

IRRIGACAFÉ: CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA CONTROLAR IRRIGAÇÕES E MEDIÇÃO DE USO E CONSUMO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO CAFEIEIRA

Evelyn Aparecida GOMES¹

Carlos Eduardo de França ROLAND²

Resumo: Com a descoberta do café em meados de 575 no nordeste da África, a cultura foi expandida por vários países e chega ao Brasil em meados de 1727. Devido ao clima tropical e por conter terras férteis o país se tornou o maior produtor mundial de café no final do século XIX. Neste cenário, o monitoramento do solo na agricultura torna-se fundamental para acompanhar a plantação, analisando a umidade do solo para adequar a matriz hídrica à planta, e garantir o sucesso na produção. A irrigação é um fator importante pois possibilita o aumento da produtividade da cultura, obtendo assim um produto de maior qualidade e com melhores custos. O objetivo da irrigação é complementar o déficit de água no solo em períodos de estiagem, para isso utilizam-se técnicas e procedimentos para o manejo da cultura, sendo uma delas o uso da tensiometria. A partir do movimento da água entre o solo e a cápsula, e com a formação do vácuo no reservatório do tensiômetro, realiza-se a leitura do manômetro que indica o estado hídrico do solo. Para melhorar a aquisição dos dados dos manômetros o objetivo desde projeto é o desenvolvimento de ferramentas de *softwares*, que têm por finalidade automatizar a coleta para se obter ganho significativo no controle e na eficácia dos processos de irrigação, atendendo a produtores rurais e setores atuantes na agricultura cafeeira. Para atingir tal objetivo, a metodologia empregada nesta pesquisa foi de caráter bibliográfico com embasamento em artigos relacionados para a contextualização teórica dos elementos de projeto, e entrevistas com profissionais qualificados na área. Com base nestas circunstâncias e com ênfase nos dados levantados, foi projetado e implementado um sistema embarcado de leitura dos dados dos tensiômetros de forma automatizada, deixando de ser coletado manualmente em planilhas, com armazenamento em sistemas gerenciadores de bancos de dados de arquitetura em nuvem, garantindo a qualidade e integridade dos dados e a segurança das informações, permitindo rapidez no acesso aos resultados. O aplicativo projetado oferece opção para a gestão de atividades na lavoura, proporcionando o gerenciamento de tarefas e a organização dos processos decorrentes do dia-a-dia, além de retratar a importância em direcionar as estruturas do projeto para os fatores econômicos, visando a redução de custos operacionais e eliminação de perdas com o desperdício de água durante a irrigação, focando em recursos que aprimorem o projeto tornando-o viável e com custo mais acessível a pequenos e médios produtores rurais.

Palavras-chave: Irrigação. Manômetro de vácuo. Sistema Embarcado. Cultura cafeeira.

Abstract: *With the discovery of coffee in mid-575 in northeastern Africa, the crop was expanded by several countries and arrived in Brazil in the middle of 1727. Due to the tropical climate and because it contains fertile land, the country became the largest*

1 Discente do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Uni-FACEF, Centro Universitário Municipal de Franca – evelyngomes84@gmail.com

2 Docente do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Uni-FACEF, Centro Universitário Municipal de Franca – roland@facef.br

coffee producer in the world. late nineteenth century. In this scenario, soil monitoring in agriculture becomes essential to accompany the plantation, analyzing soil moisture to adjust the water matrix to the plant, and guaranteeing success in production. Irrigation is an important factor because it allows the increase of crop productivity, thus obtaining a product of higher quality and with better costs. The purpose of irrigation is to complement the water deficit in the soil during periods of drought, for which techniques and procedures are used for crop management, one of which is the use of tensiometry. From the movement of the water between the soil and the capsule, and with the formation of the vacuum in the reservoir of the tensiometer, the manometer that indicates the water status of the soil is carried out. In order to improve the acquisition of manometer data, the objective since the project refers to the development of software tools, whose purpose is an automated solution to obtain significant gain in the control and efficiency of irrigation processes, serving rural producers and sectors in coffee farming. In order to reach this objective, the methodology used in this research was of a bibliographic character based on articles related to the theoretical contextualization of the project elements, and interviews with qualified professionals in the area. Based on these circumstances and with emphasis on the data collected, an embedded system of automated tensiometer data reading was designed and implemented, being no longer manually collected in spreadsheets, stored in cloud architecture database management systems, ensuring the quality and integrity of data and information security, allowing quick access to results. The designed application offers an option for the management of activities in the field, providing the management of tasks and the organization of the day-to-day processes, as well as portraying the importance of directing the project structures to the economic factors, aiming at the reduction of operational costs and elimination of losses from waste of water during irrigation, focusing on resources that improve the project, making it feasible and at a more affordable cost to small and medium-sized rural producers.

Keywords: Irrigation. Vacuum Gauge. Embedded System. Coffee Culture

1. Introdução

A demanda na utilização de software embarcado e sistemas informatizados com uso de sensores e atuadores cresce significativamente de modo a auxiliar a agricultura em sua crescente expansão (PEREIRA et al, 2014). O monitoramento do solo na agricultura é importante para acompanhar as condições da cultura, analisando a umidade do solo para adequar a matriz hídrica à planta e garantir o sucesso da produção. Muitos produtores rurais utilizam métodos manuais para este controle, sendo a tensiometria uma dessas opções.

O controle da umidade do solo e sua irrigação são de suma importância visto que a planta necessita de água para seus processos químicos e bioquímicos. A raiz realiza a absorção da água e fica responsável por levar os nutrientes até a planta. Quando este volume de água começa a diminuir surgem alguns fatores que são prejudiciais à planta, como o estresse hídrico que compromete a frutificação levando à perda da safra.

O tensiômetro ajuda na medição da umidade do solo, pois “a tensão com que a água é retida pelo solo” (PARREIRA, 2009, p.24) determina de forma indireta sua umidade. As leituras são diárias e realizadas manualmente pelo produtor rural consumindo tempo e gerando incerteza nos dados coletados.

A automação de processos de coleta de dados oferece ganhos na qualidade e acuracidade das medidas, reduzindo as falhas humanas nos registros.

A grande utilização da informática atualmente possibilita a criação de sistemas de manejo de irrigação informatizados. A eletrônica é de extrema importância na modernização de atividades agrárias, fazendo com que equipamentos possam ser automatizados tornando as atividades mais rápidas e precisas. Automação de processos é importante por melhorar significativamente a qualidade dos mesmos e por realizar tarefas monótonas e cansativas antes realizadas pelo homem (PARREIRA, 2009, p.10).

Com o desenvolvimento do presente projeto, busca-se um ganho significativo no controle e na eficácia dos processos, permitindo que os dados fiquem armazenados com segurança em sistemas de arquitetura em nuvem, garantindo assim rapidez nos resultados e automatização dos processos.

Como procedimento metodológico deste projeto foi usada a pesquisa bibliográfica exploratória com estudos realizados em livros e artigos científicos para contextualizar os conceitos envolvidos no projeto e que são apresentados no capítulo de Referencial Teórico. São abordadas as vantagens de se utilizar sistema de automação digital embarcado, os custos-benefícios da sua adoção, automação de processos e coleta automatizada de dados, tendo como finalidade fundamentar a solução proposta.

2. Referencial Teórico

Neste capítulo será apresentado o embasamento teórico da pesquisa realizada, abordando um conjunto de assuntos que envolvem a trajetória do café desde o seu surgimento, o marco em que o café se destaca especialmente com as exportações, a sua cultura no Brasil representando as formas de plantio e as técnicas de irrigação atuais.

São abordados contextos pertinentes à irrigação nas plantações de café e por que a medição e controle do uso de água são importantes nos resultados da produção agrícola.

2.1.História do Café

Reza a lenda de Kaldi que a descoberta do café se inicia em meados do ano de 575, quando foi percebido o efeito estimulante da fruta em cabras da Etiópia (nordeste da África). Os animais mastigavam a planta e com isso subiam as montanhas com maior agilidade e apresentavam mais resistência. O pastor após experimentar confirmou as características estimulantes da fruta. Segundo Martins (2012, p.17):

A fruta vermelha que nasce da flor branca e perfumada do pé de café tem sua origem geográfica nas terras quentes a nordeste da África, em tempos muito remotos. Ali nascia o verdadeiro café selvagem, em meio à mata, no centro da também lendária região de Kafa, no interior da Etiópia, país de clima árido-tropical, onde hoje se localiza a cidade de Bonga. Até o presente, o arbusto do café é parte daquela vegetação natural.

Com base nas afirmações de Martins (2012) e Távora (2005), nos séculos XIV e XV, os árabes levaram o café ao Iêmem onde iniciaram sua produção com qualidade para a comercialização, aproveitando o clima seco que a região possuía, e mantiveram o monopólio de sua produção e comercialização por 200 anos.

Após este período a cultura do café foi expandida para vários outros países como Turquia, mais precisamente na cidade de Constantinopla, no Continente Europeu. Segundo Távora (2005), em 1706 o plantio do café era realizado no jardim botânico de Amsterdã, e deu origem aos cafezais da América passando por Paris, espalhando-se pela América Central, Suriname e Guiana Francesa.

A Figura 1 apresenta o mapa do percurso da cultura de café entre os países, atravessando o mar Vermelho e chegando à península arábica, na região de Iêmen.

O café chega ao Brasil pela região norte, mais precisamente em Belém, em meados de 1727 pela Guiana Francesa. Partindo da região norte o café foi passando pelo Nordeste, Maranhão, Ceará, Pernambuco e chegou em 1773 ao Rio de Janeiro. Devido ao clima tropical e por conter terras férteis o Brasil se tornou o maior produtor mundial de café no final do século XIX (TÁVORA, 2005).

2.2. Tipos de Café e sua ambientalização

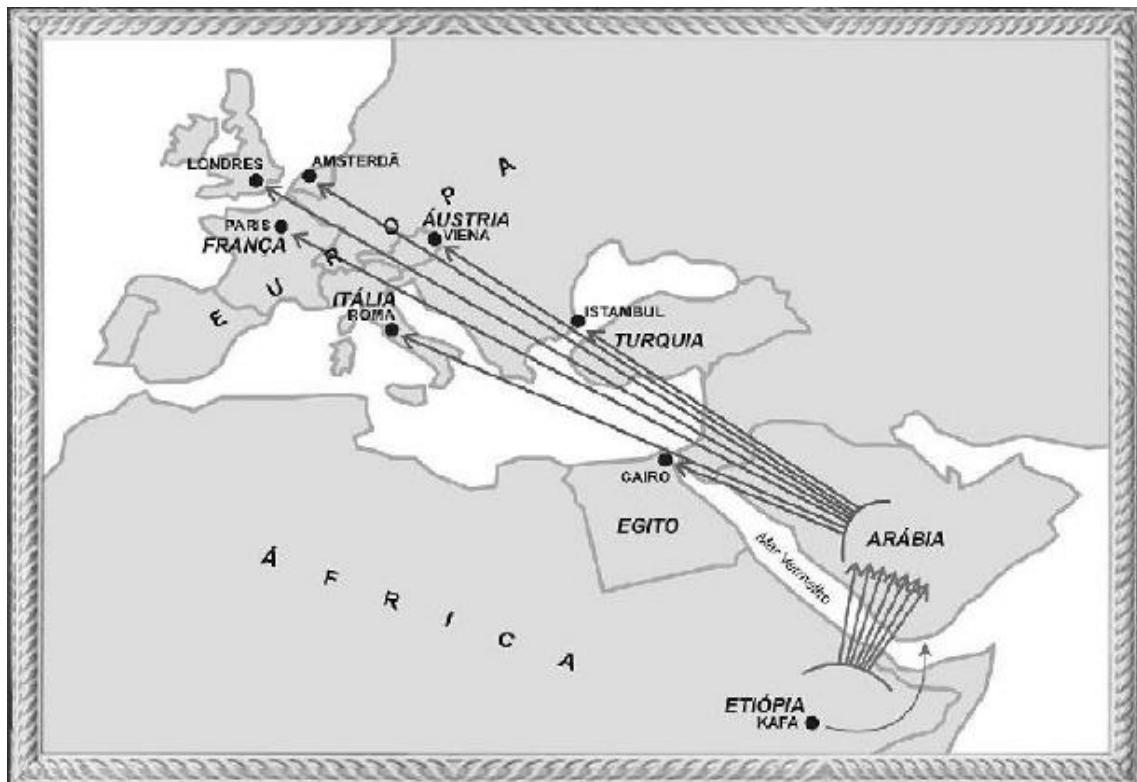
O café é a semente do cafeeiro, em forma de uma esfera verde, que quando atinge a cor vermelho intenso atingiu a maturação e está apta para a colheita.

O fruto origina-se de um arbusto da família das *rubiaceae*, que se desenvolve em regiões tropicais ou subtropicais, e está presente na natureza em mais de sessenta espécies, tendo sido batizado com o nome genérico de *Coffea* pelo

naturalista Antoine-Laurent Jussieu. Produz flores com aroma de jasmim e frutos conhecidos como cerejas. Os pés de café atingem de 2 a 2,5 metros, podendo chegar a 10 metros de altura (MARTINS, 2012, p. 34).

Ressaltam-se duas espécies de cafés cultivados em países tropicais e que são utilizados tanto para consumo interno como para exportação. Uma espécie é predominante no Brasil e a outra espécie cultivada na Costa do Marfim. Na Figura 2 observa-se características da espécie de café Arábica. De um lado a estrutura de formação da planta e ao lado o seu fruto maduro.

Figura 1 - Mapa do percurso da planta, da África para a Arábia



Fonte: Martins (2012, p. 20).

As plantações de café Arábica são cultivados em diferentes altitudes, desde a beira-mar, com condições especiais, até a altitudes de quase 2000 m. Com relação a calor e umidade é susceptível a baixas temperaturas sendo a temperatura ideal variando de 20°C a 25°C.

As produções de café Arábica se concentram nas regiões de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e parte do Espírito Santo, já o café robusta é cultivado nas regiões de Espírito Santo e Rondônia. Como afirma Távora (2005), as concentrações das

principais produtoras de café são: a Mogiana com uma altitude entre 900 a 1.000 metros; Alta Paulista com altitude média de 600 metros; e Região de Pirajú com altitude média de 700 metros, todas no Estado de São Paulo. Para Minas Gerais as principais produtoras de café são: Cerrado Mineiro com altitude de 800 metros; Sul de Minas com altitude média de 950 metros; Matas de Minas e Jequitinhonha com altitude de 650 metros.

Figura 2 – Espécie *Coffea arábica*



Fonte: Adaptado de Stueber (2003)

Há ainda uma espécie de café a *Coffea Canéfora*, conhecida como café robusta, que por ser uma espécie polimorfa é mais favorável a climas tropicais com temperaturas médias entre 24 a 26°C, que no Brasil estão na região do estado do Espírito Santo.

Santos (1999) ressalta ainda que fatores ambientais, clima e solo, dentre outras condições adversas podem dificultar e inviabilizar a exploração das culturas de café, portanto o conhecimento da região é benéfico e deve ser alinhado com as técnicas de manejo.

2.3.Importância do Café no Brasil e na Região de Franca

No Brasil, boas regiões produtoras de café estão localizadas onde ocorrem mais de 150 mm de chuvas por mês, no período de florescimento, formação e maturação dos frutos, período esse compreendido pelos meses de outubro a março, período de renovação de galhos e folhas (SANTOS, 1999, p.19).

Considerando-se a primeira década do século XXI, pode-se observar que os tipos de culturas que alavancam a cafeicultura no Brasil, devido ao clima tropical bastante favorável, são os cafés Arábica e Robusta. Com base nos estudos de Bliska *et al.* (2005), as temperaturas elevadas, fora da faixa de 21°C, podem bloquear funções biológicas na época de florescimento provocando o aborto das flores, assim como temperaturas muito baixas podem ocasionar geadas queimando as folhas, gemas e em alguns casos o tronco, prejudicando a produção dos frutos na próxima safra.

A safra brasileira dos Cafés do Brasil atingiu em 2017 um volume total equivalente a 44,97 milhões de sacas de 60 kg, o que representa uma redução de 12,5 % em relação à safra anterior. Nesse volume, a produção do café arábica somou 34,25 milhões de sacas, uma redução de 21,1 % devido ao ciclo da bialidade negativa dessa espécie de café, fenômeno que alterna produtividade menor em um ano com maior no ano seguinte. E, em contrapartida, a produção do café conilon totalizou 10,72 milhões de sacas de 60 kg, representando um crescimento expressivo de 34,2 %, também em relação à safra anterior (FERREIRA, 2017, *online*).

As plantações de café também têm relevância econômica no Oeste Paulista, mais precisamente na região de Franca, pois possui altitude próxima a 1.040 metros, resultando em um clima tropical e uma temperatura média anual de 20°C.

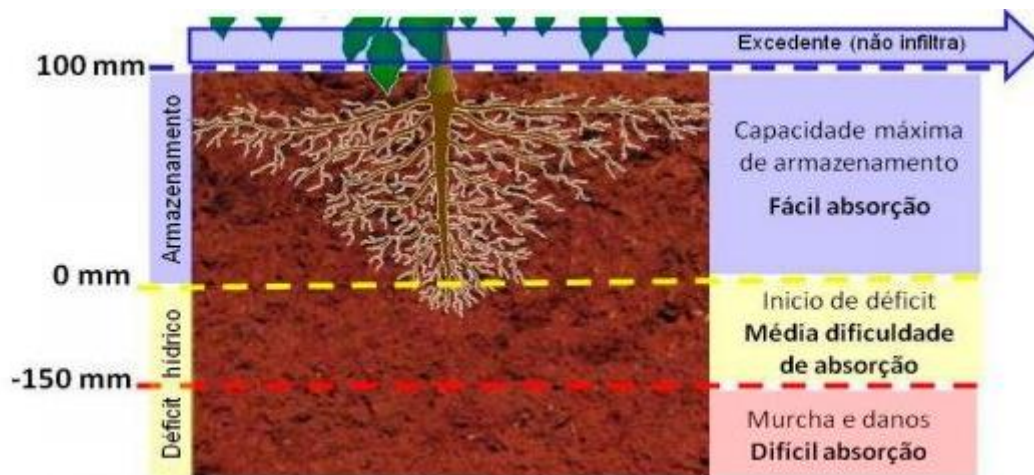
Não havia grandes fazendeiros em Franca, já que o maior, em 1901, Doutor João de Faria, possuía apenas 185.000 pés, quantidade incomparável aos milhões de pés de alguns cafeicultores de Ribeirão Preto, como o Coronel Francisco Schmidt, que em 1905 contava em suas fazendas com 6.075.500 cafeeiros, a Companhia Dumont, com 3.999.990 de pés no mesmo ano, ou ainda Martinho Prado Júnior, que possuía 2.112.700 cafeeiros também em 1905 (TOSI, 2007, p.3).

2.4. Manejo e controle da irrigação de culturas cafeeiras

Segundo Silva *et al.* (2003), a irrigação é um fator importante para o agricultor, pois permite ganho de produtividade obtendo assim um produto de maior qualidade e com perspectivas de bons preços no mercado, além de ajudar os agricultores na evolução de técnicas de irrigação, diminuição dos custos, melhoramento na eficiência e qualidade da produção. Em contrapartida há riscos que devem ser criteriosamente estudados e analisados para que os rendimentos sejam maiores que os custos.

Estudos de Resende e Albuquerque (2002) definem que o objetivo da irrigação é complementar o déficit de água no solo em períodos de estiagem, permitindo uma maior safra dependendo da espécie a ser cultivada. Para tal existem procedimentos a serem realizados para verificar o nível de umidade presente no solo.

Figura 3 – Níveis de Irrigação



Fonte: RENA (2014, *online*)

O manejo da irrigação constitui uma técnica importante do ponto de vista econômico e ambiental na agricultura irrigada, proporcionando economia de água e energia, aumento da produtividade da cultura e melhor qualidade do produto (BONOMO *et al.*, 2014). A seguir são apresentadas algumas estratégias de manejo:

- **Sintomas Visuais:** é realizada análise visual das plantas baseadas nos sintomas visuais de déficit hídrico e a demora em analisá-la muitas das vezes levam a ausência de água e pode comprometer a produção e/ou a qualidade do produto.

Geralmente, esses sintomas estão relacionados à tonalidade da coloração das folhas, enrolamento de folhas, ângulo da folha, etc. O ideal seria monitorar o status da água da planta através do potencial de água da folha, abertura estomatal e outros parâmetros relacionados com o déficit da água (temperatura das folhas, índices de estresse hídrico, fluxo de seiva, etc.), mas os equipamentos são caros e a metodologia é complexa (RESENDE e ALBUQUERQUE, 2002, p.2).

- **Calendário de Irrigações:** é um método simples que consiste no balanço de água estimando datas e lâminas de água baseando-se nas condições climáticas de anos anteriores, dados do solo e da cultura. O balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera pode ser estimado mensurando o consumo diário de água (ETc), com a evapotranspiração da cultura (ETo) e o coeficiente da cultura (Kc).

- Método do balanço de água no solo: estudos de Resende e Albuquerque (2002, p.2) afirmam que “de posse dos dados de clima, solo e cultura, é possível estimar diariamente o total de água armazenada no solo, até o momento da próxima irrigação”, esse método vem sendo utilizado em diversos países, estimando o total de água diariamente armazenada no solo.

Aplica-se a equação do balanço hídrico calculado pela precipitação (P), lâmina de irrigação (L), evapotranspiração da cultura (ETc), escoamento superficial (R), drenagem (D) e a variação do conteúdo volumétrico de água do solo em %.

2.5 Sistema de Controle

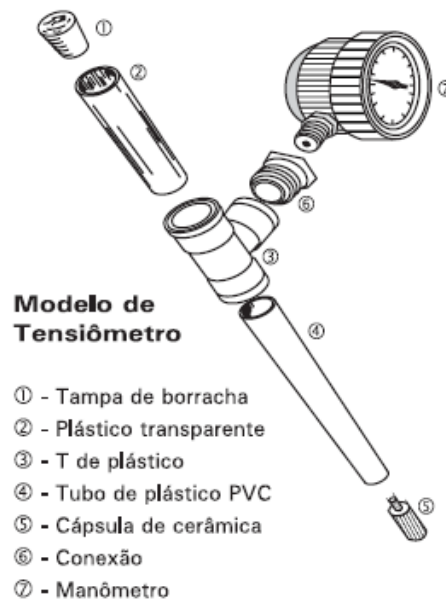
Um sistema de controle é a associação de componentes físicos, conectados ou relacionados de maneira a comandar, dirigir ou regular a si mesmo ou a outros sistemas (WILLIAMS et al., 2007).

Dentro da agricultura cafeeira os métodos de controles são variados, nesta pesquisa foram abordados o uso do tensiômetro, o sensor de umidade, o sensor de temperatura e o sensor de pressão para fins de se determinar a umidade do solo com precisão.

2.5.1 Características do Tensiômetro

É comum na agricultura o uso de instrumentos de medição e monitoramento da água do solo ou da planta. Resende e Albuquerque (2002) ressaltam que o “manejo de irrigação pode ser através do uso de equipamentos de medição”, mensurando o teor de umidade do solo, estado hídrico da planta e a evapotranspiração. O dispositivo que se destaca para tais medições é o tensiômetro, apresentado na Figura 4.

O tensiômetro consiste em uma cápsula porosa, geralmente de cerâmica ou porcelana, conectada a um medidor de vácuo (que pode ser um vacuômetro metálico ou um manômetro de mercúrio) através de um tubo plástico ou de outro material, tendo todas as partes preenchidas com água. A cápsula porosa é permeável a gases e à água e aos solutos na solução do solo, até determinado nível de tensão (AZEVEDO e SILVA, 1999, p.8).

Figura 4 – Tensiômetro com vacuômetro

Fonte: AZEVEDO e SILVA, 1999, p. 8.

Ele é recomendado para controlar a irrigação no campo, por ser simples e fácil de operar. De acordo com Azevedo e Silva (1999), um solo saturado e úmido não tem a água passando pela cápsula não havendo assim vácuo, porém quando existe evaporação da água e o solo vai ficando seco, a água sai de dentro cápsula do tensiômetro e cria-se um “vácuo no interior do tubo equivalente à tensão da água no solo”, a partir do movimento de água da cápsula e a conseqüente formação de vácuo no sistema, realiza-se a leitura do manômetro que indica o estado hídrico do solo.

Vale ressaltar que o tipo do solo influencia no controle de sua umidade, como por exemplo, um solo argiloso retém mais água que o solo arenoso para o mesmo nível de tensão. Assim, “o tempo para esgotamento da água armazenada no solo argiloso será maior que no arenoso”.

As unidades de medidas dos tensiômetros, segundo Resende e Albuquerque (2002), são expressas em “centibar (cbar), atmosfera (atm), quilopascal (kPa), metro ou centímetro de coluna d’água (cm.H₂O), centímetro (cmHg) ou milímetro de coluna de mercúrio (mm.Hg)”. Na Tabela 1 tem-se um exemplo da correlação entre as leituras de um manômetro expressas em cbar e a condição hídrica do solo.

Tabela 1 – Quadro de intervalo de medidas do tensiômetro

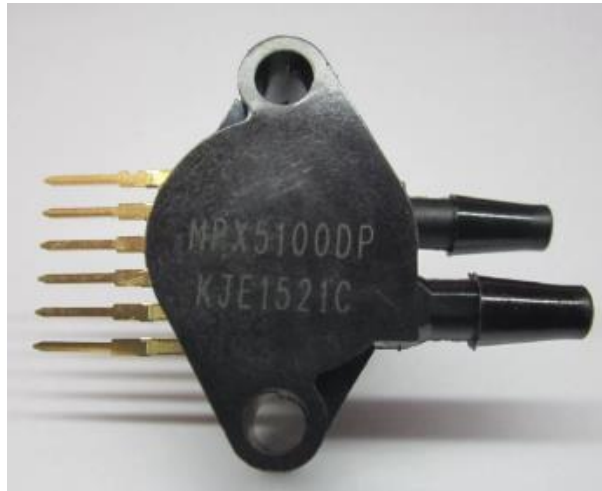
Condição	Leitura (cbar)	Interpretação
Saturação	0	Acumulação de água; Nível freático raso; Aeração prejudicada; Tensiômetro com vazamento.
Capacidade de campo	6 a 10	Ponto para interrupção das irrigações. Evitar percolação de água e lixiviação de nutrientes.
Momento de aplicação	20 a 40 40 a 50	Irrigações dirigidas para produtividade máxima e culturas de maior valor econômico e solos arenosos; Valor usual para iniciar irrigações; Aeração assegurada; Solos de textura média.
Intervalo de irrigação	50 a 60	Início de irrigação em solo argiloso; Manutenção da umidade disponível.
Seco	70 a 80	Valor de início de deficit; Alguma umidade disponível; Risco de perda de produção.

Fonte: AZEVEDO e SILVA, 1999, p. 14.

2.6 Características dos Sensores de Pressão

Os sensores de pressão MPX5100DP são componentes eletrônicos compactos e de fácil utilização, com capacidade de medir a pressão diferencial, ou seja, a diferença entre 2 pressões oferecidas ao sensor. Ele possui 6 terminais de conexão, que são, o terminal de tensão de saída VCC (pino 1), o terminal de aterramento GND (pino 2), e o terminal de alimentação VCC 5V (pino 3). Os três outros pinos são para calibrações de fábrica (V1, V2, e VEX).

O MPX5100DP (Figura 6), possui um comportamento para as temperaturas de 0° C até 85° C onde a compensação automática para a variação de temperatura durante a medição e o sensor é capaz de aferir a pressão em gases entre 0kPa a 100kPa. Segundo Teixeira e Coelho (2005, p.370), “a pressão aplicada sobre o diafragma resulta em variação de resistência no medidor de pressão que, por conseguinte, promove a variação na voltagem de saída diretamente proporcional à pressão aplicada”.

Figura 6 – Sensor de Pressão MPX5100DP

Fonte: ELEC (2018, *online*)

2.7 Características dos Sensores de Umidade e Temperatura

Segundo Chawla et.al (2015), o sensor DHT11 (Figura 7) é um sensor digital de temperatura e umidade que fornece uma saída de sinal digital calibrada garantindo a saída obtida de alta confiabilidade e estabilidade.

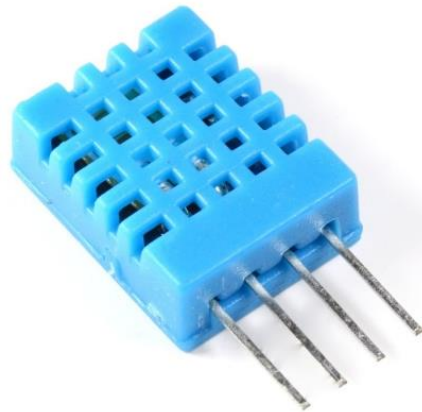
Como apresentado em (Filipeflop, 2018, *online*), “o sensor de umidade e temperatura DHT11 é um sensor que permite fazer leituras de temperaturas entre 0 a 50 Celsius e umidade de 20 a 90%”. Além disso o “sensor de temperatura é um termistor do tipo NTC e o sensor de umidade é do tipo HR202”, onde “o circuito interno faz a leitura dos sensores e se comunica a um microcontrolador através de um sinal serial de uma via”.

2.8 Microcontroladores

Os microcontroladores são utilizados em projetos de automação de processos e controle de periféricos e circuitos, operando em frequências baixas se comparadas aos microprocessadores tendo baixo consumo de energia.

Os microcontroladores (também conhecidos como MCU), são circuitos integrados que possuem num único dispositivo, todos os circuitos necessários para realizar um completo sistema programável (JUNIOR e FREITAS, 2010, p.2).

Figura 7 – Sensor de Umidade e Temperatura DHT11



Fonte: FILIPEFLOP (2018)

Pode-se observar que um microcontrolador, segundo estudos de Junior e Freitas (2010, p.2), “é um sistema computacional completo, no qual estão incluídos uma Unidade Central de Processamento (UCP) ou do termo em inglês Central Processing Unit (CPU), memória de dados e de programa, um sistema de *clock*, portas de Entrada/Saída (I/O – do termo em inglês (Input/Output), conversores Analógico/Digital (AD), dentre outros”.

2.8.1 Arduino

Segundo McRoberts (2011), o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que pode ser programada com intuito de processar entradas e saídas dos dispositivos e componentes conectados, ou seja, sistema eletrônico embarcado que interage com o ambiente por meio de *software* e *hardware*, que “pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à internet para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles” (MCROBERTS, 2011, p. 23).

A programação é realizada por meio da *Integrated Development Environment* (IDE) Arduino, um software *open source* onde se utiliza uma linguagem de programação padrão C/C++ para escrever os *sketches*.

Como apresentado no site oficial (ARDUINO, 2018), o Arduino é uma ferramenta fácil, que possui algumas vantagens como:

- Baixo Custo: as placas encontradas são baratas em comparação a microcontroladores;

- *Cross-platform*: o software de desenvolvimento (IDE) é executado em diversos sistemas operacionais como Windows, Linux, MacOS;
- Ambiente de programação simples e claro: possui IDE de fácil usabilidade para iniciantes, ainda que flexíveis para usuários com níveis de conhecimentos mais avançados;
- Software de código aberto e extensível: é publicado com ferramentas de código aberto disponíveis para programadores através de bibliotecas C/C++;
- Hardware de código aberto e extensível: as placas são publicadas sob uma licença *Creative Commons*, podendo estendê-la a versões próprias ou estendidas e melhoradas.

2.8.2 NodeMCU ESP8266

O microcontrolador ESP8266, produzido pela fabricante chinesa Espressif, é um microcontrolador de 32 bits que inclui um núcleo microprocessado Tensilica L106, que funciona na frequência-padrão de 80 MHz, podendo chegar a 160 MHz. O processamento da pilha de protocolo WiFi usa 20% da capacidade de processamento desse processador. Com isso, 80% dessa capacidade pode ser utilizada em aplicações pelo usuário. A memória disponível para os dados dos programas tem cerca de 50kB, já descontado o espaço necessário para o padrão WiFi (OLIVEIRA, 2017, p.48).

Como apresentado em (Filipeflop, 2018, *online*), “é uma placa de desenvolvimento que combina o chip ESP8266, uma interface usb-serial e um regulador de tensão 3.3 V, programada usando LUA ou a IDE do Arduino”. Além disso, o NodeMCU apresentado na Figura 8, “possui uma antena embutida e conector micro-usb para conexão ao computador, além de 11 pinos de I/O e conversor analógico-digital” (Filipeflop, 2018, *online*).

Figura 8 – Microcontrolador NodeMCU ESP8266



Fonte: FILIPEFLOP (2018b)

3. Empreendendo a Solução Proposta

Para abordar este tópico serão apresentados a visão de negócio deste artigo, assim como aspectos importantes ao entendimento e os motivos pelos quais foi escolhido determinado cliente, iniciando-se com o conceito de empreendedorismo que, segundo Dornelas (2007), está ligado ao envolvimento de pessoas e processos que juntos transformam ideias inovadoras em negócios e oportunidades. Ele agrega valor, identifica novas oportunidades, melhores condições e uma visão de negócio.

Souza et.al (2014, p.3) reforçam que “empreendedorismo é criar riqueza por meio de novos produtos, novos métodos de produção, novos mercados, dentre outros. O empreendedor é responsável pelo empreendedorismo, para gerar lucro para a organização e valor para o cliente”. Portanto, existe uma correlação entre o empreendedor e o empreendedorismo, onde o empreendedor vê oportunidades que nem todos enxergam, ele procura criar ou inovar algo já existente e oferecer a ele uma nova proposta de mercado. Já o empreendedorismo é a atitude de quem é empreendedor, de quem por iniciativa própria idealiza novos métodos.

Dentro dos parâmetros de empreendedorismo existem alguns segmentos de empreendedores, classificados como empreendedor corporativo, empreendedor social, empreendedor herdeiro e empreendedor normal. O empreendedor corporativo é aquele que inova dentro da empresa já construída transformando ideias em realizações dentro das organizações. Já o empreendedor social é aquele que tem a preocupação com a humanidade, ou seja, com o bem-estar do mundo inteiro, dando oportunidades aos mais necessitados, satisfazendo ao próximo. O empreendedor herdeiro, é jovem que tem a missão de se tornar o dono da empresa ou seguir o negócio da família, e o empreendedor normal é aquele que planeja todos os passos a serem tomados e considera a importância do mercado atual (DORNELAS, 2007).

3.1.Startup

Com a emergência da tecnologia, o crescimento da classe C e um mercado altamente competitivo surgem várias transformações mercadológicas chamando a atenção de gestores e investidores. Para Silva et.al (2013), neste novo contexto organizacional o sucesso está ligado às empresas que transformam oportunidades em negócios, surgindo assim um cenário diferente dando abertura às Startups.

Startups na visão de Silva et.al (2013) são caracterizadas por um conjunto de quesitos baseados em criatividade, experiências, competências, conexão com os

acontecimentos no mundo real conduzindo assim ao modelo de empresas jovens, embrionárias onde seu crescimento é acelerado. Complementando a idéia, Machado (2014) esclarece que este conceito parte da observação e características apresentadas pelos *stakeholders* que são envolvidos para buscar um modelo de negócio rentável.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é que este tipo de segmento possui um “elevado grau de risco e imprevisibilidade, a criação de novos negócios com modelos que possam gerar valor, permanecendo lucrativos e inovadores são, geralmente, de fato concebidos em cenários de muita incerteza”.

3.2.Startup Enxuta

Destaca-se neste tópico o modelo de *startup* enxuta, que vem ganhando bastante destaque no cenário e que recebeu este nome devido ao modelo de produção enxuta promovido pelo Toyota.

O pensamento enxuto está alterando radicalmente a maneira pela qual as cadeias de suprimento e os sistemas de produção são conduzidos. Entre seus princípios estão o aproveitamento do conhecimento e da criatividade de cada funcionário, a redução dos tamanhos dos lotes, a produção do tipo *just in time*, o controle do estoque e a aceleração do tempo de ciclo (RIES, 2012, p.20).

Dentro deste contexto de *startups* destaca-se que o principal objetivo da Startup Enxuta é reduzir custos de processos, entregando uma abordagem denominada de produto mínimo viável (MVP, de Minimum Viable Product). Um processo de suma importância e aprendizagem, pois propõe um *feedback* do produto lançado com mínimo esforço e desenvolvimento, características de um protótipo funcional que será estruturado, adequado e melhorado. Ries (2012) afirma que o MVP proporciona às *startups* obtenção de dados reais para a *baseline* de crescimento, taxas de conversão, período de testes, eficácia, eficiência, e são de grande valia para o aprendizado dos clientes e suas reações a um produto.

Características empregadas neste modelo são típicas de metodologias ágeis, “guiadas pelas descrições do que o cliente considera necessário”, os esforços se concentram na produção e desenvolvimento para garantir uma entrega rápida para o uso do cliente. Podem ser empregadas metodologias como Extreme Programming (XP), Scrum, Kanban, todas visando a entrega de um produto de valor que prioriza as necessidades do cliente (RIES, 2012, p.99).

3.3. Modelo Canvas

Considerada como uma ferramenta de gerenciamento de negócios o *Business Model Canvas* (BMC) mais conhecido como Canvas, tem por objetivo facilitar a definição de esboços de modelos de negócios novos ou já existentes, de uma forma sucinta, direta e dinâmica. Sua estrutura é composta por nove blocos representados em um painel, sendo eles descritos e distribuídos como: Proposta de Valor, Relacionamento com Clientes, Canais, Segmentos de Clientes, Fontes de Receita, Parcerias Principais, Atividades Principais, Recursos Principais e Estrutura de Custos, que associados irão compor toda estratégia de uma futura empresa (OSTERWALDER e PIGNEUR, 2010).

Conforme a descrição do Canvas, pode-se dizer que a adoção deste recurso é fundamental para a criação de uma empresa ou projeto bem consolidado e cada vez mais suscetível a constantes mudanças. Com este modelo é possível determinar tanto aspectos internos quanto aspectos externos de um projeto e assim identificar a melhor forma de se relacionar com o cliente.

A representação do Modelo Canvas do projeto IrrigaCafé contento os nove componentes são explicados e discutidos em documento disponível no github³

4. Implementação do protótipo funcional

Neste capítulo serão descritas as etapas realizadas para atingir os objetivos propostos de análise e desenvolvimento do processo de automação e controle de umidade de solo, que auxilia os produtores rurais na coleta de dados e em segunda instância o controle e consumo de água gastos para irrigação.

Os processos de Engenharia de Software são essenciais para a conclusão deste projeto. Com a adoção desses recursos torna-se o produto mais consolidado e coeso respeitando os seus requisitos. Utilizando-se das técnicas de desenvolvimento preconizadas consegue-se facilitar as futuras implementações sempre procurando enquadrar o produto de software ao que realmente são as exigências do cliente.

Para o processo de levantamento de requisitos, utilizou-se técnicas de entrevistas com usuários e especialistas no assunto.

4.1. Entrevista com Técnico Agrícola

³ Endereço: https://github.com/gomesevelyn/TCC_SI_2018_Irigacafe/tree/master/Business_Model

A entrevista realizada com um técnico agrícola teve como objetivo o levantamento dos dados e requisitos necessários para o desenvolvimento do projeto, bem como do funcionamento e das reais necessidades de controle.

O resultado da entrevista foi muito satisfatório tendo identificado o interesse e a disposição da parte do entrevistado em sanar as dúvidas decorrentes dos estudos realizados e auxiliando em tempo hábil o processo de análise e projeto da solução. Durante a entrevista foram identificados requisitos que o sistema embarcado e o sistema web deveriam atender, com os quais foi desenvolvido o documento de requisitos do projeto apresentado.

4.2. Análise de Requisitos

A especificação dos requisitos tem como objetivo crucial o controle automatizado e medição de umidade do solo para irrigação cafeeira. O sistema terá como público alvo os produtores rurais e engenheiros agrônomos, para que eles possam ter dados mais assíduos e íntegros, acarretando em uma melhor análise e tomada de decisão dos processos de gerenciamento e controle da produção agrícola.

O documento especifica o projeto Irrigacafé, fornecendo aos desenvolvedores as informações necessárias para a implementação do software, assim como para a realização dos testes e homologação do sistema. Para tal as informações necessárias para o bom uso do documento se encontram disponíveis no github⁴ do projeto como descritas:

- Descrição geral do sistema: apresenta uma visão geral do sistema, caracterizando qual é o seu escopo e descrevendo seus usuários;
- Definição dos Processos de Aplicação: apresentando o diagrama de processo *Business Process Model and Notation* (BPMN);
- Requisitos funcionais/Caso de Uso: especificando todos os requisitos funcionais do sistema, descrevendo os fluxos de eventos, prioridades, atores, entradas e saídas de cada caso de uso a ser implementado;
- Diagramas de Atividade: representando os fluxos dos processos de uma atividade para a outra;

⁴ Endereço: https://github.com/gomesevelyn/TCC_SI_2018_Irigacafe/tree/master/Documentation

- Diagramas de Máquina de Estado: representa a situação em que um objeto se encontra em um determinado momento durante uma ação;
- Diagramas de Sequências: apresenta a interação dos atores no cenário;
- Regra de Negócios: apresentando o comportamento e as funcionalidades do sistema;
- Requisitos Não Funcionais: especificando os requisitos não funcionais do sistema como por exemplo – usabilidade, segurança, confiabilidade, dentre outros;
- Matriz de Rastreabilidade: contendo o relacionamento entre os requisitos funcionais e as regras de negócios e também o caso de uso e as regras de negócio.
- Modelagem do Banco de Dados: tendo objetivo de demonstrar como serão construídas as estruturas de dados que darão suporte aos processos de negócios, como os dados serão organizados e o relacionamento existentes entre eles.
- Prototipação de Telas: apresentando o layout do *software*.
- Análise de Portabilidade: analisando os componentes necessário para funcionamento da ferramenta.

Após a análise de requisitos do projeto, consegue-se observar como será o funcionamento dos processos dando início ao desenvolvimento.

4.3.Método de Desenvolvimento do Irrigacafé

A agricultura é um setor de crescimento elevado e emergente, necessitando de que cada vez mais controle automatizado de processos para minimizar controles manuais, desperdícios de tempo, dentre outros fatores. A princípio, o propósito do projeto era criar uma forma com que a leitura dos dados dos tensiômetros deixasse de ser coletada manualmente em planilhas e que o produtor não necessitasse deslocar todos os dias a campo para executar este processo.

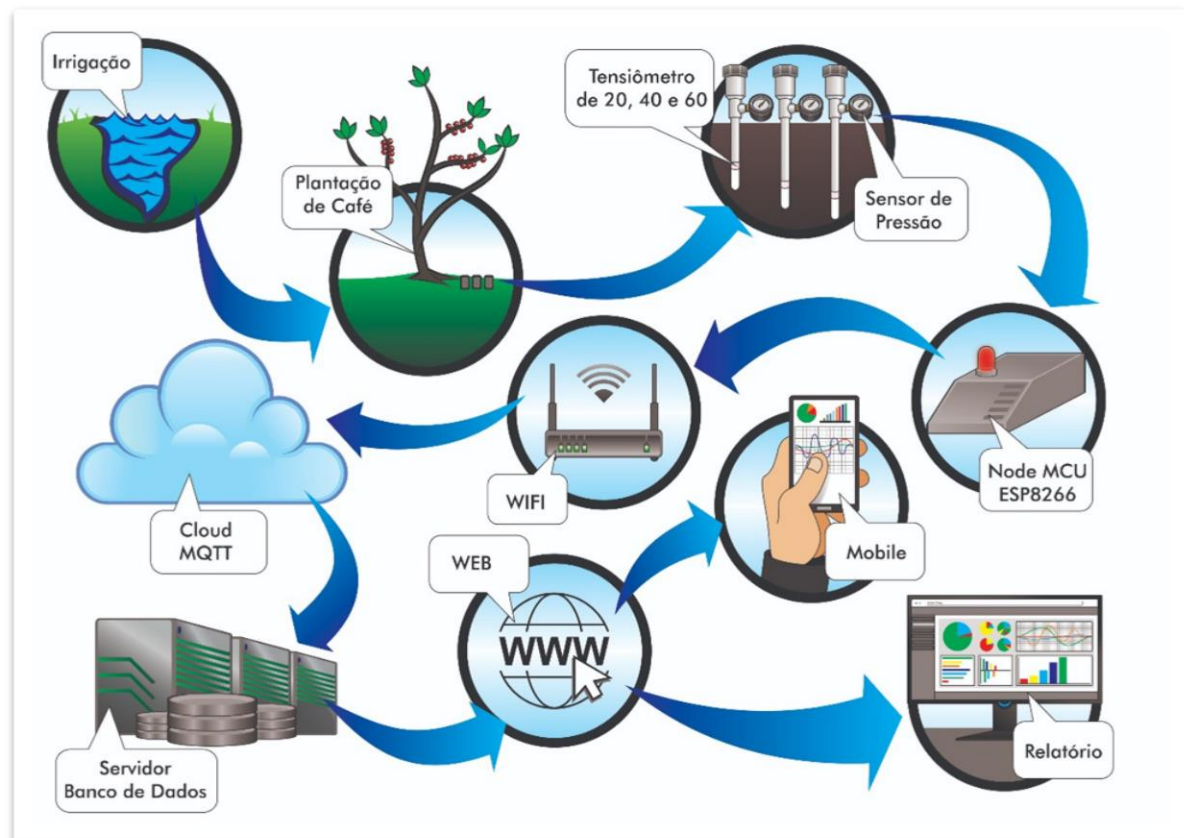
Esta ideia foi amadurecendo e ganhando foco para a performance gerencial e automatizada. Nesta versão de desenvolvimento, o projeto Irrigacafé foi definido por três componentes de software de controle: coleta de dados de pressão, *dashboard* para visualização dos dados, e configuração de acesso aos dados também por um aplicativo *mobile open source*.

Na Figura 9 tem-se retratado o processo que envolve o sistema Irrigacafé desde a irrigação dos talhões até os dados apresentados aos usuários juntamente com as três etapas propostas.

As culturas cafeeiras necessitam de irrigação que tem por objetivo o fornecimento controlado de água em quantidades suficientes e no momento certo, assegurando a produtividade e sobrevivência da plantação. O tensiômetro é responsável pelo controle da umidade do solo, sendo instalados em 3 profundidades diferentes, e esses conjuntos são distribuídos para amostragem de áreas de aproximadamente 10 hectares.

Os tensiômetros de 20 cm retratam o perfil da raiz, os de 40 cm para identificar a movimentação de água no solo, e os de 60 cm são utilizados para controle de excesso de umidade. No modelo de protótipo proposto, o tensiômetro será composto com a adaptação do sensor MPX 5100DP (transdutor de tensão), mangueira de borracha para fazer conexão com o tubo do tensiômetro vacuômetro fornecendo assim maior precisão, conforme Figura 10.

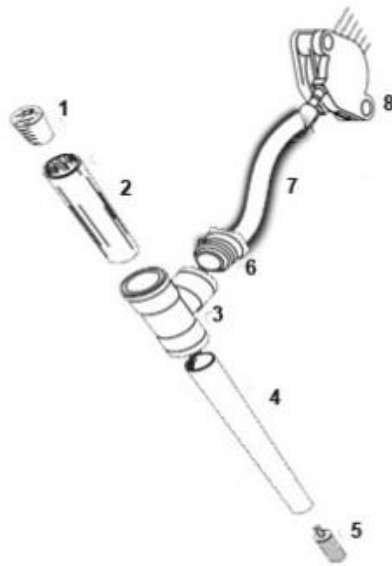
Partindo da conexão do sensor de pressão ao tensiômetro, o transdutor de pressão MPX 5100DP foi conectado ao microcontrolador NodeMCU ESP8266. Nesta construção o sistema de aquisição dos dados, conta com o microcontrolador conectado à *proto-board*, uma conexão do sensor de umidade e temperatura DHT11 com sinal digital, fios/*jumper* macho e fêmea para realizar as ligações eletrônicas, uma fonte ajustável YwRobot com conversão para 5V e 3.3V para alimentação do sensor MPX 5100DP, e uma fonte chaveada para alimentação de todo o sistema.

Figura 9 – Diagrama de Fluxo de processo Irrigacafé

Fonte: autoria própria

A programação foi desenvolvida com a IDE Arduino, onde o *sketch* (conjunto de código) contém rotina de conexão WiFi testando o sucesso da conexão, seguido da rotina de conexão com o servidor CloudMQTT e do teste de sucesso, e enviados os dados quatro vezes ao dia para o serviço realizando a publicação dos valores (método *publish*).

Foi construída uma *Application Programming Interface* (API) em NodeJS responsável por subscrever (método *subscribe*) os dados estabelecendo conexão de soquete entre o navegador e o servidor, conhecida como conexão cliente/servidor. A API realiza a conexão com o servidor CloudMQTT recolhendo os dados do servidor e trazendo ao servidor local para processamento e apresentação em um *dashboard*.

Figura 10 – Layout do Tensiômetro Digital

Fonte: autoria própria

Legenda: 1) Cap; 2) Tubo de Vidro; 3) T de plástico; 4) Tubo de plástico PVC; 5) Cápsula de Cerâmica; 6) Conector; 7) Mangueira de pressão e 8) sensor de pressão.

O *dashboard web* foi feito com *framework* Angular 6 que possibilita ao usuário acompanhar as leituras das amostragens dos três tensiômetros. Ele gerencia as leituras, com a possibilidade futura de coletar dados de consumo de água para irrigação. O módulo de apresentação oferece uma opção de listagem das leituras do sensor de pressão podendo gerar relatórios em padrão PDF, informando os dias e quais foram as leituras realizadas nos três tensiômetros. O sistema *web* também permite o gerenciamento de tarefas agendadas pela listagem e organização das tarefas que devem ser executadas na lavoura. O usuário é capaz de incluir, editar, excluir e/ou finalizar uma tarefa permitindo assim acesso a uma ferramenta de gestão de atividades proporcionando solução para fazer da produtividade e da organização características decorrentes do dia-a-dia.

Por fim um aplicativo *open source mobile* que foi configurado com os dados do protocolo MQTT para acessar os dados no servidor mostrando no *display* as informações de umidade do solo medidas pelos sensores de pressão.

5. Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos de todos os componentes propostos no projeto, onde observa-se que a utilização de métodos de análises adotados para o desenvolvimento como levantamento de requisitos, diagramas de

UML, prototipação de telas para interfaces focando nas práticas de UX/UI possibilita ter uma visão clara das regras de negócio do sistema, a definição prévia dos processos foi crucial para entender os aspectos morfológicos e fisiológicos de necessidade hídrica das plantas. Se não tivesse tido este conhecimento, de como a planta do café necessita de controle para que seja produtiva a colheita e gere frutos de qualidade, não seria possível atingir a completude dos sistemas para a fase de implementação, onde as ideias, e melhorias foram surgindo durante o desenvolvimento e acrescentaram ao projeto várias melhorias com pouco esforço de retrabalho.

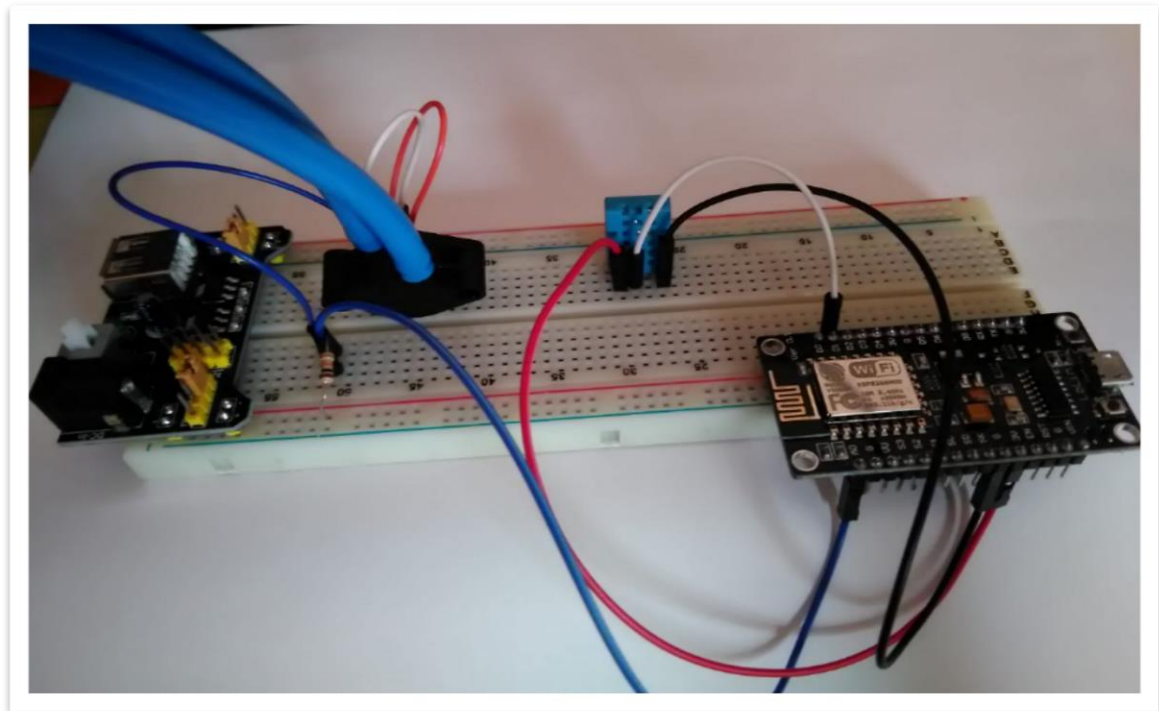
Inicialmente foi criada toda a estrutura necessária para que fosse realizada a coleta de dados dos componentes embarcados; foi criada uma conta no servidor CloudMQTT para subscrever os dados em nuvem; e em terceiro momento foi desenvolvido o *dashboard web*. Para se obter sucesso em um projeto respeitando os prazos, é necessária a adoção de metodologias ágeis. Durante este projeto foi utilizado a metodologia Kanban, com *sprints* de entregas mensais e reuniões quinzenais, e a metodologia Scrum. Além das metodologias ágeis foi utilizado o aplicativo Trello, de gerenciamento de projetos, contendo a lista de tarefas versátil para acompanhamento do projeto.

A seguir são apresentados todos os processos e os resultados finais permitindo um ganho de melhorias nos resultados.

5.1.Desenvolvimento e construção do Sistema Embarcado

Como pode se observar na Figura 11, o circuito foi montado para que sejam realizadas as leituras de temperatura e umidade e da pressão de vácuo no tensiômetro, partindo do envio dos dados por meio de *wifi* para o servidor cloudMQTT. Quanto ao processo de desenvolvimento não houve dificuldade, porém teve um empasse quanto à escolha do sensor de pressão, pois a sua alimentação é de 5V e a placa NodeMCU é de 3.3V. Portanto, para que haja uma boa performance foi adotada a utilização de uma fonte ajustável alimentada com 5V e a utilização de um resistor limitando a corrente elétrica do circuito. A Figura 12 mostra a fonte ajustável colocada na *proto board*.

Figura 11 – Projeto de Hardware Eletrônico

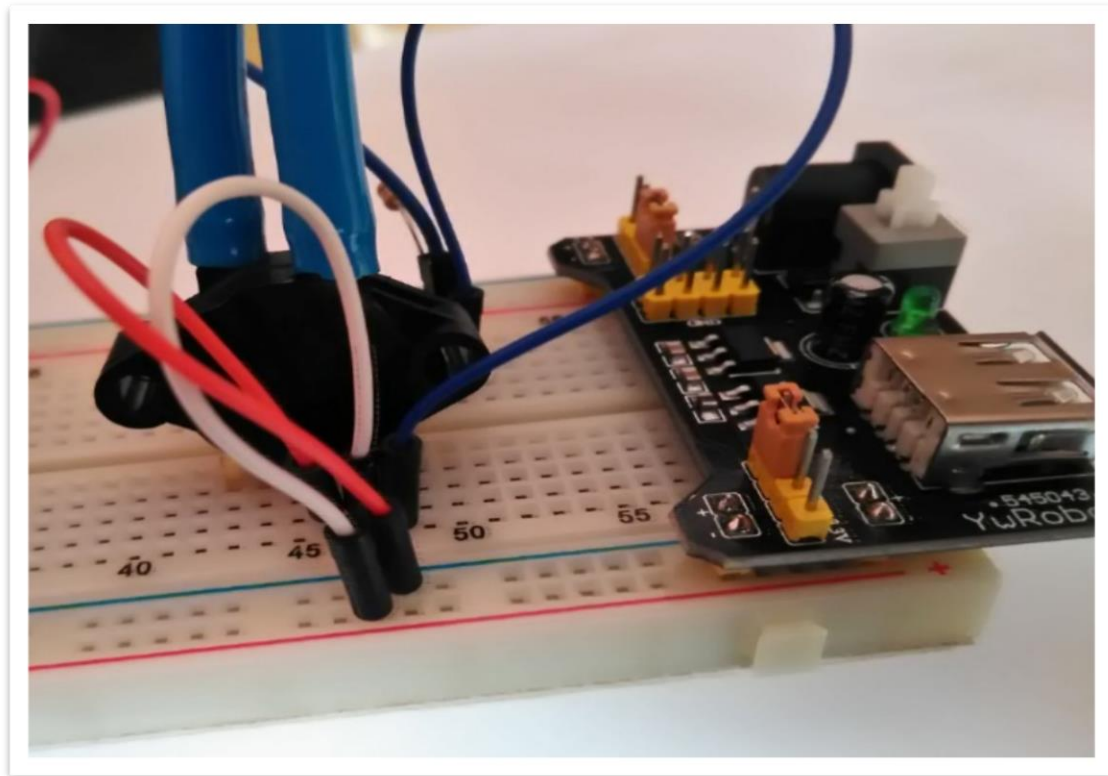


Fonte: autoria própria

5.2. Parametrização da CloudMQTT

O serviço CloudMQTT é oferecido através de servidores em nuvem gerenciados pelo protocolo Mosquitto. A experiência com a criação do projeto foi totalmente satisfatória e a comunicação com o *software* foi um sucesso. Neste processo houve uma dificuldade com a comunicação via Socket da API em NodeJS com o servidor, onde as conexões não conseguiam ser estabelecidas e foram feitas várias pesquisas na internet para conseguir encontrar a solução técnica.

A Figura 13 representa o ambiente CloudMQTT recebendo os dados de temperatura, umidade e as leituras do tensiômetro realizadas pelo sensor de pressão.

Figura 12 – Fonte Ajustável - 5V

Fonte: autoria própria

Figura 13 – Ambiente CloudMQTT

CloudMQTT Projeto Controle Irrigacao evelyn.gomes84@gmail.com

DETAILS
SETTINGS
CERTIFICATES
USERS & ACL
BRIDGES
AMAZON KINESIS STREAM
WEBSOCKET UI
CONNECTIONS
LOG

Websocket

Send message

Topic

Message

Received messages

Topic	Message
umidade	40
temperatura	18
tensiometro	28

Clear session

Clear any data for a client id

Fonte: autoria própria

5.3. Desenvolvimento do *Dashboard Web*

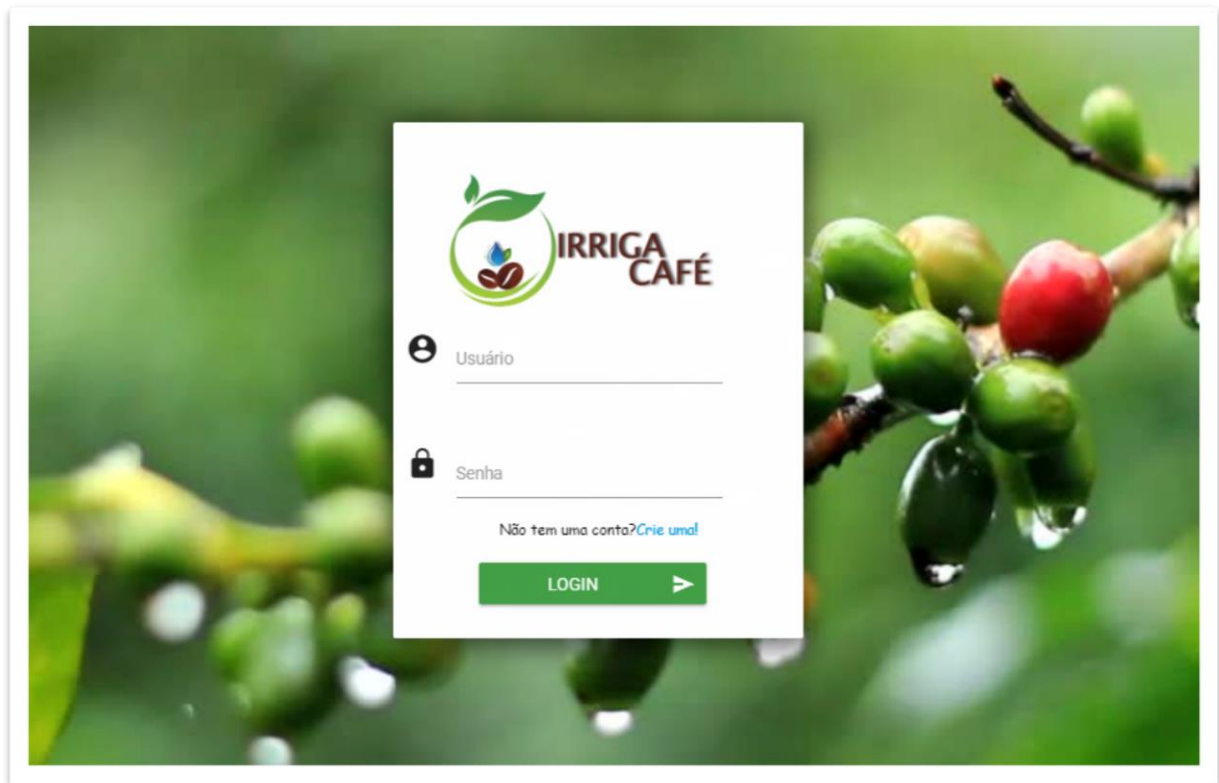
Para o desenvolvimento do *dashboard web* foram utilizadas tecnologias que se comportaram de uma forma benéfica e produtiva para o projeto apresentado, podendo ser consultado no github⁵ deste projeto. A estilização utilizada pelo *framework* Materialize apresenta um *design* sofisticado e limpo para a experiência do usuário e este resultado de estilização pode-se observar nas Figuras 14 a 17.

Figura 14 – Prototipação de uma tela de cadastro de usuários

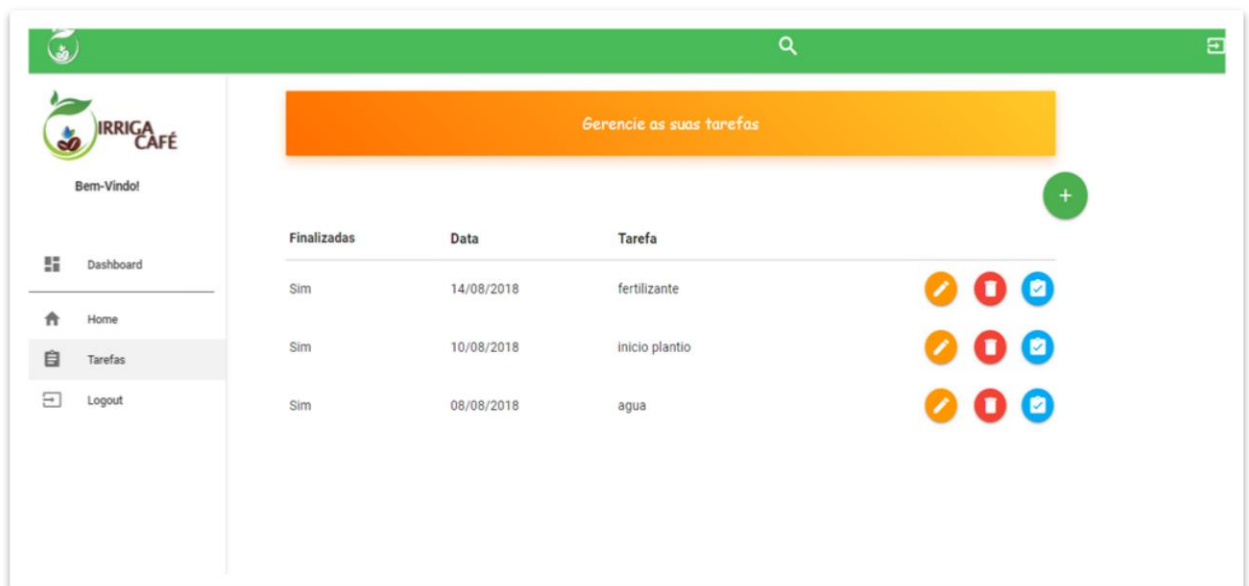


Fonte: autoria própria

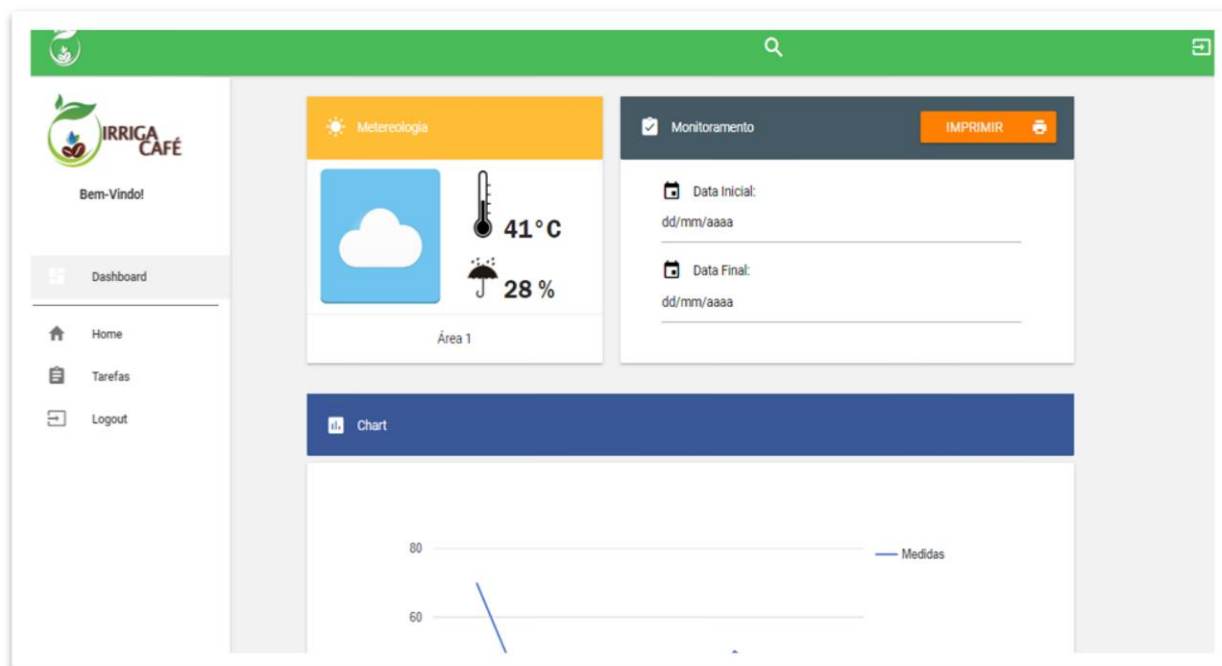
5 Endereço: https://github.com/gomesevelyn/TCC_SI_2018_Irrigacafe/tree/master/Web_Irrigacafe_System

Figura 15 – Prototipação de uma tela de Login

Fonte: autoria própria

Figura 16 – Prototipação de uma tela de Gerenciamento de Tarefas

Fonte: autoria própria

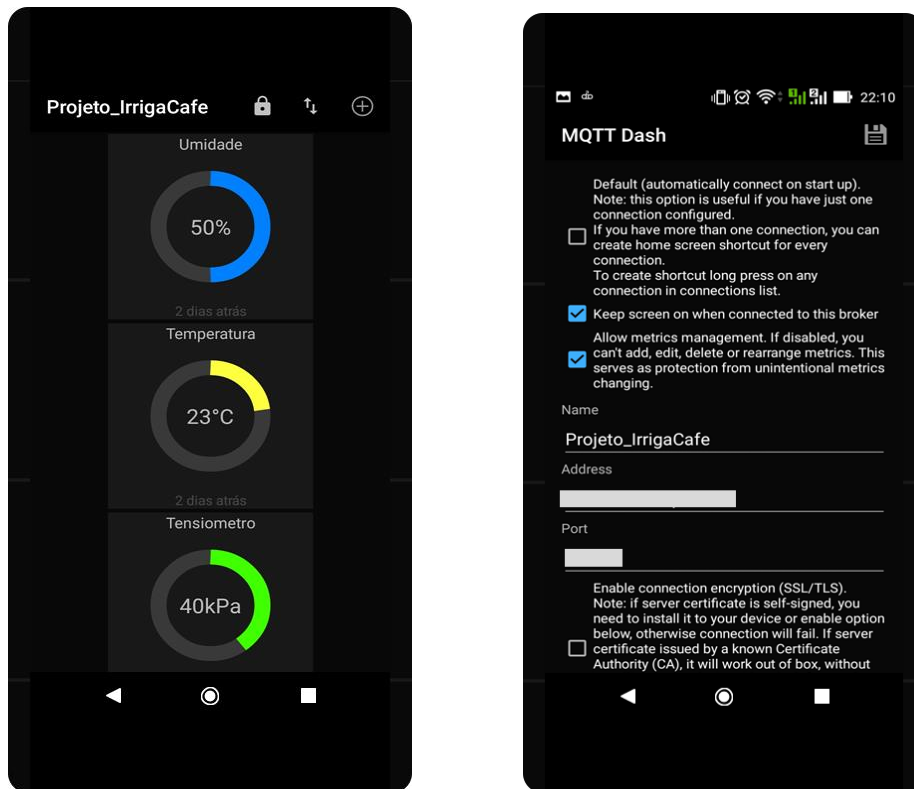
Figura 17 – Prototipação da tela de *dashboard*

Fonte: autoria própria

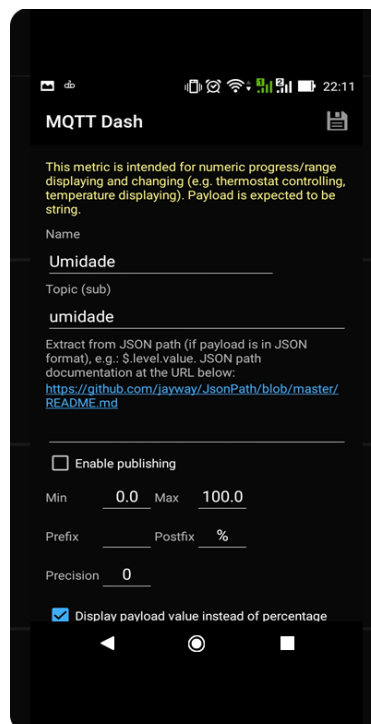
5.4. Parametrização dos dados CloudMQTT para o aplicativo *mobile open source*

Durante as pesquisas realizadas pode-se observar que existem *softwares open source* que oferecem soluções ao usuário de um produto com relação custo x benefício que se adapta aos processos da cloudMQTT. O *software* utilizado foi o MQTTDASH que necessita ser instalado pelo Google Play e configurado para acessar o ambiente cloudMQTT informando o endereço e porta de acesso, juntamente com o usuário e senha. Conforme a Figura 18 os *softwares* desta classe possuem um perfeito funcionamento e com ele consegue-se ter um acompanhamento em tempo real dos dados coletados em campo.

Pode-se observar na Figura 19 a configuração do tópico do CloudMQTT para receber os dados.

Figura 18 – Telas de configuração do aplicativo MQTTDash

Fonte: autoria própria

Figura 19 – Telas de configuração do componente do *dashboard*

Fonte: autoria própria

6. Considerações Finais

O presente projeto apresentou uma análise sobre o cenário encontrado atualmente no ambiente agrícola. Devido a alguns fatores sócio econômicos, pequenos e médios agricultores optam por realizar o manejo e controle de irrigação com métodos manuais e arcaicos. A automação de sistemas de controle e de irrigação vem aumentando gradativamente com o surgimento de técnicas apropriadas e a modernização e sistematização crescente da agricultura e depara-se com a necessidade da busca de otimização de recursos e redução de custos.

As vantagens existentes em se utilizar automatização de processos vão além de apenas redução de custos, podendo proporcionar a redução de atividades insalubres a mão de obra, livre acompanhamento 24 horas em tempo real do ambiente que se encontram instalados no campo, eficiência e precisão em tempo real, dentre outros.

Neste cenário o objetivo do projeto é apresentar ao setor agrícola a utilização de sistemas embarcados, que crescem a todo momento e possuem uma curva de aprendizagem e resultados esperados para controle destes processos, além de poderem ser acessados e controlados de qualquer lugar, realizando-se apenas um comando.

Outra alternativa apresentada é a utilização de sistemas de código aberto, conhecidos como *open source*, disponíveis para a comunidade de desenvolvedores. Esses códigos possuem fácil uso e adaptação e para a configuração e testes deste projeto apresentaram grandes resultados.

Diante de algumas dificuldades encontradas e outras experiências de sucesso, são evidentes os desafios para a realização do projeto como por exemplo para o desenvolvimento do *software* poderiam ter sido utilizados outras linguagens de programação dentre as inúmeras existentes, mas os *frameworks* utilizados proporcionaram maior liberdade de uso devido ao conhecimento da linguagem adotada.

Com o desenvolvimento deste projeto, pode-se considerar que o protótipo está na versão Beta, sendo necessário, como em qualquer projeto, a implementação para amadurecimento e futuras correções. Os pontos indicados que poderão ser implementados futuramente, como, por exemplo, a instalação de um *display* no circuito para que o usuário no campo consiga visualizar a medição do sensor; implementação processos de tomada de decisão para acionar a irrigação automaticamente e futuras implementações para controle de volume de água gastos durante a irrigação da cultura.

O esforço e dedicação envolvidos durante a execução do projeto foram válidos e contribuíram para um aprendizado para obtenção de informações e práticas na construção de projetos para melhor experiência profissional.

Referências

AUTOMALABS, Sensores diferenciais de pressão. Disponível em:

<<http://www.automalabs.com.br/sensores-de-pressao-freescale-mpx5010-e-mpx5050/>>.

Acesso em: 01. mai. 2018.

ARDUINO, Arduino – Introdução. Disponível em:
<<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 11. mar. 2018

AZEVEDO, J. A de; SILVA, E. M. da. Tensiômetro: Dispositivo prático para controle da irrigação, (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001). Planalina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p.

BONOMO, Diego Zancanella et al. Alternativas de Manejo de Água de Irrigação em Cultivos de Conilon, Lavras, v. 9, n. 4, p. 537- 545, out./dez. 2014.

BLISKA, Flávia M.M et al. Gestão de Pesquisa e Desenvolvimento visando a Competitividade da Cadeia Produtiva do Café do Estado de São Paulo. Fapesp, 2005.

CHAWLA, Akhilesh et al. Bluetooth Based Weather Station. University of Mumbai, India, 2015.

DORNELAS, José Carlos Assis. Empreendedorismo. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 231p.

ELEC. MPX5100DP Pressure Sensor (air pressure). 2018. Disponível em:
<<https://www.elecdesignworks.com/shop/prod0322/>>. Acesso em: 27. jun. 2018.

FERREIRA, Lucas Tadeu. Seis maiores estados produtores dos Cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017>>. Acesso em: 24. jan. 2018.

FILIFEFLOP. Microcontrolador NodeMCU ESP8266. Disponível em:
<<https://www.filieflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12/>>. Acesso em: 11. mar. 2018.

_____. Sensor de Umidade e Temperatura DHT 11. Disponível em:
<<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>> . Acesso em: 15. ago. 2018b.

JUNIOR, Tarcisio Oliveira de Moraes; FREITAS, Nádia Camila Sousa de. Aplicação Domótica em escala piloto controlado por microcontrolador.

- MACHADO, Elizandra. Modelo de Análise da Influência do capital intelectual no sucesso de *Startups* incubadoras. (Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.
- MARTINS, Ana Luiza. História do Café. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2012. 276p.
- MCROBERTS, Michael. Arduino Básico. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2011. 456p.
- OLIVEIRA, Sérgio de. Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2017. 240p.
- ORANGE PI. Orange PI PC Plus. Disponível em <<http://www.orangepi.org/orangepcplus/>>. Acesso em: 27. jun. 2018.
- OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. Business model canvas. Self published. Last, 2010.
- PARREIRA, João Lucas Campos. Medição de Umidade de solo utilizando tensiômetro e sensor granular adaptados a uma rede de sensores sem fios, (Monografia apresentada ao Dep. de Computação). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- PEREIRA et al. Software embarcado, o crescimento e as novas tendências deste mercado, São Paulo, v. 6, n.6, p.85-94, abril 2014.
- RENA, Alemar Braga. Seca e alta temperatura nos cafezais brasileiros: um estudo de caso e sua amplitude nacional. 2014. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/artigos/artigos-geral/137147-seca-e-alta-temperatura-nos-cafezais-brasileiros-um-estudo-de-caso-e-sua-amplitude-nacional.html#.W6KNhd-YU_5>. Acesso em: 20. fev. 2018.
- RESENDE, Morthson; ALBUQUERQUE, Paulo Emílio Pereira de. Métodos e Estratégias de Manejo de Irrigação, (Circular Técnica). Minas Gerais, 2002.
- RIES, Eric. Startup Enxuta. The lean Startup. Como empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas. 1. ed. São Paulo: Leya, 2012. 288p.
- SANTOS, Alexandre Rosa dos. Zoneamento Agroclimatológico para a Cultura do Café Conilo (*Coffea canéfora L*) e Arábica (*Coffea arábica L*), na Bacia do Rio Itapemirim. 2011, (Tese com exigências do Curso de Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- SILVA, Adriana L. da Silva et al. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro, Campina Grande, v.7, n.1, p.37-44, fev. 2003.
- SILVA, Carina Gomes da et al. O perfil dos empreendedores nas *Startups*: Um estudo de caso na incubadora tecnológica de Santa Maria. 2º Fórum Internacional Ecoinnovar, Santa Maria, RS – 23 e 24 de Setembro de 2013.

SOUZA, Atos Gabriel de, et.al, Whatsapp, inovação empreendedorismo, (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade Promove, Sete Lagoas, 2014.

STUEBER, K. Coffea arabica. 2003. Disponível em:
<http://caliban.mpipz.mpg.de/koehler2/high/DSC_3061.html>. Acesso em: 24. jan. 2018.

TÁVORA, Ana Luiza Tapajós. O café e as Cafeterias. 2005, (Monografia – Especialização em Gastronomia como Empreendimento). Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

TEIXEIRA, Adunias S.; COELHO, Silvana L. Desenvolvimento e Calibração de um Tensiômetro Eletrônico de Leitura Automática. (Artigo Científico). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

TOSI, Pedro Geraldo. Crédito e Pequena Cafeicultura no Oeste Paulista: Franca/SP 1890-21914, Rio de Janeiro, v.61 n.3 / p. 405-426, set. 2007.

WILLIANS, Cristiani Campos et al. Manejo da Irrigação por Gotejamento no Cafeeiro, v.23, n.2, p. 61-69, abril/jun. 2007.