes, árvores, arbustos entre outros, que venha causar alterações nas leituras do instrumento. Assim um pluviômetro deve ser instalado a no mínimo, 3 m de distância dos obstáculos ou a uma angulação de 30° a 45° com a horizontal, do topo do pluviômetro até o topo do obstáculo, como mostrado na figura 4, e a uma altura mínima de 1,5 m do solo até a área de coleta (topo do equipamento) (BLAINSKI; GARBOSSA; ANTUNES, 2012).

Figura 4 - Afastamento recomendado para instalação de um pluviômetro automático.



Fonte: Blainski, Garbossa e Antunes (2012).

2.2.4. Medição pluviométrica

De acordo com o SI (Sistema Internacional de Unidades), a unidade de medida de precipitação pluviométrica (pluviosidade) é o mm (milímetro), que equivale ao volume de 1 L (litro) de água de chuva em um 1 m² (metro quadrado), ou seja, 1 mm de chuva é o mesmo que 1 L por 1 m², como mostrado na equação 1:

$$\text{Volume precipitado (mm)} = \frac{\text{Volume de água de chuva (L)}}{\text{Área de coleta do pluviômetro (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Aplicando os valores de um 1 L para o volume de água de chuva e 1 m² para a área do coletor do pluviômetro na equação 1, é possível demonstrar matematicamente, pela equação 2 que essa relação é verdadeira e igual a 1 mm:

$$\frac{1 \text{ L}}{1 \text{ m}^2} = \frac{1000000 \text{ mm}^3}{1000000 \text{ mm}^2} = 1 \text{ mm ou } \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ m}^2} = \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^2} = \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ m}^2} = 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm} \quad (2)$$

2.3. POLÍTICA DOS 5 R'S

No Brasil, são produzidos diariamente mais de 240 mil toneladas de lixo, sendo que apenas 2 a 3% desse lixo é reciclado, o restante é destinado para lixões, aterros sanitários ou é jogado no meio ambiente. Logo, é de suma importância a prática da sustentabilidade no cotidiano da população e algumas políticas como a dos 5 R's, tem contribuído para essa realidade.

A política dos 5 R's é derivada da política dos 3 R's, que visa gerar uma mudança de comportamento, com a finalidade de desenvolver uma consciência ambiental e garantir uma maior qualidade de vida, através da preservação e a conscientização ambiental, incluindo o homem como parte integrante do meio ambiente, ainda segundo Silva *al et* (2017):

Os 5 R's fazem parte de um processo educativo que tem por objetivo uma mudança de hábitos no cotidiano dos cidadãos. É a evolução e ampliação da política dos 3R's, com a inclusão do "repensar" e do "recusar" A questão-chave é levar o cidadão a repensar seus valores e práticas, reduzindo o consumo exagerado e o desperdício devendo priorizar a redução do consumo e o reaproveitamento dos materiais em relação à sua própria reciclagem e recusar o consumo de produtos que geram impactos sócio ambientais significativos [...].

A política dos 5 R's visa, portanto, contribuir e conscientizar sobre a necessidade de escolhas do consumo, diminuindo os efeitos colaterais do mesmo sobre o ambiente e sociedade, para tal ficou estabelecido que as principais ações a serem alcançadas é:

- Repensar: É muito importante repensar hábitos de consumo e descarte, ou seja, pensar de novo sobre a real necessidade de aquisição de algum produto ou serviço, para que não consuma por impulso ou se desfaça de algo ainda útil, pois assim pode-se rever nossos hábitos e os processos socioambientais de produção, desde a matéria prima,

passando pelas condições de trabalho, distribuição, até o descarte adequado dos resíduos;

- Recusar: É evitar o consumo exagerado e desnecessário, de modo, a adquirir apenas produtos essenciais e recusar produtos que causem danos ao meio ambiente, e/ou para nossa saúde, contribuindo para um mundo mais limpo;
- Reduzir: É diminuir a criação de lixo e desperdiçar menos produtos e matéria-prima, consumindo apenas o necessário;
- Reutilizar: É utilizar produtos e/ou materiais, para um outro fim, dando uma nova utilidade ao material, que na maioria das vezes eram considerados inúteis e jogado no lixo, causando uma série de problemas ambientais e sociais;
- Reciclar: Consiste em transformar algo usado em algo totalmente novo, que pode apresentar as mesmas características ou ser remodelado em outro produto, desse modo a reciclagem de qualquer produto reduz o consumo de água, energia e matéria-prima “virgem”, além de gerar trabalho e renda para milhares de pessoas.

2.4. INTERNET DAS COISAS

A *Internet das Coisas* (do inglês, *Internet of Things*, IoT), é fruto do avanço tecnológico em várias áreas, como sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento. E tem recebido bastante atenção tanto do setor acadêmico como da indústria, pelo seu potencial de aplicações nas mais diversas áreas da atividade humana, pois permite conectar vários objetos físicos do cotidiano como veículos, prédios e outros a rede, sendo capaz de coletar e transmitir dados, bem como controlar remotamente objetos.

Segundo Alverenga (2016), IoT é uma:

[...] revolução tecnológica com a finalidade de conectar aparelhos eletrônicos do cotidiano – como aparelhos eletrodomésticos às máquinas industriais e meios de transporte à *web* –, cujo desenvolvimento depende da inovação técnica dinâmica em campos tão importantes, como os sensores wireless e a nanotecnologia (ALVARENGA, 2016, p. 1).

No entanto, uma grande parcela da população mundial ainda não tem acesso à uma *internet* de qualidade. A Google, objetivando estender a conectividade da *internet* para pessoas em áreas rurais e remotas de todo o mundo, vem desenvolvendo um projeto de pesquisa e desenvolvimento, denominado de projeto *loon*, que visa desenvolver uma rede de balões que

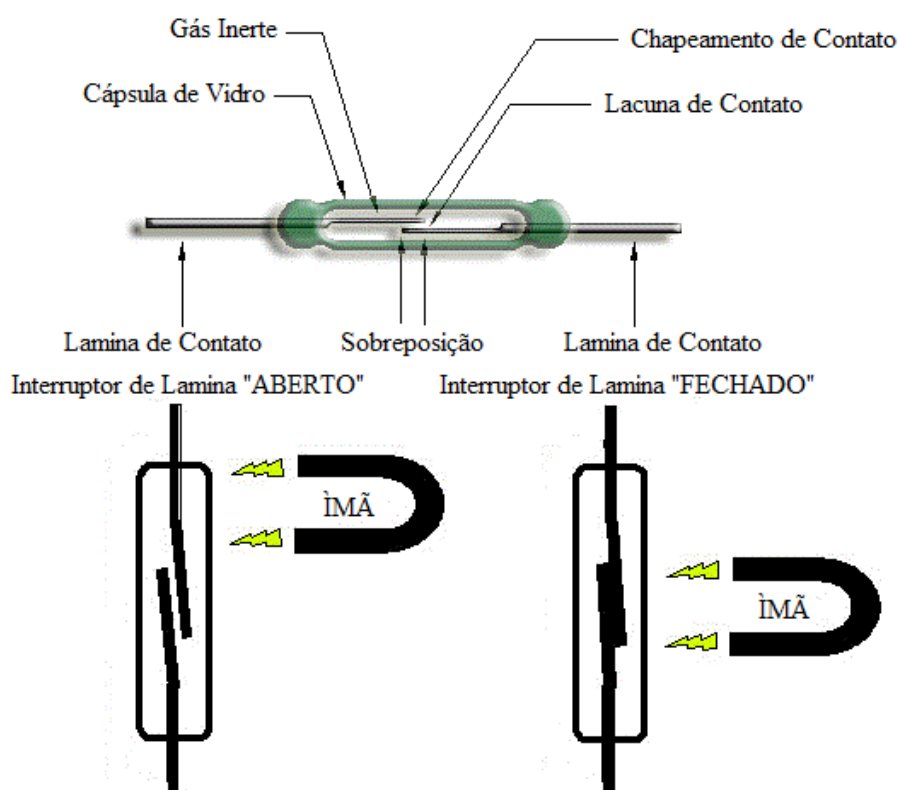
viajam em altas altitudes (cerca de 20 km) na estratosfera, para criar uma rede sem fio com velocidade semelhante à de 3G das redes de telefonia móvel (LLC, 2017).

Desse modo, será cada vez mais atraente o desenvolvimento de tecnologias para o campo, com o conceito de *internet* das coisas, como aparelhos e equipamentos que auxiliem não só os grandes produtores rurais, mais também os pequenos e médios agricultores, de modo, a contribuir para o aumento da eficiência das lavouras.

2.5. REED SWITCHES

Os *reed switches* ou interruptores de lâminas, como mostrado na figura 5, é um componente de grande utilidade, que pode ser usado como interruptor e sensor magnético em muitas aplicações, como mecatrônicas, robóticas e automação (OKI, 2010).

Figura 5 - Reed switch.



Fonte: Ardubotics (2015).

O *reed switch* foi inventado em 1936, pelo Dr. W. B. Ellwood na *Bell Telephone Laboratories*. Mas sua primeira aplicação foi dois anos depois do seu desenvolvimento, como um seletor em um equipamento de transporte coaxial. Com o passar do tempo, foram feitas

melhorias e o *reed switch* diminuiu o tempo de resposta, tornando-se mais rápido e passou a ser fabricado com contatos hermeticamente fechados, tamanho compacto e longa vida mecânica, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologia de telecomunicações (OKI, 2010).

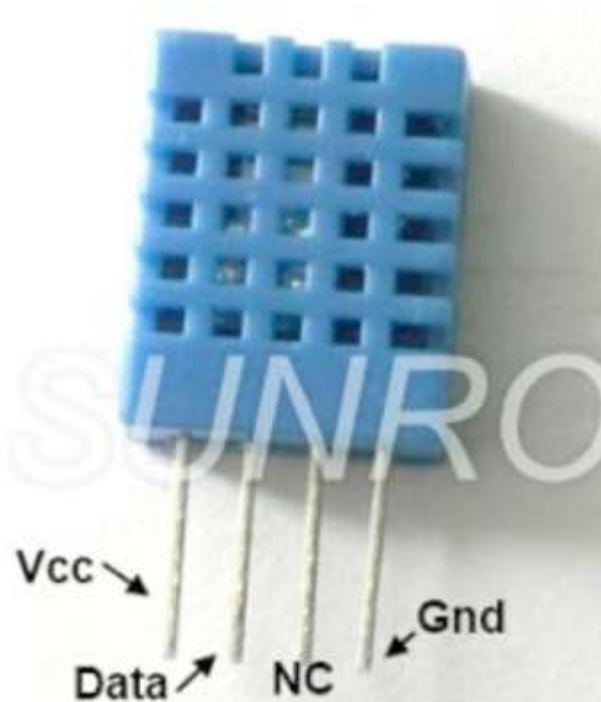
A partir de 1956, começou-se a pesquisa e o desenvolvimento de *reed switches* no Japão, onde melhorias e inovações foram feitas no componente, para melhorar o desempenho dos contatos, reduzindo o tamanho total do encapsulamento, pela melhoria dos métodos de fabricação, reduzindo-se também o seu custo de fabricação. Além das várias aplicações em sistemas de comutação, foram amplamente aplicados no desenvolvimento de sensores e controladores em dispositivos elétricos automotivos, relés de junco e outros instrumentos de vários tipos. Ainda segundo OKI (2010), o *reed switch* apresenta características muito importante como:

- Ser hermeticamente selado dentro de um tubo de vidro, com gás inerte, de modo, que os contatos não sofram com a influência do ambiente atmosférico externo;
- Resposta rápida, por causa da pequena massa de peças móveis;
- Por ter partes operacionais e peças elétricas dispostas coaxial mente, são adequadas para aplicações de alta frequência;
- Compacto e leve;
- Resistência à corrosão e a resistência ao desgaste dos contatos, garantindo uma operação estável de comutação e longa vida útil;
- Com um ímã permanente instalado, é facilmente utilizado como interruptor de proximidade.

2.6. SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE (DHT11)

O DHT11 é um sensor digital de temperatura e umidade, que permite fazer leituras de temperaturas entre 0 °C a 50 °C celsius e umidade entre 20 a 90%, muito usado para projetos com Arduino, pelo baixo custo e simplicidade de uso. O DHT11 é composto por um sensor de temperatura formado por um termistor do tipo NTC e um sensor de umidade tipo HR202, o circuito interno faz a leitura dos sensores e se comunica a um micro controlador através de um sinal serial de uma via (SUNROM, 2012), como mostrado na figura 6.

Figura 6 - DHT11.



Fonte: Sunrom (2012).

O sensor apresenta ainda algumas especificações, como:

- Alimentação de 3,0 a 5,0 V (5,5 Vdc máximo);
- Suporta uma corrente de 200 uA a 500 mA, em *stand by* de 100uA a 150 uA;
- Faixa de medição de umidade de 20 a 90% UR;
- Faixa de medição de temperatura de 0 a 50 °C;
- Precisão de umidade de medição de $\pm 5,0\%$ UR;
- Precisão de medição de temperatura de ± 2.0 °C;
- Tempo de resposta < 5 s;
- Dimensões de 23mm x 12mm x 5mm (incluindo terminais);
- Os dados apresentam um formato, com 8 *bit* integral RH data + 8 *bit* decimal RH data + 8 *bit* integral T data + 8 *bit* decimal T data + 8 *bit* check sum = 40.

2.7. NODEMCU

NodeMCU é uma plataforma *open source* para *internet* das coisas (IoT), que tem uma placa de desenvolvimento que possui o ESP8266, como um de seus constituintes, como mostrado na figura 7. O ESP8266 é o nome de um micro controlador, projetado e produzido em

larga escala pela empresa chinesa *Espressif Systems*, que possui um sistema de comunicação *Wi-Fi*, sendo autossuficiente, capaz de executar aplicativos independentes e enviar e receber dados pela internet, e oferecer suporte para outros microcontroladores, como o *PIC*, *Atmega* e *MSP* para se conectar e comunicar via rede *WiFi* (TECHNOLOGY, 2017).

Figura 7 - NodeMCU ESP8266.



Fonte: Technology (2017).

O módulo é composto por um conector USB, que permite conectar o *devkit NodeMCU* ao *laptop/PC* e *flash-lo*. Assim como o *arduino*, permite entre outras coisas gravar a programação no microcontrolador, possibilitando a programação do módulo direto da IDE (do inglês, *Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do *arduino*, assim integrando uma grande variedade de pinos de entrada/saída (*pin-outs*). Uma outra grande vantagem do ESP8266 é o seu baixo custo, podendo ser importado por menos de dois dólares de sites como *Aliexpress* e *Dealextreme* (CARNEIRO, 2017).

2.7.1. Programando o ESP8266

Para a programação do NodeMCU ESP8266 é possível usar diversas linguagens, como Python, LUA, C/C++ entre outras. Neste trabalho foi usado a IDE do *arduino*, como mostrado na figura 8, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e de placa única, com um microcontrolador e entrada/saída embutida, com uma linguagem de programação padrão C/C++.

Figura 8 - IDE do Arduino.



Fonte: Autoria própria.

Assim, com a IDE do arduino é possível usar as funções e bibliotecas já existentes e familiares do arduino, e executar diretamente no ESP8266. Para isso basta instalar a biblioteca responsável por fazer a comunicação da IDE com o NodeMCU ESP8266. Desse modo, é possível desenvolver protótipos e ferramentas com o módulo de forma simples e acessível, com um baixo custo.

2.7.2. Web

A *Internet* das coisas (IoT) está modificando todos os aspectos do mundo atual. E empresas como a Bug Labs que começou desenvolvendo e vendendo *hardware* de código aberto para prototipagem rápida, atualmente desenvolve *softwares* e *firmware* para conectar dispositivos à *internet*.

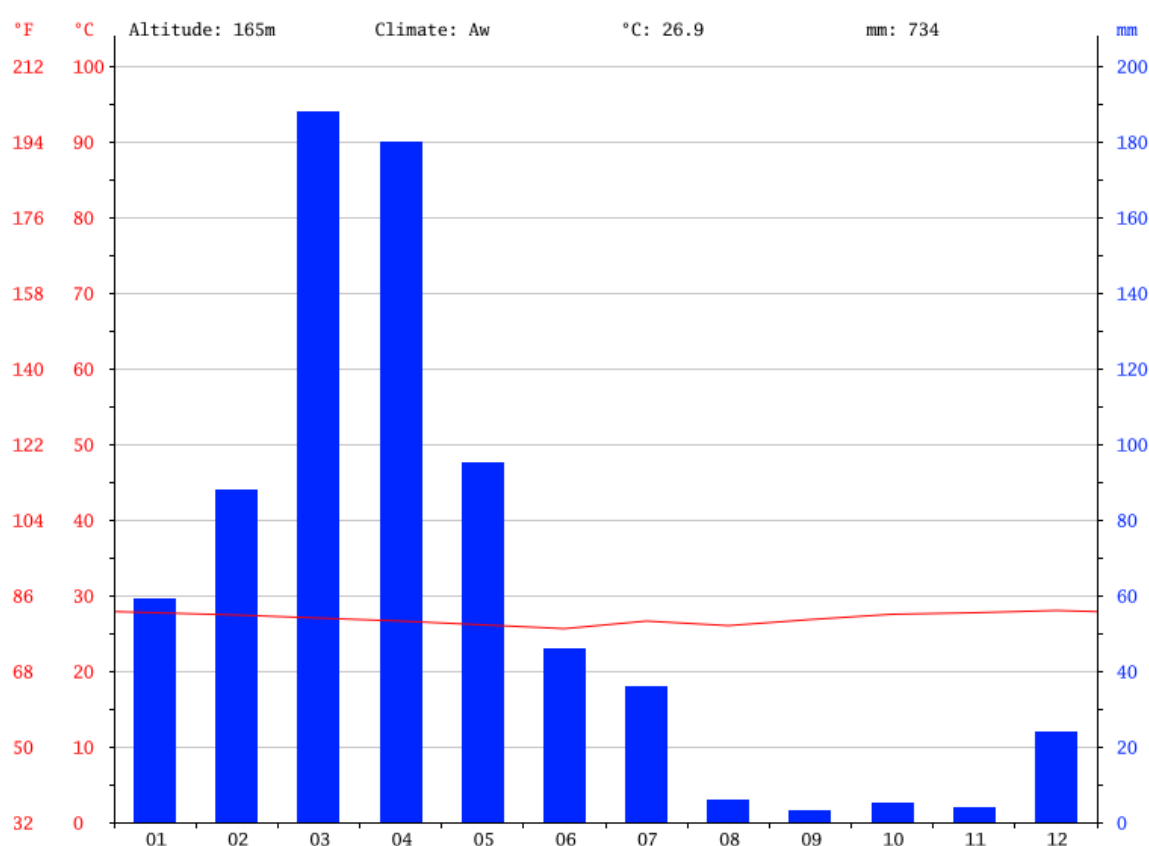
A Bug Labs, lançou em 2014, plataformas de *software* para IoT; o dweet.io™ e o freeboard.io™; que permitem compartilhar e visualizar dados de máquinas, sensores, dispositivos, robôs e *gadgets* ou qualquer outra “coisa”, conectado à rede por meio de protocolo de comunicação para sistemas *Web* (HTTP, API ou *RESTful*) (BUGLABS, 2018).

O dweet.io™ é um serviço de mensagens simples e leve para dispositivos, que possibilita armazenar uma série temporal de dados, projetado para dispositivos IoT, e não necessita configurar um *login*, apenas publicar (DWEET, 2018). A figura 9.a mostra a plataformas web dweet.io.

3. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na UFERSA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido), Campus Caraúbas, localizada no município de Caraúbas-RN, situada na microrregião da Chapada do Apodi e na mesorregião do Oeste Potiguar. O município apresenta um clima tropical, com uma temperatura média de 26.9 °C e uma pluviosidade média anual de 734 mm. O gráfico 1 mostra a variação média da temperatura e pluviosidade ao longo do ano.

Gráfico 1 - Variação média da temperatura e pluviosidade ao longo do ano.



Fonte: Climate-data.org (2018).

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho teve um caráter exploratório, e consistiu no levantamento bibliográfico na área de *internet* das coisas, agricultura inteligente, dispositivos pluviométricos e materiais reutilizáveis e na seleção dos materiais, a serem utilizados na construção do pluviômetro; confecção das partes, que compõem o equipamento e montagens do instrumento; desenvolvimento do circuito de aquisição e transferência de dados; desenvolvimento do código e gravação no NodeMCU ESP8266, para que o mesmo possa registrar e transmitir os dados pluviométrico para a plataforma dweet.io; criação da página *web*

na plataforma freeboard.io, para receber e exibir os dados do dweet.io, enviados pelo pluviômetro; calibração do equipamento em laboratório e validação do equipamento, através de testes experimentais, em campo, por 100 dias, comparando os dados de um pluviômetro convencional tipo cunha, com os dados do pluviômetro automático desenvolvido.

3.1. SELEÇÃO DO MATERIAL

Os materiais usados na construção do pluviômetro, são materiais reutilizáveis, que apresentam boas condições físicas e químicas. A escolha de cada item foi pensada de acordo com sua função, logo, características como o formato e volume, foram determinantes na seleção dos mesmos. Todos os materiais escolhidos podem ser facilmente trocados por outros, semelhantes sem muitos problemas. A Figura 10 mostra a embalagem de 12 produtos utilizados e descartados pela maioria dos brasileiros diariamente, são eles: balde de margarina, galão de desinfetante, frasco de xarope, frasco de medicamento em gota, potes de gel para cabelo, tubo de *roll-on*, garrafas de refrigerante, suporte para ventilador de parede, caibro e palito para churrasco.

Figura 10 - Materiais reciclados selecionados para a construção do protótipo de pluviômetro automático: (a) Balde de margarina de 3 Kg; (b) Galão de desinfetante 5 L; (c) Frasco de xarope de 100 ml; (d) Frasco de medicamento em gota de 20 ml; (e) e (h) Pote de gel para cabelo de 200 ml; (f) Tubo de *roll-on* de 30 ml; (g) Garrafa de refrigerante de 250 ml; (i) Suporte para ventilador de parede; (j) Caibro de 1,6 m; (k) Garrafa de refrigerante de 2 L e (l) Palito para churrasco.



Fonte: Autoria própria.

Para a confecção do pluviômetro, ainda foi utilizado alguns itens complementares, como mostrado na figura 11.

Figura 11 - Materiais complementares para a construção do protótipo de pluviômetro automático: (a) Super ímã de leitor de DVD; (b) Parafusos com porcas de 2 mm de diâmetro; (c) Supercola; (d) Fita adesiva; (e) Abraçadeira de Nylon; (f) Extensão elétrica de 20 m; (g) Carregador para celular micro USB; (h) Jumpers; (i) Módulo WiFi (NodeMCU ESP8266); (j) Sensor de temperatura e umidade (DHT11); (k) Sensor magnético (*Reed switch*) e (l) LED indicador.



Fonte: Autoria própria.

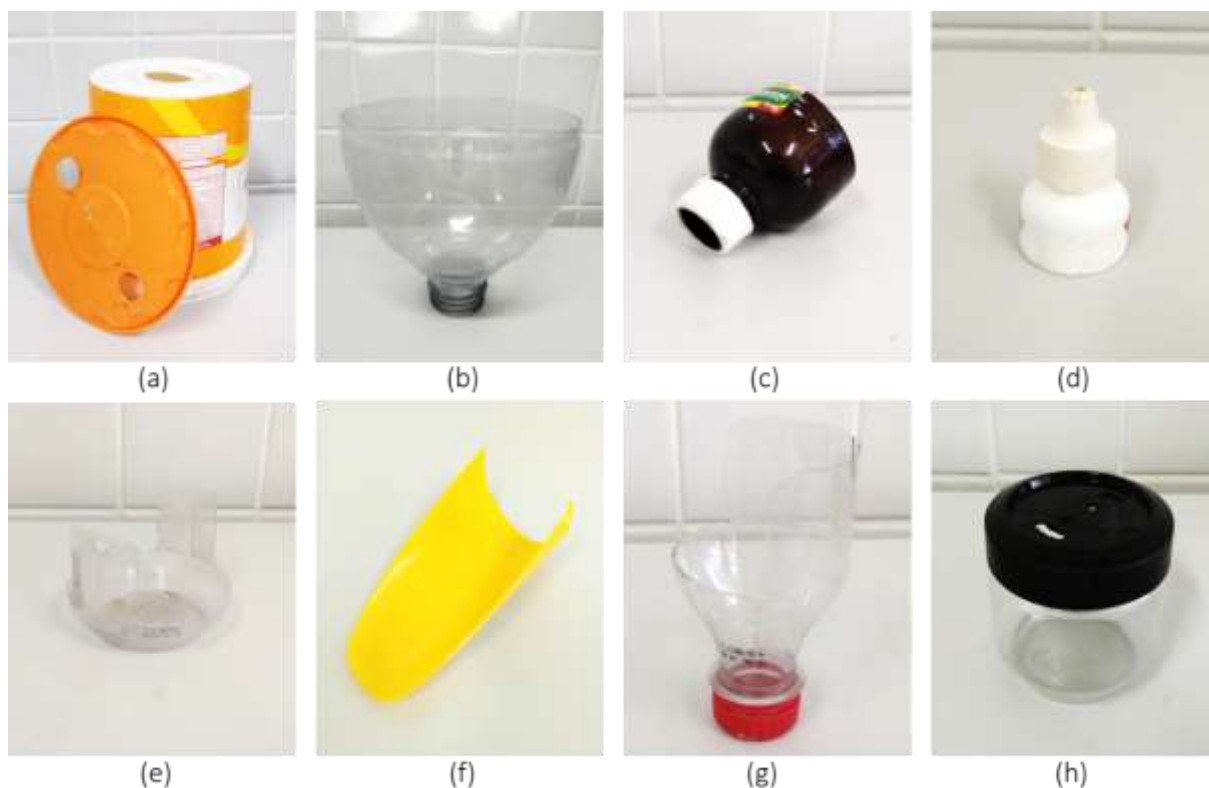
3.2. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

3.2.1. Confecção das peças a partir dos materiais selecionados

Primeiramente, os materiais selecionados, mostrados nas figuras 10 e 11, foram cortados e preparados, com base na sua função no pluviômetro, obtendo-se os itens da figura 12.

O balde e sua respectiva tampa foram vazados, com um furo de 45 mm de diâmetro no fundo do balde, e nove furos na tampa, sendo dois dos furos com um diâmetro de 25 mm e sete de 2 mm, como mostrado na figura 12.a. O galão de desinfetante foi cotado e retirando o fundo e descartado a tampa e a alça do mesmo para se ter o coletor, como mostrado na figura 12.b. O frasco de xarope foi cortado horizontalmente e retirado 35 mm da parte inferior, ficando apenas com a parte superior e a tampa, que foi vazada em um diâmetro de 20 mm, para obter um adaptador responsável por ligar o coletor ao conta-gotas, como mostrado na figura 12.c. O conta-gotas foi feito a partir de um frasco de medicamento em gota. Este frasco foi cortado transversalmente retirando 25 mm, ficando apenas com a parte superior, e feito um furo na tampa com um diâmetro de 1 mm, e deixando-se o bico para se ter um conta-gotas bem mais eficiente, mostrado na figura 12.d. O pote de gel foi cortado deixando duas laterais e foram feitos cinco furos, três de 2 mm no fundo do pote e dois na parte superior um de cada lado das laterais, como mostrado na figura 12.e. No outro pote de gel foi vazado a tampa, com dois furos de 2 mm de diâmetro e dois furos de 5x10 mm, para se ter a *case* do circuito, como mostrado na figura 12.h. O tubo de *roll-on* foi cortado de modo a formar uma espécie de “bica/calha”, para se ter as partes da báscula, como mostrado na figura 12.f. Por fim a garrafa de refrigerante de 250 ml foi cortada de modo a aproveitar apenas a parte superior e vazada a tampa em um diâmetro de 20 mm, para se obter um guia para a água, como mostrado na figura 12.g.

Figura 12 - Peças feitas a partir dos materiais reciclados selecionados: (a) Balde e tampa; (b) Galão de desinfetante; (c) Frasco de xarope; (d) Frasco de remédio em gota; (e) e (h) Pote de gel; (f) Tubo de roll-on; (g) Garrafa de refrigerante de 250 ml.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi confeccionado algumas partes do pluviômetro, como o coletor, mostrado na figura 13, que é, a união de algumas peças confeccionadas e mostrados na figura 12, como um balde (figura 12.a), um galão de desinfetante (figura 12.b), um frasco de xarope (figura 12.c) e um frasco de remédio em gota (figura 12.d).

Figura 13 - Coletor.



Fonte: Autoria própria.

Para montar a base do pluviômetro, que contém a báscula, como mostrado na figura 14, usou-se a tampa do balde (figura 12.a), um pote de gel (figura 12.e), dois parafusos (figura 11.b), duas garrafas de refrigerante de 250 ml (figura 12.g) e um sensor magnético *reed switch* (figura 11.k) previamente ligado a fios *jumpers*.

Figura 14 - Base do pluviômetro.



Fonte: Autoria própria.

Com dois tubos de *roll-on* já cortados (figura 12.f), um palito para churrasco (figura 10.1), um super ímã de DVD (figura 11.a), supercola (figura 11.c), montou-se a báscula, como mostrado na figura 15.

Figura 15 - Báscula.



Fonte: Autoria própria.

Com um suporte para ventilador de parede (figura 10.i), aliado a dois potes de gel (figura 12.h) e uma abraçadeira de Nylon (figura 11.e), montou-se o suporte e a case para o circuito que irá captar e transmitir os dados do pluviômetro, como mostrado na figura 16.

Figura 16 - Suporte e case para o circuito.

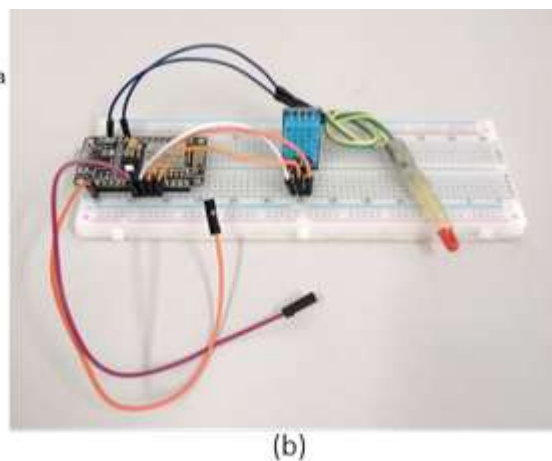
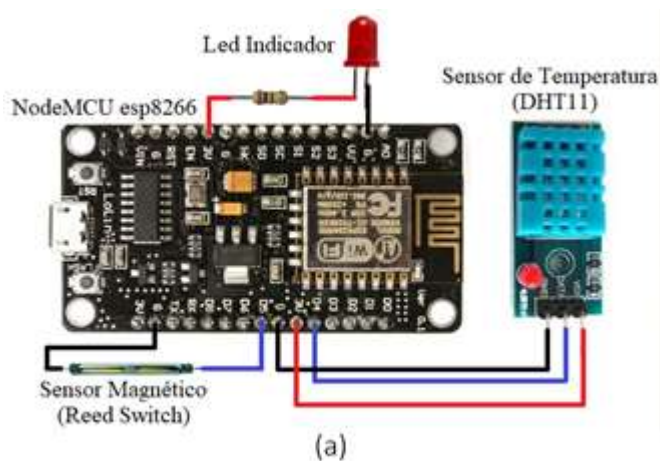


Fonte: Autoria própria.

3.2.2. Montagens do circuito de aquisição e transmissão dos dados

Para a montagem do circuito de aquisição e transmissão dos dados, usou-se um módulo NodeMCU ESP8266 (figura 11.i), um sensor de temperatura e umidade o DHT11 (figura 11.j), um LED indicador (figura 11.l), alguns jumpers (figura 11.h) para interligar os componentes, e uma *protoboard* para organizar o circuito, como mostrado na figura 17.

Figura 17 - Circuito para a aquisição e transmissão dos dados: (a) Esquemático e (b) Montagem.



Fonte: Autoria própria.

3.2.3. Montagem do protótipo

Primeiramente foi unida a base (figura 14), a balança (figura 15), ao suporte com a case para o circuito (figura 16), obtendo o equipamento da figura 18.

Figura 18 - Suporte com case, base e balança.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi testado todo o sistema de funcionamento do circuito, bem como o acionamento do sensor magnético, como mostrado na figura 19.

Figura 19 - Teste de funcionamento do circuito e acionamento do sensor magnético.



Fonte: Autoria própria.

Depois, foi acoplado o circuito (figura 19) e fonte de alimentação (figura 11 - g), ao pluviômetro (figura 18), obtendo a figura 20.

Figura 20 - Suporte com case e circuito acoplado, base e báscula.



Fonte: Autoria própria.

E por fim, colocou-se o coletor (figura 13) na figura 20, finalizando a montagem do pluviômetro e obtendo o equipamento da figura 21.

Figura 21 - Pluviômetro completo.



Fonte: Autoria própria.

3.3. CALIBRAÇÃO

De acordo, com o dicionário Aurélio, a calibração pode ser definida como um conjunto de operações em mecanismo, que estabelece uma correspondência entre as leituras de um aparelho e a grandeza física por ele medida.

A calibração do equipamento foi feita em laboratório, como mostrado na figura 22. Para isso utilizou-se de instrumentos de precisão, como uma bureta e duas provetas, e consistiu em ajustar o volume de água necessário para que a balança girasse por igual. Obteve-se assim uma relação que, com 5 ml (5000 mm^3) de água a caçamba girava, e como o diâmetro do coletor era conhecido (160 mm), foi possível calcular a área de coleta, obtendo 20106 mm^2 , em seguida aplicou-se os valores de volume da balança e área de coleta do pluviômetro na equação 1, obteve-se a equação 3:

$$\text{Volume precipitado (mm)} = \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ m}^2} = \frac{5000 \text{ mm}^3}{20106 \text{ mm}^2} = 0,24 \text{ mm} \quad (3)$$

Assim, foi possível determinar que a cada movimento da balança, o sistema deveria registrar (soma) mais 0,24 mm ao volume total de chuva.

Figura 22 - Calibração do pluviômetro no laboratório.



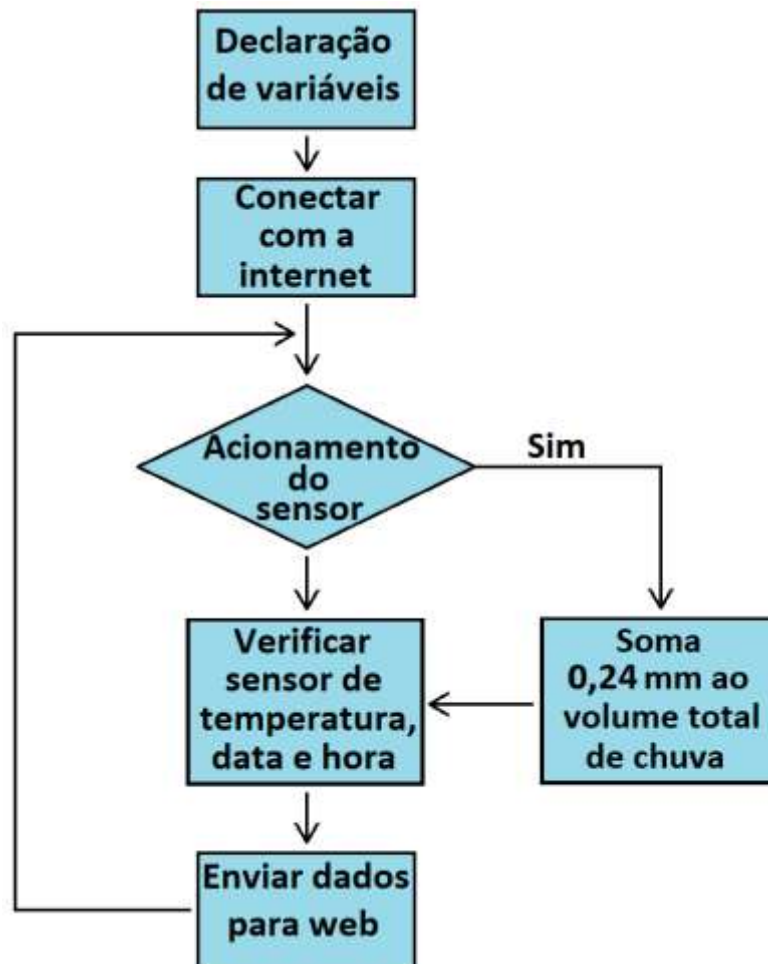
Fonte: Autoria própria.

3.4. PLATAFORMA WEB

Antes de desenvolver a plataforma *web*, foi criado um código utilizando a IDE (do inglês, *Integrated Development Environment*, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino, para programar o NodeMCU ESP8266. O código-fonte para aquisição e transmissão dos dados lidos pelos sensores presentes no pluviômetro automático se encontra no apêndice G. A programação utilizada foi baseada no fluxograma desenvolvido e apresentado na figura 23, o qual possibilita registrar o movimento da balança de modo que a cada movimento soma-se 0,24 mm ao volume de chuva total, bem como, permitir que o módulo se conecte à internet e envie os dados pluviométricos, anterior e atual, do minuto, da hora, do dia, do mês e do ano. Além dos dados pluviométricos, são enviados os dados de temperatura, umidade, índice de

calor, data e horário, para a plataforma dweet.io (web), o que faz com que o pluviômetro desenvolvido seja caracterizado como uma estação atmosférica de baixo custo.

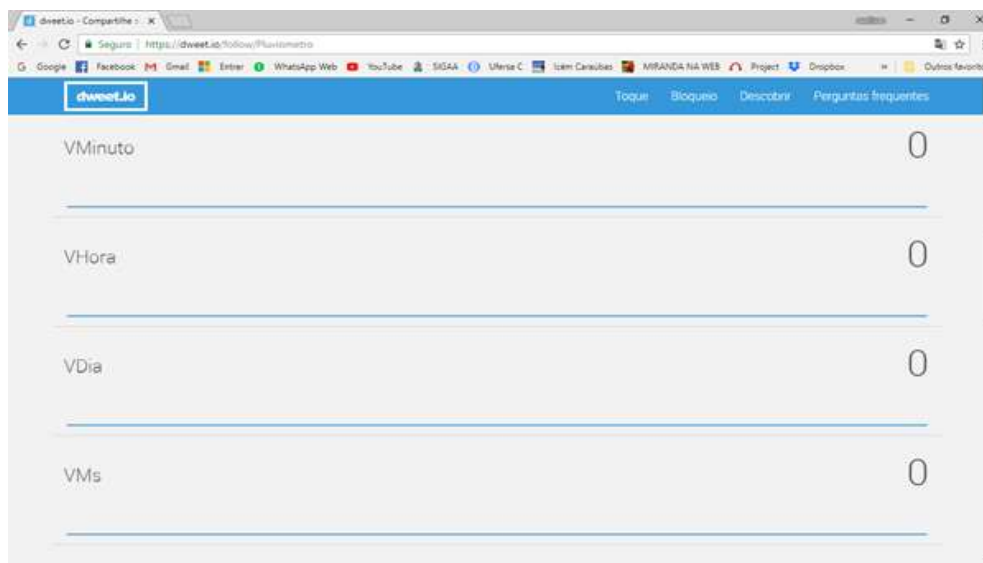
Figura 23 - Fluxo do programa.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi feito o cadastro no sistema da Bug Labs, que possibilitou utilizar o dweet.io para armazenar os dados pluviométricos enviados pelo pluviômetro (NodeMCU ESP8266), como mostrado na figura 24.

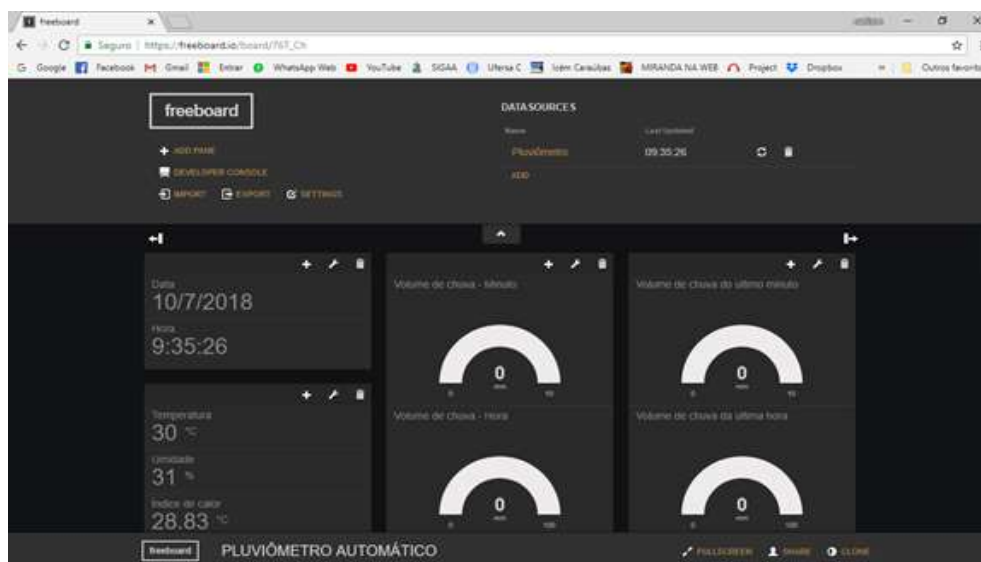
Figura 24 - Armazenamento na plataforma dweet.io.



Fonte: Autoria própria.

Foi desenvolvida uma plataforma *web*, utilizando o freeboard.io, sistema da Bug Labs, que possibilitou criar uma interface gráfica agradável para a visualização dos dados enviados pela “coisa” (pluviômetro), como mostrado na figura 25.

Figura 25 - Interface gráfica desenvolvida na freeboard.io.

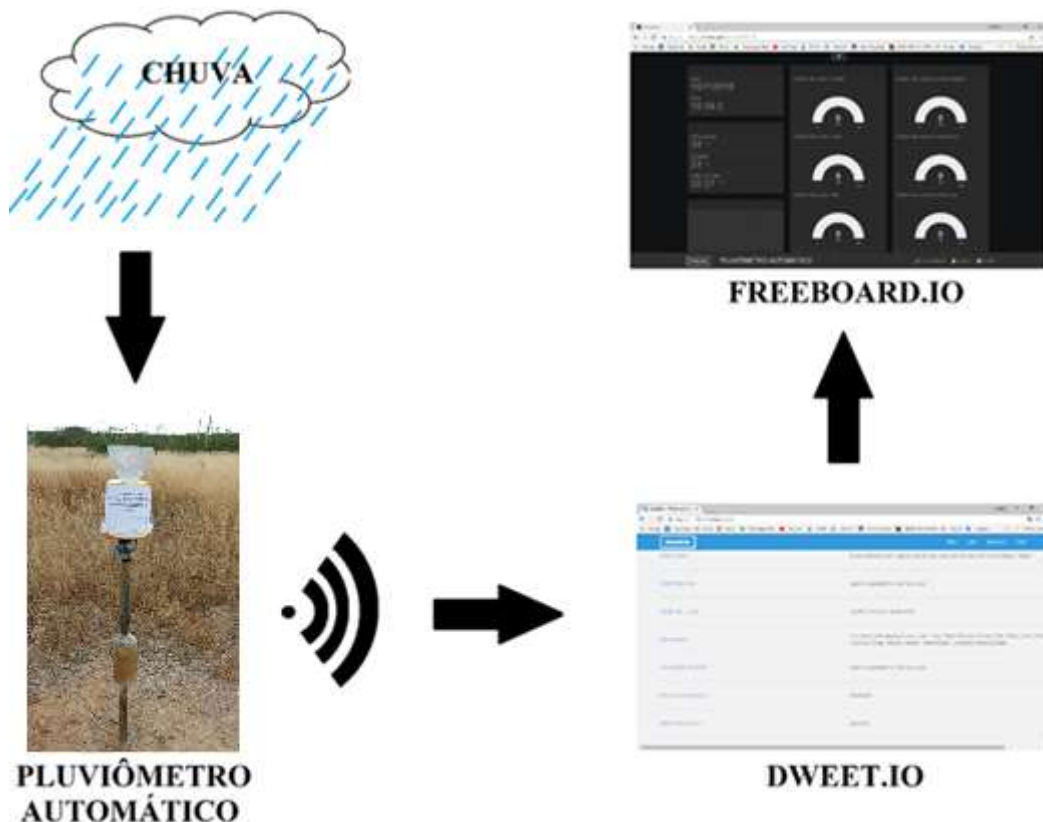


Fonte: Autoria própria.

O sistema funciona de acordo com o fluxo apresentado na figura 26. O equipamento coleta a chuva, que faz girar a balança internamente, e a cada movimento soma 0,24 mm ao volume de chuva total. Em seguida, os dados, tanto do volume de chuva, quanto de temperatura,

são enviados para a plataforma dweet.io, onde são armazenados. Por fim, o sistema freeboard.io permite visualizar os dados de forma bem mais intuitiva, sem a necessidade de se criar um servidor ou interface gráfica dedicada.

Figura 26 - Fluxo de operação do pluviômetro automático desenvolvido.



Fonte: Autoria própria.

3.5. INSTALAÇÃO

O protótipo de pluviômetro automático, foi instalado ao lado do bloco de professores 2, na UFERSA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido), campus de Caraúbas. A instalação foi feita seguindo as normas, descritas por Blainski, Garbossa e Antunes (2012), da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina Florianópolis – EPAGRI, e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (2017). As normas especificam o local para instalação como um local sem movimentação de pessoas ou animais, a uma distância maior que 15 m de árvores e edifícios, e a uma altura de 1,5 m do chão, como mostrado na figura 27.

Figura 27 - Instalação do pluviômetro automático e do pluviômetro convencional.

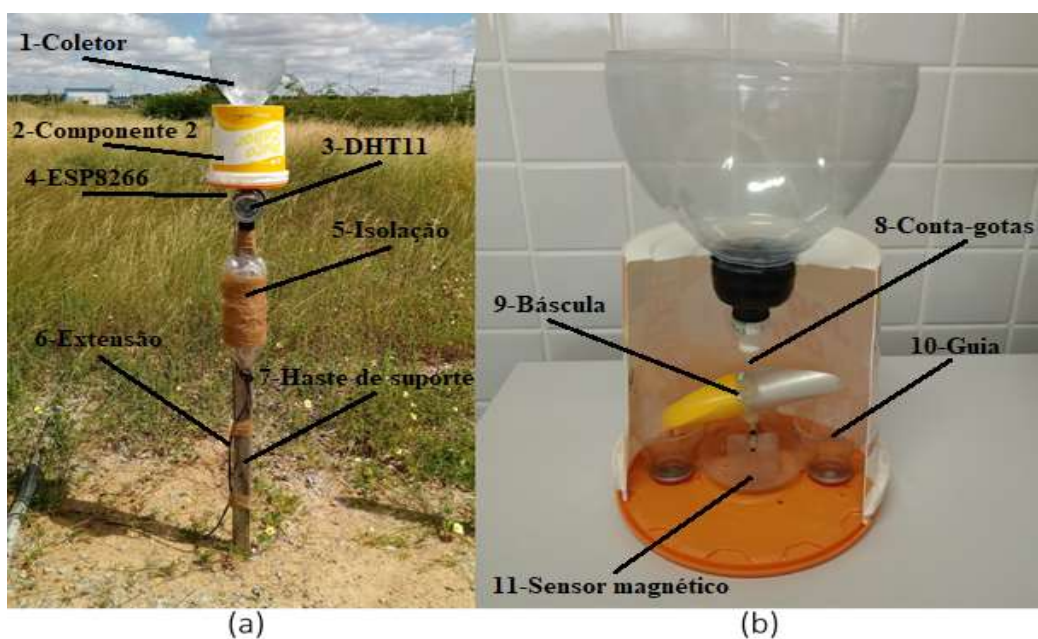


Fonte: Autoria própria.

Para fazer a avaliação da eficiência do pluviômetro, de forma comparativa, foi instalado também um pluviômetro convencional em poliestireno cristal (plástico transparente) ao lado do pluviômetro desenvolvido, seguindo as mesmas especificações de instalação. O mesmo tem uma capacidade de 130 mm e uma área de captação de 15 cm².

O instrumento é formado por vários componentes, como mostra a figura 28:

Figura 28 - Componentes do pluviômetro.



Fonte: Autoria própria.

Onde, o componente 1 é o coletor, responsável por coletar e guiar a água até o componente 2, mostrado em detalhe na figura 30. Este componente (ainda parte do coletor) contém o item 8, que é um bico (conta-gotas) responsável por controlar o fluxo de água até o item 9, uma balança que funciona como gangorra, e sempre que é completada com água, ela gira e a descarrega no componente 10. Este último guia a água para fora, e no mesmo instante, é acionado o sensor magnético (componente 11), através de um ímã abaixo da balança, somando-se 0,24 mm ao volume total de chuva.

No componente 3 está localizado ainda um sensor de temperatura e umidade. Já no componente 4, está o NodeMCU ESP8266 (módulo IoT *WiFi*), que conecta e transmite os dados recolhidos pelo pluviômetro para a *web*, e está ligado diretamente com o sensor de temperatura e o sensor magnético, para registrar o movimento da balança. Ainda no componente 4, um LED indicador tem a função de indicar se o pluviômetro está ligado ou desligado, e pode ser visualizado a distância. O componente 5 protege as conexões de energia elétrica (extensão e fonte de alimentação) da chuva. Os componentes 6 e 7 são respectivamente, a extensão e a haste de suporte, responsável por sustentar o equipamento na altura desejada.

4. RESULTADOS

A construção do pluviômetro de baixo custo se baseou no pluviômetro de balança, e em modelos de pluviômetros automáticos já existentes no mercado. Estes pluviômetros apresentam um alto custo, podendo variar de R\$ 200,00 até mais de R\$ 10.000,00, quando este transmite os dados via rádio ou *internet*, o que o torna de certo modo inacessível para os pequenos e médios agricultores. Sendo assim, o presente trabalho buscou conciliar o baixo custo com uma boa eficiência, para desenvolver um equipamento bem mais acessível, com capacidade de transmissão e visualização dos dados via *internet*, e com uma boa precisão. A tabela 1 mostra todos os itens utilizados na construção do equipamento, as suas origens, isto é, se reciclado ou comprado; a quantidade (unidades) e o custo (preço) dos materiais, bem como, o custo total final do equipamento no ano de 2018.

Tabela 1 - Materiais utilizados na construção do protótipo.

MATERIAIS	ORIGEM	UNIDADES	PREÇO (Reais)
Materiais reciclados diversos	Reciclagem	15	0,00
Super ímã de leitor de DVD	DVD velho	1	0,00
Parafusos	Loja	6	1,50
NodeMCU ESP8266	Mercado livre	1	20,00
Fonte de alimentação de 5V	Carregador	1	0,00
Reed switch	Mercado livre	1	1,25
DHT11	Mercado livre	1	10,00
LED indicador + resistor	Mercado livre	1	1,00
Jumpers	Mercado livre	10	3,00
Abraçadeira de Nylon	Mercado livre	1	0,10
TOTAL	DIVERSAS	38	36,85

Fonte: Autoria própria.

Note que este valor final, encontra-se bem abaixo dos valores cobrados para os pluviômetros automáticos disponíveis no mercado e está dentro da faixa de preço de um pluviômetro convencional uma vez que o mesmo apresenta um valor entre 15,00 e 100,00 reais, o que o torna acessível para os pequenos e médios agricultores, para aplicação em agricultura inteligente baseada na internet das coisas, o que valida alguns objetivos específicos deste trabalho.

Para avaliar o pluviômetro automático, foram feitos testes em laboratório, além de testes experimentais de longo prazo, que tiveram duração de 100 dias, com a finalidade de avaliar a atuação do instrumento em campo, e verificar tanto o comportamento dos materiais, quanto o erro associado ao mesmo, quando comparado a um pluviômetro convencional do tipo cunha. Durante o período de testes foram registradas seis precipitações de maior intensidade, como descrito na tabela 2 e documentado nos apêndices de A ao F.

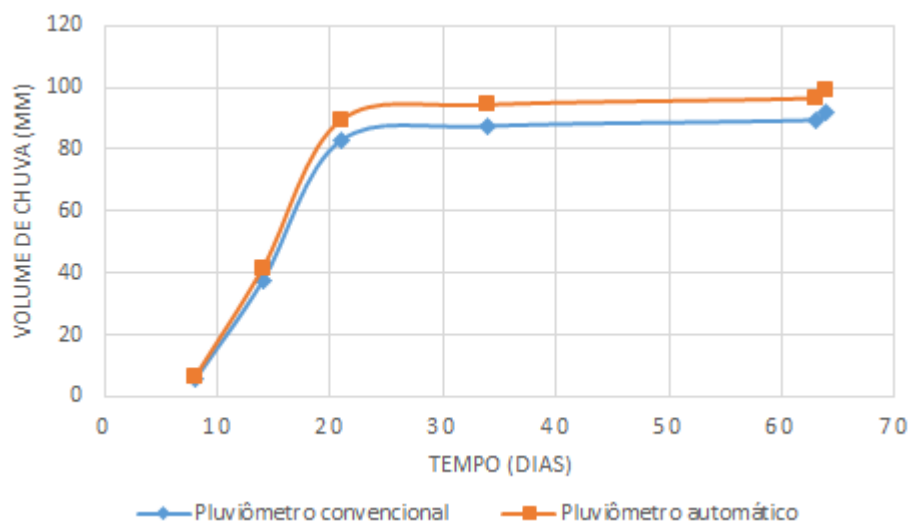
Tabela 2 - Dados pluviométricos obtidos durante o período de testes.

Tempo (Dias)	Volume de chuva (mm)		Erro (%)
	Pluviômetro convencional	Pluviômetro automático	
8	5,50	6,40	16,3
14	32,00	35,20	10,0
21	45,50	48,00	5,4
34	4,50	4,80	6,6
63	2,00	2,16	8,0
64	2,50	2,64	5,6

Fonte: Autoria própria.

Com base na tabela 2, foi possível obter o gráfico 2, que apresenta a discrepância entre o volume de chuva acumulado pelo pluviômetro convencional e o pluviômetro automático feito de material reutilizável.

Gráfico 2 - Comparativo entre o pluviômetro convencional e automático.



Fonte: Autoria própria.

Com base no gráfico 2 e na tabela 2, foi possível observar um erro médio associado ao pluviômetro em torno de 7,8 %. Vale ressaltar que este erro pode ser minimizado através de técnicas de calibração e/ou correção automática, a serem desenvolvidas nos trabalhos futuros.

Desse modo, foi possível construir um pluviômetro automático de baixo custo, como mostrado na figura 32, que permite adquirir, armazenar e transmitir os dados para a *internet*, permitindo o acesso remoto de qualquer lugar e hora, a um custo de R\$ 36,85 e com uma precisão de 92,2%, se comparado a um pluviômetro convencional do tipo cunha.

Figura 29 - Pluviômetro automático de baixo custo feito com material reutilizável para a *internet* das coisas.



Fonte: Autoria própria.

5. CONCLUSÃO

A partir dos estudos e levantamentos bibliográficos realizados, foi possível desenvolver um pluviômetro automático, feito com material reciclado, ao custo de R\$ 36,85. O pluviômetro permite integrar o conceito de *internet* das coisas, e possibilitar o monitoramento remoto do volume pluviométrico na lavoura e região, a partir de qualquer dispositivo ligado à *internet*, a qualquer hora e local, o que possibilita e contribui para o aumento da produção, minimização de perdas, economia de recursos hídricos e energéticos e para auxiliar na tomada de decisão de qual agricultura cultivar, quando plantar, adubar a terra irrigar, aplicar defensivos e colher. A utilização de materiais recicláveis em sua construção tem um apelo voltado para a conservação e o uso sustentável da natureza, além de contribuir para a redução do custo do equipamento. O pluviômetro desenvolvido apresentou bons resultados tanto no quesito de *hardware*, quando do *software*, pois os materiais não sofreram mudanças que alterassem a sua precisão, e conseguiu enviar os dados para a plataforma durante todo o período de testes em campo, que foi de 100 dias, obtendo uma precisão de 92,2%, se comparado a um pluviômetro convencional do tipo cunha.

5.1. TRABALHOS FUTUROS

Como perspectivas de trabalhos futuros, têm-se:

- Aumentar a precisão do equipamento;
- Adicionar sensores para medir a velocidade do vento e a umidade do solo;
- Desenvolver uma conexão *bluetooth*;
- Usar placas solares para alimentação, tornando o pluviômetro mais autônomo;
- Implementar melhorias na plataforma *web*;

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Letícia L. et al. **Construção de um pluviômetro eletrônico de báscula de baixo custo**. Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://mto.ifsp.edu.br/images/CPI/Anais/IC/1911.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

AGROSMART. **Pluviômetro digital automático é o primeiro passo na transformação da fazenda conectada**. 2018. Disponível em < <https://agrosmart.com.br/agricultura-digital/pluviometro-digital-primeiro-passo-transformacao-fazenda-conectada/>>. Acesso 10 jan. 2018.

AGSOLVE. **Dicas e Soluções: operando pluviômetros**. Indaiatuba, 2017. Disponível em: <<https://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/5336/operando-pluviometros>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

ALVERENGA, Antonio Mello et al. *Startups revolucionam o campo*. **Revista A Lavoura**. Rio de Janeiro/RJ, v.717, n.120, p. 18-23, p. 32-44, dez. 2016. Disponível em: <https://issuu.com/sociedadennacionaldeagricultura/docs/a_lavoura_717>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ALVERENGA, Antonio Mello et al. Vanguarda tecnológica invade as lavouras. **Revista A Lavoura**. Rio de Janeiro/RJ, v.709, n.118, p. 12-19, p. 38-51, Jul. de 2015. Disponível em: <https://issuu.com/sociedadennacionaldeagricultura/docs/a_lavoura_709>. Acesso em: 25 jan. 2018.

ARDUBOTICS. ardubotics | workshop on line follower, obstacle sensor, voice controlled robot, android smartphone controlled robot. **ardub tica | oficina na linha seguidor, sensor de obstáculo, robô controlado por voz, robô controlado por smartphone android** (tradução). (2015). Disponível em:< <https://ardubotics.eu/en/sensors-/1845-reed-switch-214-mka-10110-10-15at-magnetic-sensor-no-spst-contact-reed-switches.html>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

BLAINSKI,  .; GARBOSSA, L. H. P.; ANTUNES, E. N. **Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação**. EPAGRI, 2012. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/recomendacoes_tecnicas_para_instalacao_de_estacoes.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

BORRELLI, I. **Agrotechs como as startups estão revolucionando o agronegócio**. São Paulo: startse, 2017. pp.3-9. Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/13739/1503324784eBook_Agro.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2017.

BUG LABS. **Ferramentas e soluções da internet of things ridiculamente simples**. 2018. Disponível em <<https://buglabs.net/>>. Acesso 10 jan 2015.

CARNEIRO, Gustavo José. **Etiqueta Wi-Fi antifurto para roupas e acessório**. Cara bas, 2017.

CEMADEN. **Pluviômetros nas comunidades.** 2017. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/pluviometros/arquivos/01_revista_pluviometro.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

CLIMATE-DATA. **Clima: Caraúbas.** 2018. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-norte/caraubas-42636/>>. Acesso em: 26 maio 2018.

CORREA, Wesley S. C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, no município de Vitória (es) no período de 1978 a 2007.** pp. 18–21. Vitória, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/Wesley.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2018.

DICIO, Dicionário Online de Português. **Calibração.** 2018. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/calibracao/>>. Acesso em: 10 fev. 2018

DWEET. **Perguntas frequentes.** 2018. Disponível em <<https://dweet.io/see>>. Acesso 10 jan. 2018.

FAO, 1988. **Aspects of FAO's policies, programmes, budget and activities aimed at contributing to sustainable development.** Aspectos das políticas, programas, orçamento e atividades da FAO destinados a contribuir para o desenvolvimento sustentável (Tradução). Documento del 94º período de sesiones del Consejo de la FAO, Roma, 15-25 de noviembre de 1988. (2018). Roma, FAO. CL 94/6.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Dicionário Eletrônico Aurélio Século XXI. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira e Lexikon Informática, 1999. Versão 3.0. 1 CD-ROM. **Calibração.** 2018. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/calibracao/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

FISCH, G; VENDRAME, I. F; HANAOKA P. C. de M. **Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia.** Acta Amaz, v. 37, n. 4, Manaus, 2007. ISSN 0044-5967. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v37n4/v37n4a13.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2018.

FREEBOARD. **Visualize a internet das coisas.** 2018. Disponível em <<https://freeboard.io/>>. Acesso 10 jan. 2018.

HAMES. P. R.; CACILHAS, L. E.; GONÇALVES, F. **Pluviômetro de Roda d'água.** S. ed., Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://meteorologia.florianopolis.ifsc.edu.br/formularioPI/arquivos_de_usuario/20092C.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.

KÜCHLER, Osni Antônio et al. **Sistema para aquisição de dados pluviométricos.** XXX Encontro nacional de engenharia de produção, São Carlos, enegep, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_121_785_15489.pdf>. Acesso em: 26 maio 2018.

LLC, X Development. **Project loon**. 2017. Disponível em: <https://x.company/intl/pt-BR_br/loon/#top>. Acesso em: 2 jul. 2018.

MÉNDEZ, Dr. Alcides Juan León al et. **Coleta de chuva com registradores de cuvetes e seu pós-processamento**. Havana, 2013. ISSN 1680-0338. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000200007>. Acesso em 25 maio 2018.

NORMAND, Reinaldo. **Vale do silício: Entenda como funciona a região mais inovadora do planeta**. São Francisco. S. ed., Ministro das relações exteriores, departamento de promoção comercial e investimentos, consulado geral em São Francisco, 2014. p. 74. Disponível em: <<http://www.valedosilicio.com/arquivos/livro.pdf>>. Acesso em 25 maio 2018.

PALOMBI, Lucia al et. **Climate-Smart Agriculture Sourcebook**. África: FAO, 2013, pp.9-27. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e.pdf>>. Acessado em: 4 dez. 2017.

OKI, Sensor Device Corporation. **OKI sensor device: Reed switch databook**. Japão, set. 2010. Disponível em <<http://www.metaltex.com.br/downloads/OKI.pdf>>. Acesso 10 jan. 2018.

SENTELHAS P.C. CARAMOR P.H. Inconsistências na medida de chuva com pluviômetros de balança, utilizados em estações meteorológicas automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, 26/07/2002. ISSN 0104-1347. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_2002/2002_RB_Agro_10\(2\)_301-304_Chuva-EMAxEMC.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_2002/2002_RB_Agro_10(2)_301-304_Chuva-EMAxEMC.pdf)>. Acesso em: 26 maio 2018.

SUNROM, Technologies. **DHT11 - Humidity and Temperature Sensor**. Ahmedabad, 2012. Disponível em <<http://robocraft.ru/files/datasheet/DHT11.pdf>>. Acesso em 25 maio 2018.

SILVA, Saionara da al et. **Os 5 R'S da sustentabilidade**. Santa Maria, 2017. Disponível em:<http://coral.ufsm.br/seminarioeconomia/images/anais_2017/OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS.pdf>. Acesso em 25 maio 2018.

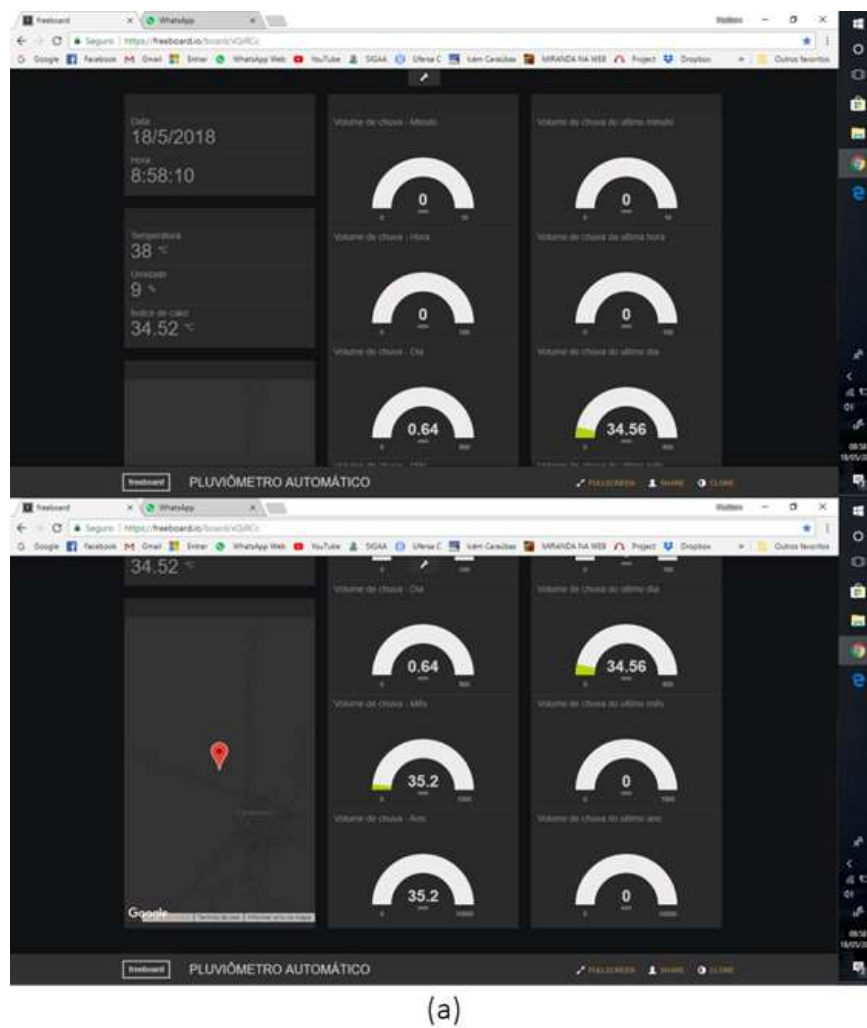
TECHNOLOGY, Handson. **ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit**. 2017. Disponível em <http://www.handsonetec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf>. Acesso 10 dez. 2017.

THOMSEN, Adilson et al. **O que é Arduino**, 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

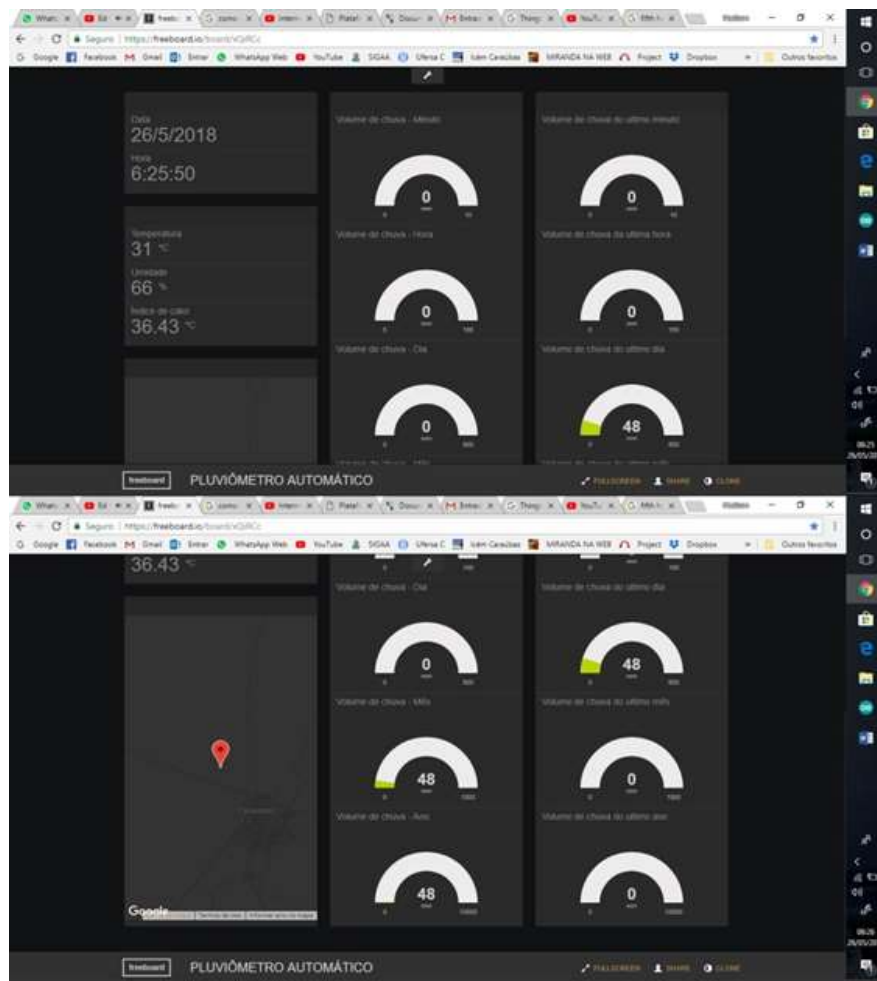
APÊNDICE A: Registro da primeira chuva (12/05/2018).



APÊNDICE B: Registro da segunda chuva (18/05/2018).

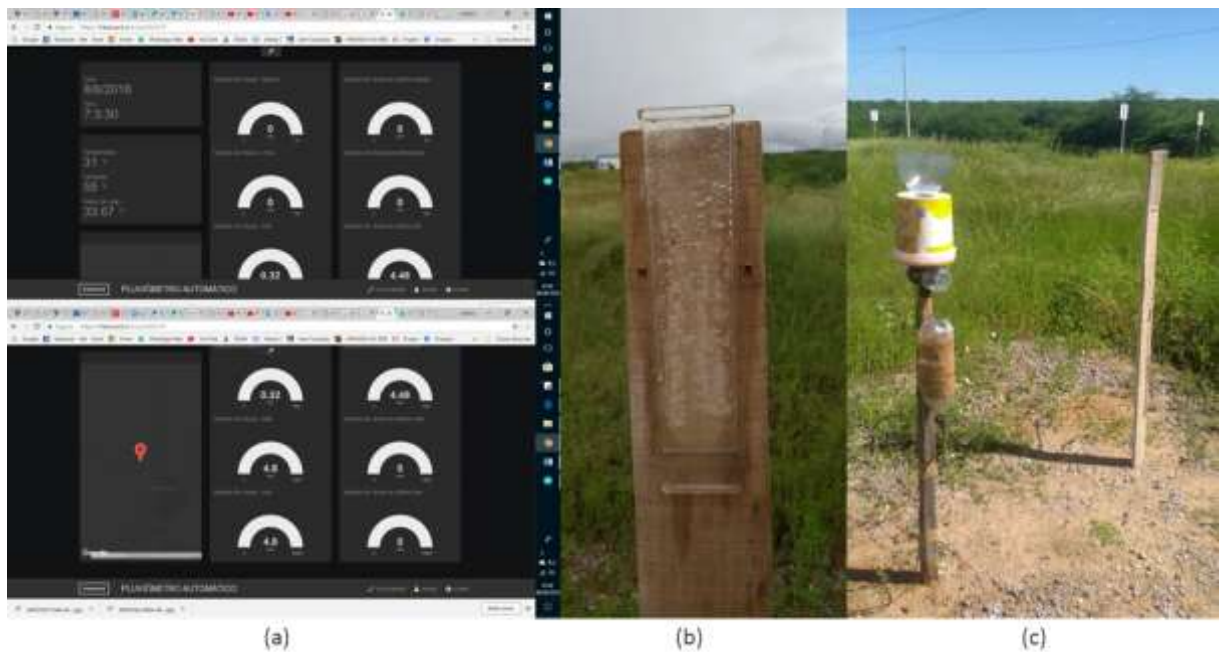


APÊNDICE C: Registro da terceira chuva (26/05/2018).



(a)

APÊNDICE D: Registro da quarta chuva (08/06/2018).



(a)

(b)

(c)

APÊNDICE G: Código-fonte para aquisição e transmissão dos dados lidos pelos sensores presentes no pluviômetro automático.

```

////////////////////////////////////
//Arquivo: Pluviômetro Automático - NodeMCU ESP8266;
//Autor: Nadison Francisco da Silva;
//Tipo: Código-fonte para utilizar no NodeMCU ESP8266 através da IDE do Arduino;
//Descrição: Ler dados do sensor magnético (Reed Switch), sensor de umidade e temperatura (DHT11) e
//postar os dados lidos, bem como a data e hora, na plataforma dweet.io e freeboard.oi,
//e permitir recuperar os dados de forma gráfica no celular ou PC/
////////////////////////////////////
//Equivalência das saídas digitais entre NodeMCU ESP8266 (na IDE do Arduino)
//D0 = 16; D1 = 5; D2 = 4; D3 = 0; D4 = 2; D5 = 14; D6 = 12; D7 = 13; D8 = 15; D9 = 3; D10 = 1;
////////////////////////////////////

// Importando as bibliotecas necessárias
#include <TimeLib.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include "DHT.h"
#include <Adafruit_Sensor.h>

// Login e senha
const char ssid [] = "Pluviometro Wireless";//Nome da rede Wifi - UFERSA
const char pass [] = "96776553"; //Senha da rede WiFi - UFERSA
//const char ssid [] = "NADSON"; //Nome da rede Wifi - Nadison
//const char pass [] = "nadison1802962016"; //Senha da rede WiFi - Nadison

//Sensor DHT11
#define DHTPIN 2 // Pino do DHT - DATA D4
#define DHTTYPE DHT11 // Definindo o sensor DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE, 15);// Inicializando o sensor DHT

static const char ntpServerName [] = "br.pool.ntp.org";// Servidor de tempo e hora
const int timeZone = -3; // Central European Time

WiFiUDP Udp;
unsigned int localPort = 8888; // Porta local UDP
time_t getNtpTime();
void digitalClockDisplay();
void printDigits(int digits);
void sendNTPpacket(IPAddress &address);

const char* host = "dweet.io";// Site que receber os dados

//Variaveis
int BOTAO = 14; //BOTAO = Sensor magnético (Reed Switch) portas D5 e GND
boolean EstadoAtualBOTAO = true;
boolean EstadoAnterioBOTAO = true;
float VolumeChuva = 0; int Contador = 0; float cont = 0;
int Temperatura = 26; int Umidade = 50; float IndiceDeCalor = 40;
long Segundos = 0; long Minutos = 0; long Horas = 0;
long Dias = 0; long Meses = 0; long Anos = 0;
float VMinuto = 0; float VHora = 0; float VDia = 0; float VMes = 0; float VAno = 0;
float VMinutoAtual = 0; float VHoraAtual = 0; float VDiaAtual = 0; float VMesAtual = 0; float VAnoAtual = 0;
float VMinutoAnterio = 0;float VHoraAnterio = 0;float VDiaAnterio = 0;float VMesAnterio = 0;float VAnoAnterio = 0;

void setup()
{

```

```

// Iniciando o DHT
dht.begin();
WiFi.begin(ssid, pass);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(500);
}
Udp.begin(localPort);
setSyncProvider(getNtpTime);
setSyncInterval(300);
}
time_t prevDisplay = 0;

void loop()
{
    if (timeStatus() != timeNotSet) {
        if (now() != prevDisplay) {
            prevDisplay = now();
            digitalClockDisplay();
        }
    }

    //Leitura do sensor magnético (Reed Switch)
    pinMode(BOTAO, INPUT_PULLUP);
    // Criando uma conexão TCP
    WiFiClient client;
    const int httpPort = 80;
    if (!client.connect(host, httpPort)) {
        return;
    }

    // Lendo a umidade
    int Umidade = dht.readHumidity();
    //Verificando se houve falha na leitura
    if(Umidade == 214748){
        delay(10);
        return;
    }

    // Lendo a temperatura em graus Celsius
    int Temperatura = dht.readTemperature();
    // Calculando o índice de calor
    float f = dht.readTemperature(true);
    float ic = dht.computeHeatIndex(f, Umidade);
    float IndiceDeCalor = dht.convertFtoC(ic);

    Segundos = second();Minutos = minute();Horas = hour();
    Dias = day(); Meses = month(); Anos = year();
    cont = cont +0.5;
    if ((Segundos < 10) && (cont > 30)) // Tempo em Segundos
    {
        cont = 0;
        VMinuto = VolumeChuva;
        VMinutoAnterio = VMinutoAtual;
        VMinutoAtual = 0;
        if (Minutos < 1 ) // Tempo em Hora
        {
            VHora = VolumeChuva;
            VHoraAnterio = VHoraAtual;
            VHoraAtual = 0;
            if (Horas < 1) // Tempo em Dias

```

```

{
  VDia = VolumeChuva;
  VDiaAnterio = VDiaAtual;
  VDiaAtual = 0;
  if (Dias < 2) // Tempo em Meses
  {
    VMes = VolumeChuva;
    VMesAnterio = VMesAtual;
    VMesAtual = 0;
    if (Meses < 2) // Tempo em Anos
    {
      VAno = VolumeChuva;
      VAnoAnterio = VAnoAtual;
      VAnoAtual = 0;
    }
  }
}
}
}

EstadoAtualBOTAO = digitalRead(BOTAO); // Realiza a leitura do estado do botão
if((EstadoAtualBOTAO && !EstadoAnterioBOTAO)){
  Contador = Contador + 1;
  VolumeChuva = VolumeChuva + 0.24;
  VMinutoAtual = VolumeChuva - VMinuto;
  VHoraAtual = VolumeChuva - VHora;
  VDiaAtual = VolumeChuva - VDia;
  VMesAtual = VolumeChuva - VMes;
  VAnoAtual = VolumeChuva - VAno;
}
EstadoAnterioBOTAO = EstadoAtualBOTAO;

// Enviando para o dweet.io as leituras efetuadas
client.print(String("GET /dweet/for/Pluviometro?Contador=") + String(Contador) +
  "&Volume_de_Chuva=" + String(VolumeChuva) + "&Cont=" + String(cont) +
  "&Hora=" + String(Horas) + ":" + String(Minutos) + ":" + String(Segundos) +
  "&Data=" + String(Dias) + "/" + String(Meses) + "/" + String(Anos) +
  "&VMinuto=" + String(VMinutoAtual) + "&VHora=" + String(VHoraAtual) +
  "&VDia=" + String(VDiaAtual) + "&VMes=" + String(VMesAtual) + "&VAno=" + String(VAnoAtual) +
  "&VMinutoA=" + String(VMinutoAnterio) + "&VHoraA=" + String(VHoraAnterio) + "&VDiaA=" +
  String(VDiaAnterio) +
  "&VMesA=" + String(VMesAnterio) + "&VAnoA=" + String(VAnoAnterio) +
  "&Temperatura=" + String(Temperatura) + "&Umidade=" + String(Umidade) + "&IndiceDeCalor=" +
  String(IndiceDeCalor) +
  " HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + host + "\r\n" + "Connection: close\r\n\r\n");
//ver dados na net (get)      https://dweet.io/get/dweets/for/Pluviometro
//ver dados na plataforma dweet.io https://dweet.io/follow/Pluviometro
//ver dados na plataforma freeboard https://freeboard.io/board/5sL98k
delay (400);
}
////////////////////////////////////
void digitalClockDisplay()
{
}
void printDigits(int digits)
{
  if (digits < 10){}
}
/*----- NTP code -----*/
const int NTP_PACKET_SIZE = 48; // NTP time is in the first 48 bytes of message
byte packetBuffer[NTP_PACKET_SIZE]; //buffer to hold incoming & outgoing packets

```

```
time_t getNtpTime()
{
    IPAddress ntpServerIP; // NTP server's ip address
    while (Udp.parsePacket() > 0) ; // discard any previously received packets
    WiFi.hostByName(ntpServerName, ntpServerIP);

    sendNTPPacket(ntpServerIP);
    uint32_t beginWait = millis();
    while (millis() - beginWait < 1500) {
        int size = Udp.parsePacket();
        if (size >= NTP_PACKET_SIZE) {
            Udp.read(packetBuffer, NTP_PACKET_SIZE); // read packet into the buffer
            unsigned long secsSince1900;
            // convert four bytes starting at location 40 to a long integer
            secsSince1900 = (unsigned long)packetBuffer[40] << 24;
            secsSince1900 |= (unsigned long)packetBuffer[41] << 16;
            secsSince1900 |= (unsigned long)packetBuffer[42] << 8;
            secsSince1900 |= (unsigned long)packetBuffer[43];
            return secsSince1900 - 2208988800UL + timeZone * SECS_PER_HOUR;
        }
    }
    return 0; // return 0 if unable to get the time
}

// send an NTP request to the time server at the given address
void sendNTPPacket(IPAddress &address)
{
    // set all bytes in the buffer to 0
    memset(packetBuffer, 0, NTP_PACKET_SIZE);
    // Initialize values needed to form NTP request
    // (see URL above for details on the packets)
    packetBuffer[0] = 0b11100011; // LI, Version, Mode
    packetBuffer[1] = 0; // Stratum, or type of clock
    packetBuffer[2] = 6; // Polling Interval
    packetBuffer[3] = 0xEC; // Peer Clock Precision
    // 8 bytes of zero for Root Delay & Root Dispersion
    packetBuffer[12] = 49;
    packetBuffer[13] = 0x4E;
    packetBuffer[14] = 49;
    packetBuffer[15] = 52;
    // all NTP fields have been given values, now
    // you can send a packet requesting a timestamp:
    Udp.beginPacket(address, 123); //NTP requests are to port 123
    Udp.write(packetBuffer, NTP_PACKET_SIZE);
    Udp.endPacket();
}
```