



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS QUIXADÁ**  
**BACHARELADO EM DESIGN DIGITAL**

**DYEGO LUAN DE ABRANTES SOUSA**

**DESIGN DE INTERFACE PARA CONTROLE, MONITORAMENTO E  
AUTOMAÇÃO DO CULTIVO DOMÉSTICO DE PLANTAS**

**QUIXADÁ**  
**2019**

DYEGO LUAN DE ABRANTES SOUSA

DESIGN DE INTERFACE PARA CONTROLE, MONITORAMENTO E AUTOMAÇÃO  
DO CULTIVO DOMÉSTICO DE PLANTAS

Monografia apresentada ao curso de Design Digital da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Design Digital. Área de concentração: Programas interdisciplinares envolvendo Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

Orientador: Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguilár.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Victor Barbosa de Sousa.

QUIXADÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

---

S696d

Sousa, Dyego Luan de Abrantes.

Design de interface para controle, monitoramento e automação do cultivo doméstico de plantas / Dyego Luan de Abrantes Sousa. – 2019.  
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Design Digital, Quixadá, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar.

Coorientação: Prof. Dr. Paulo Victor Barbosa de Sousa.

1. Internet das coisas. 2. Computação ubíqua. 3. Design e tecnologia. 4. Automação - Cultivo. 5. Interface I. Título.

CDD 745.40285

---

DYEGO LUAN DE ABRANTES SOUSA

DESIGN DE INTERFACE PARA CONTROLE, MONITORAMENTO E AUTOMAÇÃO  
DO CULTIVO DOMÉSTICO DE PLANTAS

Monografia apresentada ao curso de Design Digital da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Design Digital. Área de concentração: Programas interdisciplinares envolvendo Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Victor Barbosa de Sousa (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Maria Amanda Menezes Silva  
Instituto Federal do Ceará (IFC)

---

Prof. Dr. Marcio Espíndola Freire Maia  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que contribuíram nessa jornada, sobretudo a Marcelo Costa.

Agradeço a meus orientadores, por me acompanharem nesse percurso.

Às contribuições da banca examinadora, que certamente enriquecerão o trabalho.

Obrigado a todos que, por meio de seus exemplos, me mostraram o que eu não deveria fazer e como eu não deveria ser.

Ao povo brasileiro, cujos impostos custearam todas as aulas que assisti.

“Esta divisão em polos positivos e negativos pode parecer de uma facilidade pueril. Exceto num caso: o que é positivo: o peso ou a leveza?”

Milan Kundera

## RESUMO

Interfaces digitais são responsáveis por auxiliar os seres humanos na execução de diversas atividades diariamente, como comunicar-se *online* por meio de *smartphones* ou acompanhar a própria frequência cardíaca por meio de um *smartwatch*. Tendo em vista a possibilidade de desenvolver novas ferramentas carregadas de tecnologias digitais, desejou-se auxiliar pessoas que anseiam por cultivar plantas em casa, mas não possuem espaço adequado, não têm tempo ou não sabem cuidar de plantas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento inicial de uma ferramenta que facilita o controle, monitoramento e automação do cultivo de plantas no interior de residências. Para desenvolvimento desta empreitada foram executados levantamentos de materiais bibliográficos e de demais documento, quando buscou-se compreender sobre o design de interfaces digitais, a miniaturização e uso dos componentes eletrônicos digitais, paradigmas surgidos com a introdução da computação no contexto global e fatores importantes para o cultivo de plantas. Lançou-se mão dos conceitos internet das coisas, computação ubíqua e pervasiva para fundamentar, traçar caminhos a serem seguidos e elencar requisitos para a ferramenta durante a etapa de proposta de solução. A facilidade de acesso a componentes eletrônicos dos mais variados tipos permitiu que sensores, microcontroladores, atuadores e outros componentes eletrônicos fossem estudados e utilizados para a montagem do protótipo. Programou-se o microcontrolador; desenvolveu-se uma aplicação Android e, por fim, na etapa de avaliação da proposta, realizaram-se testes e obteve-se um protótipo funcional de uma miniestufa residencial.

**Palavras-chave:** Automação e controle de cultivos. Design de interfaces digitais. Internet das coisas. Computação ubíqua.

## ABSTRACT

Digital interfaces are responsible for assisting humans in performing various activities daily, such as communicating online via smartphones or tracking their heart rate through a smartwatch. In view of the possibility of developing new tools loaded with digital technologies, it was desired to assist people who yearn to grow plants at home, but do not have adequate space, do not have time or do not know how to care for plants. This paper presents the initial development of a tool that facilitates the control, monitoring and automation of plant cultivation inside homes. For the development of this endeavor, surveys of bibliographic materials and other documents were performed, when seeking to understand the design of digital interfaces, the miniaturization and use of digital electronic components, paradigms that emerged with the introduction of computing in the global context and important factors for the cultivation of plants. The concepts of internet of things, ubiquitous and pervasive computing were used to substantiate, outline paths to be followed and list requirements for the tool during the solution proposal stage. The ease of access to various types of electronic components allowed sensors, microcontrollers, actuators and other electronic components to be studied and used for prototype assembly. The microcontroller has been programmed; An Android application was developed, and finally, in the proposal evaluation stage, tests were performed and a functional prototype of a residential mini-greenhouse was obtained.

**Keywords:** Automation and control of crops. Design of digital interfaces. Internet of things. Ubiquitous computing.

## LISTA DE FIGURAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Figura 1 | – MEG – Open Source Indoor Greenhouse .....                               | 22 |
| Figura 2 | – Seedo .....   | 23 |
| Figura 3 | – Cartuchos para uso no Seedo.....  | 24 |
| Figura 4 | Automação do cultivo de <i>baby leaf</i> com iluminação artificial.....   | 25 |
| Figura 5 | – Estufa de um hectare em Itabirito – MG.....                             | 26 |
| Figura 6 | – Estrutura física da estufa, projeto e produto concebido.....            | 30 |
| Figura 7 | – Telas da aplicação Android.....   | 35 |
| Figura 8 | – Idealização do vaso.....  | 36 |
| Figura 9 | – Fluxo simplificado de processos executados na automação do cultivo..... | 37 |
| Figura10 | – Esquema inicial de montagem do motor.....                               | 40 |

## LISTA DE TABELAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | – Comparativo de tecnologias e materiais utilizados nas soluções..... | 27 |
| Tabela 2 | – Etapas de execução do trabalho.....                                 | 28 |
| Tabela 3 | – Cronograma de execução do trabalho.....                             | 29 |
| Tabela 4 | – Componentes eletrônicos do circuito.....                            | 31 |
| Tabela 5 | – Controladores, sensores e atuadores utilizados.....                 | 34 |
| Tabela 6 | – Bibliotecas utilizadas no Arduino e suas funções.....               | 37 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                 |  |
|-----------------|--|
| CO <sup>2</sup> | Dióxido de carbono, composto químico utilizado na fotossíntese.  |
| C++             | Linguagem de programação compilada multiparadigma.   |
| HTTP            | <i>HyperText Transfer Protocol</i> ou protocolo de transferência de hipertexto.  |
| LED             | <i>Light Emitting Diode</i> ou diodos emissores de luz.  |
| MQTT            | <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>   |
| NFC             | <i>Near Field Communication</i> ou comunicação por campo de proximidade.   |
| NPK             | Fertilizante que contém nitrogênio, fósforo e potássio em sua composição.  |
| pH              | Potencial Hidrogeniônico - escala numérica adimensional utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa. |
| PVC             | Policloreto de vinila, um polímero plástico sintético.   |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 13 |
| <b>1.1 Delimitação do projeto</b> .....   | 14 |
| <b>1.2 Justificativa</b> .....  | 14 |
| <b>1.3 Objetivos</b> .....  | 15 |
| <i>1.3.1 Objetivo geral</i> .....   | 15 |
| <i>1.3.2 Objetivos específicos</i> .....  | 15 |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....  | 16 |
| <b>2.1 Design de interfaces digitais</b> .....  | 16 |
| <b>2.2 A miniaturização dos componentes eletrônicos digitais</b> .....                    | 17 |
| <b>2.3 Sensoriamento remoto</b> .....   | 18 |
| <b>2.4 Internet das coisas</b> .....  | 19 |
| <b>2.5 Computação ubíqua e computação pervasiva</b> .....                                 | 20 |
| <b>2.6 Iluminação artificial para plantas</b> .....                                       | 20 |
| <b>2.7 Ambientes de cultivo protegido</b> .....   | 21 |
| <b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....   | 22 |
| <i>3.1 MEG – Open Source Indoor Greenhouse</i> .....                                      | 22 |
| <i>3.2 Seedo - Automated Home Grow System</i> .....                                       | 23 |
| <b>3.3 Sistema de automação para cultivo de baby leaf com iluminação artificial</b> ..... | 24 |
| <b>3.4 Estufa em Itabirito</b> .....  | 25 |
| <b>3.5 Comparação de tecnologias utilizadas</b> .....                                     | 26 |
| <b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....  | 28 |
| <b>4.1 Cronograma de execução</b> .....   | 29 |
| <b>5 DESENVOLVIMENTO</b> .....  | 30 |
| <b>5.1 Protótipo da estufa</b> .....  | 30 |
| <i>5.1.1 Arduino</i> .....  | 32 |
| <i>5.1.2 ESP8266</i> .....  | 32 |
| <i>5.1.3 Iluminação</i> .....   | 32 |
| <i>5.1.4 Ventilação</i> .....   | 33 |
| <i>5.1.5 Regas</i> .....  | 33 |
| <i>5.1.6 Sensores e alimentação</i> .....   | 33 |
| <b>5.2 Protótipo da aplicação Android</b> .....   | 34 |
| <b>5.3 Protótipo do vaso</b> .....  | 36 |
| <b>5.4 Programação</b> .....  | 37 |
| <b>6 RESULTADOS</b> .....   | 39 |
| <b>6.1 Erros na prototipagem da estrutura física</b> .....                                | 39 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6.2 Comportamento inesperado durante manipulação da bomba centrífuga .....</b> | <b>40</b> |
| <b>6.3 Oxidação da sonda do módulo higrômetro .....</b>                           | <b>41</b> |
| <b>6.4 RC-522 em desenvolvimento.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>6.5 Memória RAM do Arduino UNO .....</b>                                       | <b>42</b> |
| <b>7 TRABALHOS FUTUROS .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>7.1 Controlador com maior capacidade de processamento e memória .....</b>      | <b>43</b> |
| <b>7.2 Protocolos de comunicação e servidor <i>online</i>.....</b>                | <b>43</b> |
| <b>7.3 Armazenamento local de dados e relógio .....</b>                           | <b>43</b> |
| <b>7.4 Design da estrutura física .....</b>                                       | <b>44</b> |
| <b>7.5 Aplicação móvel.....</b>   | <b>44</b> |
| <b>8 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>ANEXO A – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO DA ESTUFA .....</b>                 | <b>50</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das tecnologias digitais permitiu o barateamento e a popularização de componentes eletrônicos, como chips controladores e sensores, de maneira tal a ser possível inserir processamento computacional nas mais variadas ferramentas. Observa-se que as atividades humanas são cada vez mais auxiliadas por recursos tecnológicos que facilitam o trabalho e a execução de uma ampla gama de tarefas. Ademais, outro fenômeno que se observa com a aplicação das tecnologias digitais na execução das atividades humanas é a obtenção de dados, cuja coleta e respectivo tratamento fornecem informações valiosas no aprimoramento das atividades executadas.

Os avanços na produção industrial facilitaram a produção em larga escala dos mais diversos componentes eletrônicos; tornou-se possível desenvolver interfaces digitais capazes de auxiliar os usuários na execução das mais diversas atividades, exemplo disso é a agricultura de precisão. Associando os últimos recursos da tecnologia digital, com “uma agricultura madura” (MOLIN; et al., 2015, p.160), produtores têm a possibilidade da aplicação precisa de insumos. As necessidades individuais das áreas de cultivo são monitoradas remotamente por meio de sensores que permitem a análise dos dados para a identificação de problemas/oportunidades nas lavouras (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002 p. 159-160).

Além de reduzir a carga de trabalho humano, a introdução de tecnologias digitais na agricultura reduz os custos e aprimora a produção de alimentos: é possível identificar as necessidades nutricionais de cada uma das áreas de cultivo monitoradas de modo que a aplicação de insumos pode ser controlada precisamente, sem desperdícios. Tendo em vista reduzir a carga de trabalho humano ao passo que se pode aprimorar a execução de variadas atividades, percebe-se a importância do estudo e desenvolvimento de artefatos, dos mais simples processos automáticos aos complexos sistemas de processamento computacional.

Compreendeu-se que o papel do designer de interfaces digitais é solucionar problemas do cotidiano humano por meio do domínio e aplicação das técnicas/tecnologias digitais, desse modo, permeado pelo contexto aqui delineado, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver uma ferramenta que, por meio da adequada manipulação dos recursos tecnológicos digitais disponíveis, possa auxiliar pessoas com o cultivo de plantas no interior de suas casas, uma vez que estes indivíduos podem não encontrar meios para fazê-lo devido ao tempo, espaço adequado ou domínio das técnicas de cultivo.

Para fornecer uma solução aos problemas supracitados, foram reunidos componentes eletrônicos digitais, como microcontroladores, sensores e atuadores, e montada uma estrutura física que fornece monitoramento e controles dos fatores abióticos<sup>1</sup> para o cultivo de plantas ornamentais ou hortaliças de pequeno porte; a interface aqui proposta pode ser caracterizada como uma miniestufa residencial utilizada para garantir o fornecimento de iluminação, circulação e troca de ar, monitoramento da umidade interna do sistema, temperatura e umidade do solo.

Um aspecto importante da ferramenta a ser considerado é a automação do sistema, tendo em vista que a falta de tempo e o desconhecimento de técnicas de cultivo dos possíveis usuários podem ser fatores que os impeça de praticar o cultivo de plantas. Por fim, a facilidade de uso da ferramenta por meio de uma interface gráfica para dispositivos móveis é uma característica necessária a ser desenvolvida, uma vez que a gerência da ferramenta por meio de uma interface gráfica complexa possa vir a afastar usuários com menos afinidade com tecnologias digitais.

### **1.1 Delimitação do projeto**

O escopo central do projeto é o desenvolvimento de um protótipo de uma miniestufa residencial e uma interface gráfica para dispositivos móveis que permita o controle, monitoramento e automação do cultivo de plantas em residências. A investigação de fatores abióticos ideais para cultivos, assim como sua aplicação, não são partes do escopo deste projeto, mesmo que o protótipo venha a fornecer um ambiente propício para o cultivo.

### **1.2 Justificativa**

Muitas pessoas se entusiasmam com o cultivo de plantas no interior de suas casas ou jardins, sejam elas ornamentais ou hortaliças, mas acabam se deparando com dificuldades ou até a impossibilidade de praticar o cultivo. Promoveu-se, por meio de um formulário *online* divulgado em grupos, fóruns e comunidades *online*, uma consulta aberta ao público, com a qual se buscou levantar dados quantitativos a respeito da prática do cultivo e manutenção de cultivos praticados pelo público em geral, todas as participações foram voluntárias. Os respondentes formaram uma amostra de 70 participantes de oito estados brasileiros, de ambos os sexos e faixa etária entre 16 e 60 anos, dos quais 80% já haviam plantado ou cuidado de alguma planta em algum momento de sua vida; aproximadamente

---

<sup>1</sup> Em ecologia, dizem-se abióticos os fatores que influenciam diretamente no desenvolvimento dos seres vivos, como composição do solo, incidência luminosa, chuva, ventos, temperatura, dentre outros.

77% dos respondentes que não praticaram as atividades supracitadas relataram que, mesmo querendo cultivar, não sabem cuidar das plantas ou falta espaço adequado ou não possuem tempo para os cuidados.

Os dados obtidos com a pesquisa permitiram identificar a oportunidade de oferecer uma ferramenta que auxilie no cultivo de plantas, ornamentais ou alimentícias, sem que o usuário seja um especialista em cultivo e que possa, até mesmo, automatizar o processo de cultivo tendo em vista a otimização de tempo para os cuidados necessários. Percebeu-se que a maioria dos respondentes está inclinada a praticar o cultivo de plantas ornamentais ou hortaliças em suas casas, além de se apresentar receptiva à ideia de uma ferramenta que auxilie com o cultivo. Tendo isto em vista, propõe-se o desenvolvimento de uma ferramenta que, por meio de uma interface simples, possa auxiliar pessoas a cultivar plantas, mesmo sem espaço, experiência ou tempo suficiente para a prática.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo geral***

Desenvolver uma solução de design digital que permita o cultivo de plantas ornamentais e hortaliças em espaços residenciais por meio de uma estufa automatizada e uma interface gráfica para dispositivos móveis que permita o acompanhamento e controle do cultivo.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Levantar dados sobre o cultivo e manutenção do cultivo de plantas praticado pelo público em geral;
- Estudar soluções digitais que permitem o controle dos fatores abióticos de cultivos;
- Desenvolver o protótipo de uma miniestufa residencial dotada de sensoriamento e processamento computacional capaz de automatizar o cultivo e manter o usuário informado sobre os fatores abióticos do cultivo;
- Desenvolvimento de interface gráfica para dispositivos móveis com a qual o usuário é capaz de obter e exibir os dados dos fatores abióticos do cultivo assim como controlá-lo quando necessário.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão apresentados conceitos que se fizeram necessários à concepção deste trabalho: o design de interfaces digitais no aprimoramento da usabilidade de ferramentas digitais; a miniaturização dos componentes eletrônicos digitais, que se apresenta como resultado de uma série de avanços científicos/tecnológicos que permite o aperfeiçoamento e a redução no tamanho dos componentes eletrônicos; sensoriamento remoto, utilizado para monitorar características de ambientes sem a presença do observador; internet das coisas, conceito que caracteriza a capacidade dos objetos e ferramentas do cotidiano humano de trocarem e processarem informações entre si; computação ubíqua e computação pervasiva, paradigmas que guiam o desenvolvimento de sistemas digitais para a promoção de novas experiências de uso nas interações homem-máquina.

### 2.1 Design de interfaces digitais

O design contemporâneo, desde os primórdios da teoria do gosto (BOURDIEU, 1979, p.109), considera os valores socioculturais para constituir seus produtos e serviços. A partir das teorias do campo, com o uso das tecnologias e métodos de desenvolvimento projetuais, o designer é capaz de moldar a matériaprima e oferecer uma solução às necessidades, anseios e desejos dos indivíduos, atuando diretamente na constituição da cultura material da sociedade. No percurso da revolução tecnológica eletrônica digital em expansão no século XX, o campo de saber do design foi aplicado no desenvolvimento de projetos ligados diretamente com as tecnologias eletrônicas e digitais emergentes, o que “marcou o design em termos tecnológicos, por promover a reformulação dos modos de pensar, conceber, planejar e fazer design” (FARIA, 2017, p.212).

De acordo com Bonsiepe (1997), ao observar a interpretação do conceito de “interface” oferecido pela ciência da computação, percebe-se que o saber próprio do design praticado na indústria possui o mesmo cerne de ação que o design de interfaces digitais, ou seja, nada mais que projetar uma dimensão operacional entre usuário e artefato (BONSIEPE, 1997, p.31). Deste modo, o design de interfaces digitais configura os processos de mediação entre os usuários e artefatos digitais.

Para o design, as tecnologias eletrônicas digitais dos séculos XX e XXI, como microprocessadores e computação em nuvem, são hoje o que eram as tecnologias baseadas na mecânica e termodinâmica no século XVIII e XIX, como máquinas a vapor ou equipamentos mecânicos para estampagem de tecidos, ou seja, meios para a materialização de produtos e

serviços. Desse modo, o designer de interfaces digitais atua como o desenhista industrial de dois séculos atrás, é o indivíduo responsável pelo domínio dos métodos, das técnicas, das tecnologias e dos materiais necessários para a produção eficiente de produtos e serviços.

Com o intuito de promover a popularização de artefatos dotados de tecnologias eletrônicas digitais, nas décadas de 1970, 1980 e 1990, em diversos âmbitos da sociedade, houve um trabalho conjunto entre cientistas, engenheiros de software e psicólogos que se debruçaram na pesquisa e construção de interfaces gráficas permitindo que pessoas comuns pudessem realizar tarefas utilizando sistemas computacionais de maneira fácil e satisfatória (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005, p.30).

Bonsiepe propõe a interface enquanto “o espaço no qual se estrutura a interação entre corpo, ferramenta [objeto ou signo] e objetivo da ação” (BONSIEPE, 1997, p.11-12) de modo que a ação comunicativa que o objeto possui se funde com a sua ação instrumental, enquanto ferramenta. Ao passo que a interface oferece ao objeto inerte os atributos potenciais de uma ferramenta, ela também atua como um meio para o percurso comunicativo na transmissão de informações. Pode-se afirmar que a interface transforma objetos não interativos em produtos, sinais em informação interpretável e a presença física em manipulabilidade (BONSIEPE, 1997, p.12).

## **2.2 A miniaturização dos componentes eletrônicos digitais**

Uma notável soma entre o aperfeiçoamento científico, desenvolvimentos tecnológicos e aprimoramento do maquinário industrial permitiu a criação de artefatos cada vez menores, favorecendo o adensamento dos circuitos eletrônicos em espaços cada vez menores (MELO; GUTIERREZ; ROSA, 2019). Associado à revolução eletrônica digital, o processo de miniaturização culminou na criação de diversos dispositivos eletrônicos digitais, de tamanhos reduzidos, aplicados em diversos âmbitos do cotidiano humano.

Com a capacidade de produzir componentes eletrônicos cada vez menores, surge a possibilidade de otimizar o espaço e produzir inúmeros produtos dotados de poder de processamento, como computadores, eletrodomésticos, sistemas comerciais, bancários e automóveis (CETENE, [201-?]). Os *smartphones* são exemplos da miniaturização, com os quais hoje se possui um poder de processamento muito mais alto do que a maioria dos computadores de 10 anos atrás. Observa-se que os circuitos eletrônicos são otimizados constantemente desde sua invenção em 1959, tanto na capacidade de processamento quanto nas dimensões dos artefatos, o que permitiu a criação de microcontroladores e de microprocessadores necessários para a computação embarcada ou o uso de computadores

peçoais, como *smartphones*, *notebooks*, *smartwatches* e *desktops*.

### 2.3 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é um bom exemplo para ilustrar a miniaturização dos componentes eletrônicos abordada anteriormente e pode ser compreendido como um método de monitoramento que, por meio do uso de sensores, permite a coleta de informações sobre um objeto de estudo específico sem a necessidade da presença do observador ou contato físico com o meio observado (SHIRATSUCHI, 2014). Os sensores podem possuir os mais diversos aspectos físicos e tamanhos, eles respondem a estímulos, sejam físicos ou químicos, e podem ser aplicados para uma infinidade de atividades:

[...] sensores remotos apresentam diferentes características que fazem com que sejam úteis às mais variadas aplicações, desde estudos globais, programas de monitoramento contínuo em grandes áreas, até estudos pontuais em escalas detalhadas como o ambiente urbano ou a agricultura de precisão. (SHIRATSUCHI, 2014, p. 65)

Muitos são os usos que se pode dar para os sensores e a possibilidade de análise remota e em tempo real dos dados por eles fornecidos, pode-se observar como exemplo disso a diversidade de sensores baseados em Internet das Coisas fabricados e comercializados pela multinacional espanhola Libelium, com uma gama de sensores dos mais diversos tipos de aplicação, como detecção de incêndios em florestas, gerência de tráfego, poluição marítima, níveis de radiação, pagamentos de compras, dentre outros (LIBELIUM, [ca. 2019]).

O sensoriamento remoto aplicado à agricultura, por exemplo, permitiu o surgimento da agricultura de precisão, o que possibilitou uma gerência mais precisa das lavouras. Como afirma Molin (2015, p. 5), “desde que a agricultura existe, sempre houve motivos para se diferenciar os tratos culturais nos pastos, pomares e lavouras em razão de alguma diferença interna das áreas”, para tanto, com as vantagens surgidas do avanço da evolução da tecnologia digital, começou-se a fazer uso de ferramentas digitais, como sistemas de geomapeamento e aplicação de sensoriamento digital nos pastos e lavouras. Pode-se afirmar que agricultura de precisão é a “gestão das lavouras com um nível de detalhamento que permite considerar e tratar devidamente a variabilidade intrínseca destas” (MOLIN, 2015, p. 12), ademais, a aplicação do sensoriamento é vantajosa, uma vez que esse método permite coletar uma quantidade muito maior de dados em comparação com as técnicas tradicionais de monitoramento, além de permitir uma análise mais detalhada da produção (MOLIN, 2015, p. 114).

## 2.4 Internet das coisas

Atualmente presencia-se uma rápida e contínua evolução dos sistemas digitais e sua inserção nos mais diversos âmbitos da sociedade, como o uso de objetos conectados por meio da internet, promovendo trocas constantes de dados e informações que otimizam a execução das tarefas dos usuários (KARADIMAS et al., 2016, p.1). A internet tornou-se um meio que permite diversas interfaces digitais conectarem-se entre si e, a partir dessa conexão, novos dados, trocas de informações e modos de análises possam existir. Precursora e base para os avanços na comunicação e informação, a internet permitiu a criação de uma rede complexa de dados e informações que auxiliam os meios de produção por meio do entrecruzamento desta grande massa de dados (PELLANDA, 2003, p.6-7). A internet, a princípio, permitiu conectar pessoas, mas agora esta rede também permite conectar coisas; a construção de dispositivos conectados permite que os seus usuários possuam dados mais vastos a respeito da execução de suas tarefas contribuindo com “experiências de uso mais positivas” (CAVALCANTE, 2018, p.24).

Diversos campos de ação humana são agora suportados por dispositivos digitais, como no controle de cargas por meio de etiquetas de radiofrequência (FREUND et al., 2016, p.15) ou no campo da agricultura, com o monitoramento e automação dos plantios por meio de sensores presentes no solo e em satélites. Tais usos da tecnologia digital contribui, além de um aumento da produtividade, uma melhora na qualidade dos produtos e na preservação do meio ambiente (CURVINEL; TORRE-NETO, 1999, p.1-2).

Pode-se entender a Internet das Coisas como algo que, “além de possibilitar a comunicação a qualquer tempo e em qualquer lugar, agora também considera a comunicação de qualquer coisa” (DINIZ, 2006, p.59). A otimização dos processos e recursos de produção são fatores beneficiados pelo uso da internet das coisas, uma vez que se consegue obter dados, processá-los e transformá-los em estimativas para aplicação adequada de recursos, como na produção agrícola e uso de recursos naturais:

A busca pela otimização no uso dos recursos naturais e insumos fará com que a fazenda do futuro seja massivamente monitorada e automatizada. Sensores dispersos por toda a propriedade e interligados à Internet gerarão dados em grande volume, variedade e velocidade (Big Data) que necessitarão ser filtrados, armazenados (computação em nuvem) e analisados. (MASSRUHÁ; LEITE, 2016, p. 85)

Pode-se compreender que o uso de dispositivos inteligentes e conectados emerge como uma necessidade do tempo, que são responsáveis não apenas pelo tratamento dos inúmeros dados gerados, mas também responsáveis por intervenções pontuais que priorizem a otimização de custo, produção e impactos causados ao meio ambiente (MASSRUHÁ, 2015)

proporcionando aumento da produtividade, seja na indústria ou no campo, e maior economia de recursos (FREUND, et al., 2016, p.18).

## **2.5 Computação ubíqua e computação pervasiva**

A computação ubíqua, proposta por Mark Weiser (1991, p.94-104), propõe um uso das interfaces digitais no qual os computadores desaparecem numa fusão com o ambiente e se dá sem que o usuário note a interação direta com o computador. Como observa Preece; Rogers e Sharp (2005), a proposta da computação ubíqua transcende a compreensão individual da redução ou mobilidade dos computadores e dispositivos eletrônicos digitais, as autoras propõem que tais artefatos devem funcionar como extensões das capacidades humanas. A computação ubíqua apresenta-se num contexto dinâmico no qual sua existência depende da relação de seus usuários entre si e com o mundo (CAVALCANTE, 2018, p. 24).

A reflexão sobre a computação ubíqua gerou um novo paradigma de interação, ao qual se deu o nome de computação pervasiva. Este, por sua vez, enuncia a conexão entre dispositivos inteligentes e que, conectados uns aos outros, trocam e processam informações entre si. A computação ubíqua propõe que o usuário, por meio do uso de diversas interfaces digitais, deve “acessar e interagir com as informações a qualquer hora e a qualquer momento” (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005, p.82).

O paradigma dos ambientes atentos, por sua vez, lança mão da computação ubíqua e da computação pervasiva para propor um paradigma de interação no qual ambientes ricos em sensores e sistemas computacionais tornam-se independentes para exibir informações, prever tarefas e auxiliar os usuários em sua execução (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005, p.84).

Ao pressupor a existência de interfaces que permitam o usuário receber e interagir com informações sem o manuseio direto de dispositivos eletrônicos digitais, somadas à existência de fluxos de dados e informações que permeiam e interligam espaços físicos, atentos às ações dos usuários e características do ambiente, delineia-se uma silhueta de uma possível ferramenta de trabalho humano na qual as tecnologias digitais contemporâneas tornam-se sensíveis à presença dos usuários, capturam e processam dados, transmitem informações, monitoram e executam alterações no ambiente, preveem ações e previnem problemas.

## **2.6 Iluminação artificial para plantas**

A iluminação é um fator abiótico indispensável no cultivo de plantas. É por meio

da iluminação, seja ela natural ou artificial, que as plantas podem realizar o processo de fotossíntese e gerar a energia necessária para o seu pleno desenvolvimento (NUNES, 2013). A fotomorfogênese é um processo caracterizado por um conjunto de mudanças físicas nas estruturas das plantas ocasionadas pelos efeitos da luz que incide sobre as plantas. As respostas fotomorfogênicas são alterações promovidas nas estruturas das plantas e são ativadas por fotorreceptores que captam a luz, sobretudo nos espectros vermelho e azul, são elas que regulam os processos de crescimento, floração e produção de sementes (MALUF et al., 2011).

Cultivos de plantas em ambientes onde a iluminação natural não é suficiente ou não existe, necessitam da utilização de um suprimento de luz artificial, como por meio do uso de diodos emissores de luz (*leds*), resultados da miniaturização dos componentes eletrônicos e dos avanços tecnológicos. Destacam-se de outras fontes artificiais de luz por serem eficientes em gerar luz, produzir pouco calor, possuir longo período de vida, pelos comprimentos de onda específicos, além de serem leves e pequenos (ROCHA et al., 2010, p. 1923). Além dessas características do *led*, deve-se perceber a vantagem econômica em longo prazo na utilização de *leds*, uma vez que se pode afirmar que, mesmo sendo mais caras que fontes luminosas convencionais, em longo prazo são financeiramente vantajosas, devido ao menor gasto energético e maior vida útil dos componentes (PADILHA et al., 2015).

## **2.7 Ambientes de cultivo protegido**

Ambientes de cultivo protegido oferecem aos plantios proteção contra intempéries naturais, controle e uniformidade da temperatura e umidade e redução da incidência de pragas (MONTEIRO; CALANDRELLI; ZAMONER, [ca. 2013]). São exemplos de ambientes de cultivo protegido as casas de vegetação e estufas. Casas de vegetação são utilizadas para proteger um determinado cultivo, como flores ou hortaliças, a partir de uma cobertura que permita a passagem da luz, mas que forneça proteção contra a chuva forte e, apesar de poder oferecer outros usos, como retenção de calor, as casas de vegetação são utilizadas apenas para a proteção das culturas contra a ação da chuva; as estufas podem ser classificadas em climatizadas quando possuem mecanismos automáticos de monitoramento e controle da temperatura, umidade relativa e luz, semi climatizadas quando a automação é parcial e não climatizada, quando sua estrutura é a responsável pela transformação dos fatores ambientais sem o uso de mecanismos automatizados (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2006).

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Técnicas de monitoramento e automação de cultivo agrícola vêm sendo desenvolvidas há pelo menos três décadas, mas hoje se pode observar o surgimento de iniciativas que pretendem reduzir o esforço humano no processo de monitoramento e controle do cultivo por meio das tecnologias digitais; permite-se que novas técnicas de cultivo sejam aplicadas, culturas agrícolas, tanto quanto plantas ornamentais, podem crescer em ambientes fechados e podem ser cultivadas sem o monitoramento humano constante. Tendo em vista a necessidade de conhecer o que já foi praticado neste sentido, lançou-se mão sobre exemplos que geram um arcabouço de materiais e métodos que possam auxiliar no desenvolvimento deste trabalho. A seguir serão apresentados os materiais coletados, seguidos de uma análise dos componentes e métodos identificados como úteis à execução deste projeto.

#### 3.1 MEG – *Open Source Indoor Greenhouse*

A ferramenta MEG (ver Figura 1), trata-se de um projeto lançado no site de financiamento coletivo Kickstarter, porém não atingiu o objetivo de financiamento para sua conclusão. O projeto consiste em uma espécie de estufa para cultivo em interiores, cujos parâmetros de iluminação, irrigação, ventilação e aplicação de nutrientes são todos controlados pelo usuário por um aplicativo Android; conectada à rede Wifi ou Bluetooth, os parâmetros poderiam vir a ser compartilhados e utilizados por outros usuários que desejassem repetir o mesmo esquemático de cultivo.

Figura 1 - MEG – Open Source Indoor Greenhouse



Fonte: Kickstarter (2014).

A ferramenta utiliza um microcontrolador Arduino Mega<sup>2</sup>, com sensores de umidade relativa do ar, temperatura e pH do solo, assim como é utilizada para conexão à rede, controle da ventilação baseado em 4 ventiladores independentes, distribuição de nutrientes, baseados em NPK líquido por meio de 4 bombas peristálticas<sup>3</sup> de precisão, e fluxo de água. Por meio da conexão à rede, em uma estrutura baseada em internet das coisas, as estufas podem comunicar-se entre si e transmitir dados para seus usuários. Além de um umidificador de ar ultrassônico e uma resistência térmica, a estufa contém um painel de iluminação contendo 144 unidades de *leds*<sup>4</sup>. Todos os canais de cores podem ser controlados individualmente de acordo com a necessidade identificada pelo usuário.

### 3.2 Seedo - Automated Home Grow System

Figura 2 - Seedo



Fonte: Seedo (2018).

Seedo (Figura 2) é uma solução que suporta diversos tipos de plantas, inclusive orquídeas. Comercializada pelo valor de 2400 dólares<sup>5</sup>, é uma estufa de cultivo *indoor* que controla automaticamente os parâmetros de iluminação, irrigação, ventilação e aplicação de nutrientes; conectada à internet, é necessário apenas que o usuário escolha, por meio de um aplicativo em seu celular, qual espécie está sendo cultivada e todos os procedimentos são executados automaticamente. A estufa é fechada hermeticamente durante o cultivo, portanto, o equipamento necessita da utilização de “cartuchos” que contém nutrientes, água, CO<sup>2</sup> e filtros de ar, todos necessitam serem trocados conforme se esgotam (Figura 3).

<sup>2</sup> <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>

<sup>3</sup> Bomba que permite a circulação de fluidos por meio de um eixo saltado que pressiona uma mangueira flexível cheia de fluido no interior da bomba.

<sup>4</sup> Foram utilizados 34 vermelho de 630nm; 34 vermelho profundo de 670nm; 16 vermelho distante de 730nm; 34 azul profundo de 455nm; 16 azul de 485nm; 8 âmbar de 595nm e 8 verde de 530nm.

<sup>5</sup> <https://www.seedolab.com/order>

Figura 3 – Cartuchos para uso no Seedo



Fonte: Seedo (2018).

O fabricante da ferramenta afirma que não é necessário conhecimento algum de cultivo para utilizar o Seedo, uma vez que todas as configurações de cultivo são fornecidas por espécie através da aplicação para *smartphone*. Outra característica que se pode observar é a presença de uma câmera de vídeo de alta resolução no interior da estufa que permite ao usuário acompanhar o crescimento das plantas sem a necessidade de abrir ou estar próximo ao Seedo. Além dos elementos citados acima e do sistema de iluminação *led* de amplo espectro, não são fornecidos outros detalhes técnicos da composição do sistema.

### 3.3 Sistema de automação para cultivo de baby leaf com iluminação artificial

Paula e Mariano (2016) apresentam o projeto de um sistema de automação para cultivo de alface tipo *baby leaf* com o uso de iluminação artificial (Figura 4) no qual os autores visaram o desenvolvimento de uma solução que atendesse a demanda de produção verticalizada de alimentos, com a pretensão de otimizar o espaço utilizado para o cultivo consequentemente permitindo o aproveitamento dos espaços urbanos, de modo que alimentos possam ser produzidos nas zonas urbanas, ter o tempo de percurso da produção ao consumidor final reduzido e economia dos recursos utilizados na produção.

A ferramenta descrita é composta por uma estrutura de 1,4m de altura, 2,0m de comprimento e 1,6m de largura, envolta em filme de PVC, o que, segundo os autores, permitiu a criação de um microclima que reduziu o desperdício de água. Foram utilizadas na iluminação 12 luminárias Philips *Greenpower*, específicas para cultivo, somando um total de 360W. A irrigação do sistema é feita por um sistema hidráulico; fertilizantes são adicionados à água em um reservatório que é aplicada no cultivo por meio de aspersão.

O controle do sistema foi efetuado por meio de uma placa microcontroladora

Arduino Mega, na qual foram conectados sensores de umidade do solo SEN92355P, um sensor de temperatura e umidade relativa do ar DHT22, sensores magnéticos de nível, além de válvulas solenoides e uma bomba centrífuga. Os dados produzidos pelo sistema foram armazenados em um cartão de memória para análise posterior. Os autores identificaram problemas nas leituras dos dados fornecidos pelo sensor de umidade do solo devido à área de solo monitorada, o que provocou sua impermeabilização superficial, resolveu-se o problema utilizando-se de dois sensores ao invés de um.

Figura 4 – automação do cultivo de *baby leaf* com iluminação artificial



Fonte: Paula e Mariano (2016)

### 3.4 Estufa em Itabirito

Lasi e Feitosa (2017) descrevem o uso de uma estufa (Figura 5) que cobre uma área total de um hectare. Esta estufa encontra-se no município de Itabirito, em Minas Gerais e utiliza, além de painéis de vidro em seu teto e paredes, um sistema computacional embarcado que monitora e controla o ambiente de cultivo. Como é descrito pelos autores, a estufa é alugada, todas as suas partes foram desenvolvidas e construídas na Holanda; a estrutura possui um sistema computacional responsável pelo monitoramento e controle do cultivo; por meio de uma interface gráfica, o usuário pode acessar dados do cultivo em tempo real, além obter o histórico de dados do cultivo, pode controlar os diversos recursos da estufa.

Por meio de um computador *desktop* conectado a uma série de sensores, motores, ventiladores e outros componentes incorporados à estrutura, estes são responsáveis pela leitura e controle das características climáticas no interior da estufa, como a redução da incidência solar por meio da extensão de cortinas, abertura de janelas ou o aumento do suprimento de dióxido de carbono quando os níveis de CO<sup>2</sup> estão abaixo do ideal necessário para a máxima produtividade dos tomateiros.

Figura 5 – Estufa de um hectare em Itabirito - MG



Fonte: Lasi e Feitosa (2017)

### 3.5 Comparação de tecnologias utilizadas

Tanto no MEG, quanto no sistema de automação para cultivo de *baby leaf* com iluminação artificial foram utilizados microcontroladores Arduino, sendo que na primeira foram utilizados, além dos conjuntos de sensores e controle do circuito, comunicação com a rede e entre dispositivos, permitindo o compartilhamento de dados entre usuário e o acompanhamento da produção, no entanto, na segunda, o Arduino foi utilizado apenas para efetuar controle do circuito e registro local dos dados coletados.

Nenhuma das soluções listadas declarou os protocolos utilizados para comunicação com a rede, nem quais componentes do circuito foram responsáveis por esta tarefa. Apesar da ausência desses dados, pressupõe-se, junto ao Arduino, via comunicação serial com um microcontrolador ESP8266, o uso do protocolo MQTT, que permite a troca eficiente de dados, em termos de consumo de banda e energia.

Todas as soluções analisadas utilizaram iluminação *led* em sua estrutura. Com exceção sistema de automação para cultivo de *baby leaf*, as demais soluções promoveram

circulação de ar e troca gasosa de alguma maneira, seja por meio de trocas com o ambiente ou inserção artificial de gases. Não se tomou conhecimento de como a solução MEG registrou a umidade do solo de cultivo, ao passo que o sistema de automação para cultivo de *baby leaf* utilizou higrômetros e o Seedo não possuía solo uma vez que se trata de cultivo hidropônico.

De maneira a listar tecnologias e identificar características e materiais utilizados nas soluções abordadas, elaborou-se a Tabela 1, com a qual foi possível identificar mais claramente oportunidades a serem utilizadas neste trabalho.

Tabela 1 – Comparativo de tecnologias e materiais utilizados nas soluções

| Parâmetros                | Propostas analisadas                  |   |                             |  |
|---------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|--|
|                           | MEG                                   | Seedo   | Cultivo de <i>baby leaf</i> | Estufa Itabirito                                       |
| Controle                  | Arduino                               | Não informado   | Arduino                     | Software para Windows                                  |
| Conectividade             | Wifi - Bluetooth                      | Wifi  | Cabeada                     | Não informada  |
| Interface de uso          | <i>Tablet</i>                         | <i>Smartphone</i>   | <i>Notebook</i>             | <i>Desktop</i>   |
| Iluminação                | <i>Leds</i>                           | <i>Leds</i>   | <i>Leds</i>                 | Sol  |
| Ventilação e troca gasosa | Ventiladores trocam ar com o ambiente | Ventiladores e cartuchos pressurizados  | Não há                      | Ventiladores, suprimento gasoso, janelas de ventilação |
| Umidade do solo           | Não informado                         | Não informado   | Higrômetros                 | Controle manual  |
| Umidade do ar             | Sensores não informados               | Sensores não informados   | Sensores DHT22              | Sensores não informados                                |
| Solo de cultivo           | Substrato                             | Hidroponia  | Substrato                   | Fibra de coco  |
| Proposta deste trabalho   |                                       |   |                             |  |
| Parâmetros                | Tecnologias e materiais               | Justificativa   |                             |  |
| Controle                  | Arduino Uno                           | Componente acessível e de fácil manipulação   |                             |  |
| Conectividade             | ESP8266                               | Componente acessível, barato e de fácil manipulação   |                             |  |
| Interface de uso          | Smartphone                            | Dispositivo amplamente difundido e utilizado  |                             |  |
| Iluminação                | <i>Leds</i>                           | Componente acessível, barato e que permite muitas combinações                                     |                             |  |
| Ventilação e troca gasosa | Miniexaustor                          | Componente eficaz para a proposta pode ser encontrado em sucata eletrônica                        |                             |  |
| Umidade do solo           | Módulo higrômetro                     | Barato e permite customização de suas partes  |                             |  |
| Umidade do ar             | DHT22                                 | Com um único componente se afere umidade e temperatura  |                             |  |
| Solo de cultivo           | Vaso preparado                        | Fornecer os vasos prontos reduz a carga de trabalho dos usuários e favorece a eficácia do cultivo |                             |  |

Fonte: o autor.

#### 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A execução do presente projeto divide-se em três etapas principais, como pode ser observado a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 – Etapas de execução do trabalho

| Etapas                 | Atividades executadas   |
|------------------------|---|
| Estudo de oportunidade | - Definição do problema;<br>- Levantamento bibliográfico;<br>- Pesquisa com o público.                |
| Proposta de solução    | - Proposta;<br>- Pesquisa de trabalhos relacionados;<br>- Análise de tecnologias;<br>- Implementação. |
| Avaliação da proposta  | - Testes e avaliação da solução.  |

Fonte: o autor.

Na etapa do estudo de oportunidade definiu-se qual problema seria trabalhado, desse modo foi possível escolher os caminhos seguidos na execução do trabalho. Uma vez clara a oportunidade de trabalho, iniciou-se levantamento bibliográfico nas áreas de afinidade com o projeto, por meio de uma análise exploratória em literatura e demais materiais pertinentes à compreensão do tema estudado. Realizadas as etapas de definição do problema e levantamento bibliográfico, efetuou-se uma consulta online com o público em geral com o objetivo de obter dados a respeito de suas atitudes, preferências, tendências e interesses com vistas na obtenção de dados que auxiliaram na construção da solução.

Baseando-se nas pesquisas até então realizadas, foi proposta uma solução ao problema identificado e, para auxiliar no processo de construção da solução. Efetuou-se pesquisas sobre trabalhos relacionados à proposta, analisaram-se métodos e tecnologias empregadas nas soluções de modo que se pode: conhecer métodos e práticas; identificar erros e acertos; conhecer materiais e tecnologias. A finalização desta etapa deu-se com a implementação da solução, onde construiu-se o protótipo funcional da miniestufa.

A etapa final consistiu na avaliação do protótipo por meio de testes unitários do sistema e avaliação das funcionalidades apresentadas até então. Foi possível, durante esta etapa, observar problemas, como falhas de execução de determinadas funções ou problemas no circuito; encontrar aspectos de melhoria, como soluções para as falhas identificadas ou oportunidades de melhoria do sistema, como novos materiais ou componentes.

#### 4.1 Cronograma de execução

O projeto foi desenvolvido no período de abril a dezembro de 2018 e seu cronograma de execução pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Cronograma de execução do trabalho

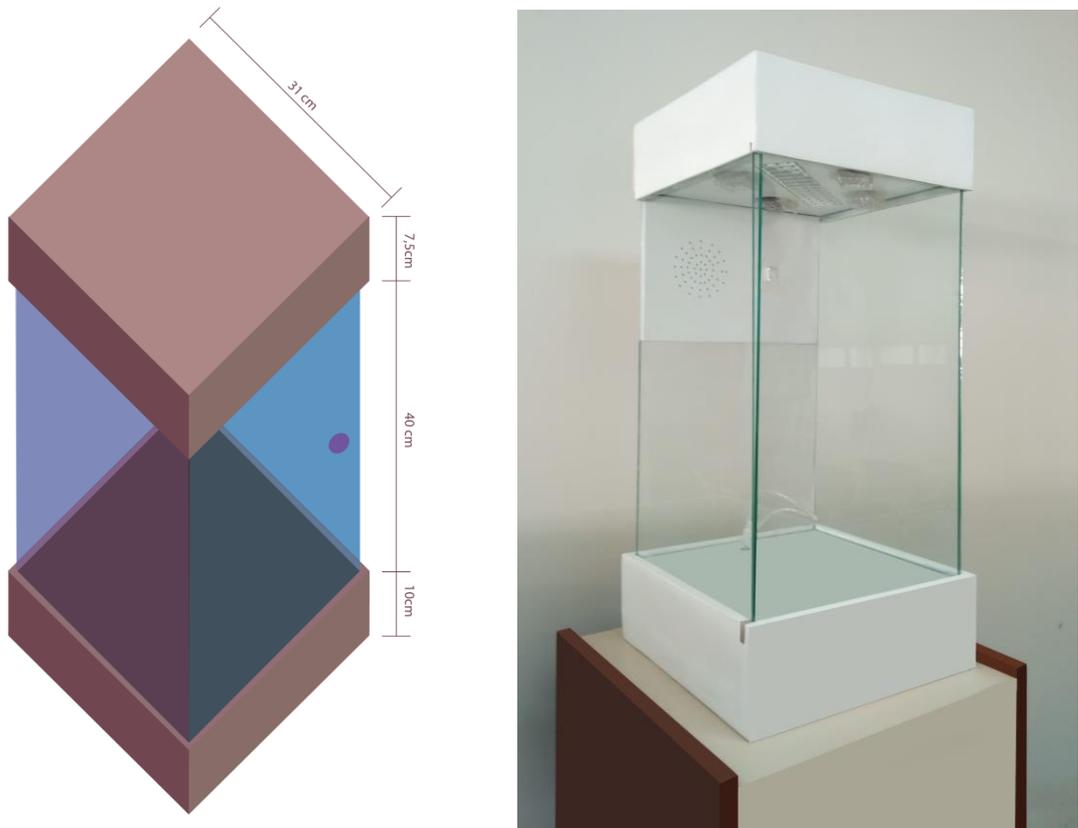
| ATIVIDADES   | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Questionários, entrevistas e definição do problema | x   | x   | x   |     |     | -   |
| Pesquisa bibliográfica                             | x   | x   | x   |     |     | -   |
| Pesquisa de trabalhos relacionados;                |     | x   | x   |     |     | -   |
| Análise preliminar dos dados obtidos               |     |     | x   | x   |     | -   |
| Experimentação/prototipação e verificação          |     |     |     | x   | x   | -   |
| Avaliação de uso e redação dos documentos finais   |     |     |     |     | x   | -   |

Fonte: o autor.

## 5 DESENVOLVIMENTO

Esta seção traz o desenvolvimento da solução proposta. A seguir serão relatadas as atividades executadas na implementação dos protótipos da estufa e da interface gráfica. O objetivo central desta etapa do trabalho é, por meio do estudo dos trabalhos relacionados e da compreensão da literatura analisada, construir o protótipo de uma estufa que seja capaz de automatizar, por meio do processamento computacional e sensoriamento, o processo de cultivo e manter o usuário informado dos fatores abióticos do mesmo. Utilizou-se dos parâmetros de controle e automação utilizados nos trabalhos estudados enquanto sugestão de modelo estrutural a ser seguido.

Figura 6: estrutura física da estufa, projeto e produto concebido



Fonte: o autor.

### 5.1 Protótipo da estufa

Planejou-se o protótipo da estufa de modo que pudessem ser aplicados todos os módulos necessários para o monitoramento e controle do cultivo, assim como a comunicação com a rede via Wi-Fi. Nesta fase de concepção do produto, optou-se por não se ater à estética

final, uma vez que, devido à natureza deste trabalho, decidiu-se direcionar o foco à estruturação dos circuitos eletrônicos, implementação dos sistemas de automação, comunicação e desenvolvimento de interface gráfica para dispositivos móveis<sup>6</sup>. Desse modo, garantiu-se que, ao fim deste projeto, um protótipo funcional pudesse existir.

Observa-se, na figura 6, a estrutura física da estufa composta por três partes: a superior, de madeira, onde se encontram a maior parte do circuito elétrico e o processamento de dados; a parte intermediária, que é composta por uma caixa de vidro com frente corredeira permitindo o acesso ao interior da estrutura, onde se pode depositar o vaso e se encontram a mangueira de rega e a sonda para medição da umidade do solo; a parte inferior, também de madeira, é onde se encontram o reservatório de água, a bomba centrífuga e o módulo de radiofrequência.

Por meio dos estudos efetuados, identificaram-se os módulos eletrônicos necessários ao desenvolvimento do protótipo. Pode-se observar na Tabela 4 os principais componentes eletrônicos que foram utilizados no circuito, cujo diagrama esquemático pode ser encontrado no anexo A deste documento.

Tabela 4 – Componentes eletrônicos do circuito

| Parâmetro                   | Proposta                       |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Controle                    | Arduino UNO                    |
| Conectividade               | Wi-Fi via ESP8266 modelo 01    |
| Iluminação                  | <i>leds</i> de alto brilho 5mm |
| Ventilação e troca gasosa   | Exaustor 2,5” 5V 0,5A          |
| Umidade do solo             | Módulo higrômetro              |
| Temperatura e umidade do ar | Módulo sensor DHT22            |
| Rega                        | Bomba DC 5V 0,7A               |
| Leitor de radiofrequência   | Módulo RFID-RC522              |
| Alimentação                 | Fonte ATX 300W                 |

Fonte: o autor.

O sistema desenvolvido neste trabalho resultou em três partes fundamentais que integram a ferramenta proposta neste trabalho: uma estufa, um vaso, de uso exclusivo da estufa, e uma aplicação Android. O vaso deve possuir uma etiqueta de identificação por

<sup>6</sup> Optou-se desenvolver a aplicação por meio da plataforma Android, tendo em vista a afinidade com a linguagem de programação utilizada e os recursos necessários à implementação do projeto.

radiofrequência de modo que, ao ser introduzido na estufa, o sistema fosse capaz de se preparar e executar os procedimentos preestabelecidos para aquele espécime ali introduzido. Entende-se que, por meio da identificação do cultivo por radiofrequência, pode-se reduzir a carga cognitiva do usuário do sistema, uma vez que não será ele não precisará se preocupar com o controle de nenhum outro parâmetro de cultivo a não ser garantir o suprimento de energia elétrica e água no reservatório.

### **5.1.1 Arduino**

Utilizou-se a placa microcontroladora Arduino UNO tendo em vista a facilidade de prototipar interfaces e circuitos que o *hardware* propicia; por ser programável em C++ com pequenas modificações e possuir muito suporte de uma grande comunidade de desenvolvedores *online* ao redor do mundo, o que reduz a curva de aprendizado para lidar com a placa e, como os demais componentes escolhidos, a facilidade de adquirir um exemplar, facilmente encontrado em lojas *online*.

### **5.1.2 ESP8266**

A placa microcontroladora ESP8266 modelo 01 foi escolhido para fornecer conexão Wi-Fi à estufa, principalmente, pelo custo benefício. Deve-se ressaltar que a ESP8266 possui uma capacidade de processamento superior à embarcada no Arduino UNO, porém, a ESP8266 mencionada só possui dois canais digitais para comunicação com os sensores e atuadores, o que inviabilizaria a substituição do uso do Arduino neste projeto. Visando a estabilidade no funcionamento do sistema, junto à ESP8266, muito sensível a variações na tensão, foi utilizado um regulador de tensão AMS1117, reduzindo-a e 5 v para 3,3 v.

### **5.1.3 Iluminação**

Para a iluminação do cultivo, optou-se pelo uso de iluminação por meio de *leds*. No protótipo foram utilizados 106 *leds* de 5 mm de alto brilho. Tem-se em vista que, para o pleno desenvolvimento de determinadas plantas, pode ser necessária uma incidência luminosa de maior potência, porém, uma vez que o escopo central deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo que atenda aos requisitos de automação, controle e acompanhamento do cultivo, avaliar o desempenho dos atuadores e sua devida calibração ainda não fazem parte desta etapa de desenvolvimento do produto.

#### **5.1.4 Ventilação**

Para permitir a ventilação e a troca de gases no interior da estufa, instalou-se um exaustor de 2,5 polegadas na parte superior da estufa que, por meio de uma abertura na parte superior, permite remover o ar quente que se encontra no interior do sistema, propiciando, por meio de perfurações na parte posterior da estufa, a entrada e circulação de ar fresco no interior da estufa.

#### **5.1.5 Regas**

Para as regas, efetuadas com o uso de uma minibomba centrífuga de 5 v de corrente contínua, é preciso que o sistema tenha acesso à umidade presente no solo. Desse modo podem-se efetuar regas quando o solo estiver seco ou próximo a isto e evitar que regas sejam efetuadas quando o solo já estiver devidamente úmido. Para tanto, instalou-se um módulo higrômetro composto por uma placa de circuito impresso ligado ao Arduino e uma sonda inserida no solo do cultivo. O módulo, por meio da impedância da corrente imposta à sonda, oferece os valores de umidade do solo necessários.

#### **5.1.6 Sensores e alimentação**

Fez-se uso do módulo sensor DHT22 para aferir a temperatura e a umidade no interior da estufa. Por meio de um sensor capacitivo e um termistor ligados a um controlador de 8 *bits*, o DHT22 é capaz de fornecer as informações de temperatura e umidade por meio de um único canal de comunicação serial com o Arduino.

Para a identificação dos vasos que venham a ser inseridos na estufa utilizou-se o módulo de identificação por rádio frequência RFID-RC522. Neste trabalho, considera-se o módulo citado enquanto sensor e atuador, uma vez que por meio dele é possível ler o identificador da *tag* presente no vaso e gravar dados nestas *tags*.

O suprimento de energia elétrica para todos os componentes listados acima é fornecido por meio de uma fonte ATX 24 pinos de 300W de potência que, por meio de seu uso, evitou-se a construção manual de diversos circuitos reguladores de voltagem, uma vez que os componentes mencionados trabalham em faixas de tensão que variam dos 12 aos 3,3 v, todos fornecidos em diversos canais pela fonte supracitada. Na Tabela 5, dividiram-se os componentes utilizados em controladores, sensores e atuadores.

Para a montagem final dos componentes, foram executados testes individuais com cada sensor e atuador do sistema; foram montados circuitos individuais para garantir que os

componentes funcionavam adequadamente antes de serem inseridos no sistema; fez-se preciso uso de relés juntamente ao exaustor, iluminação branca e iluminação colorida, uma vez que a tensão de alimentação e a corrente desses componentes são superiores às fornecidas pelo Arduino (5V; 0,05 A). Desse modo, o uso de relé e da fonte ATX permitiu que a placa microcontroladora pudesse gerir os componentes sem sofrer danos devidos à tensão de entrada utilizada pelos mesmos.

Tabela 5 – Controladores, sensores e atuadores utilizados

| Controladores | Sensores   | Atuadores    |
|---------------|------------|--------------|
| Arduino UNO   | DHT22      | Bomba DC     |
|               | Higrômetro | <i>Led's</i> |
|               |            | Exaustor     |
|               |            | ESP8266      |
|               | RFID-RC522 |              |

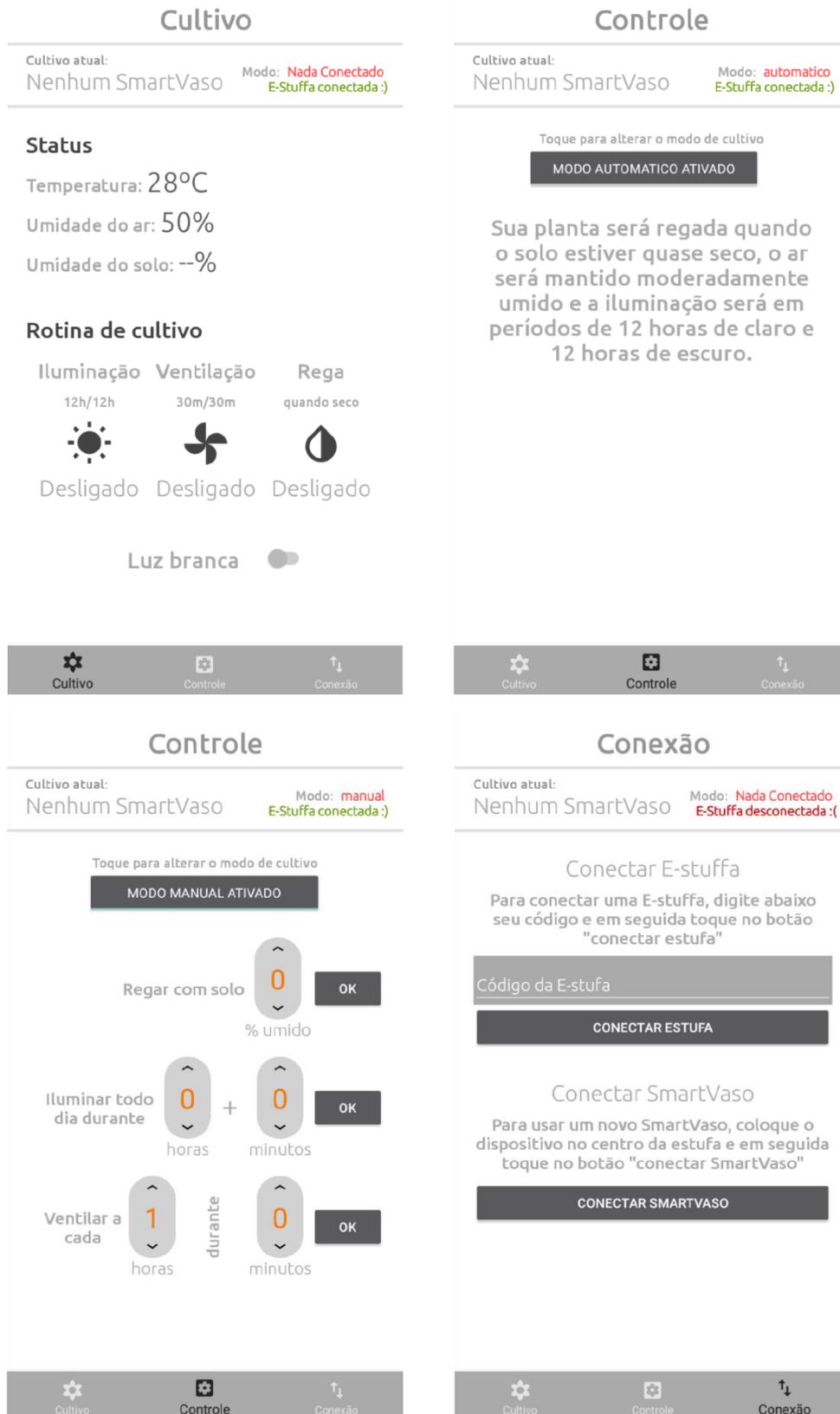
Fonte: o autor.

## 5.2 Protótipo da aplicação Android

A aplicação desenvolvida é responsável por permitir que os usuários possam monitorar os níveis de temperatura, umidade do ar e umidade do solo, além controlar o cultivo a distância por meio de uma interface gráfica; foi projetada com quatro telas em três seções de navegação (Figura 7). As seções de navegação foram divididas em cultivo, controle e conexão; são sempre visíveis no contexto da aplicação; estão situadas na parte inferior da aplicação; permitem que o usuário possa acessar qualquer uma delas a qualquer momento.

A primeira vez que o usuário abrir o aplicativo será direcionado para a seção de conexão, onde deve inserir o código verificador da estufa e aguardar a conexão ser efetuada. Uma vez conectada à estufa, a aplicação exibirá a seção cultivo, na qual estão dispostas as informações acerca dos fatores abióticos do cultivo, os estados dos atuadores e um botão controlar a iluminação.

Figura 7 - Telas da aplicação Android



Fonte: o autor.

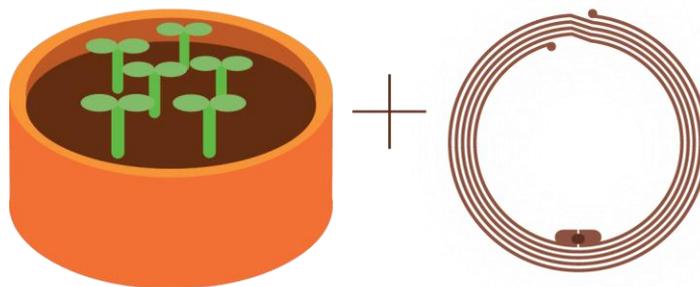
A seção de controle é onde o usuário poderá escolher entre os modos de cultivo automático ou manual. No modo de cultivo automático, a estufa se encarregará de efetuar regas quando o solo do vaso estiver quase seco, iluminará o cultivo por 12 horas e efetuará trocas de ar mantendo fresco o ar no interior da estufa e com umidade relativa interna em até 80%. Uma vez que o usuário escolha o modo de cultivo manual, lhe serão fornecidos controles para regular os períodos de rega, iluminação e ventilação.

Utilizou-se um número reduzido de cores, numa tentativa de evitar perturbações visuais; cores destacadas foram utilizadas apenas em elementos representativos de status, como nos indicadores de modo e conexão, permitindo que, facilmente, o usuário possa identificar o estado em que se encontra o sistema. Organizou-se a interface em blocos de informações; utilizou-se de variações de peso e tamanho nas tipografias para destaques em informações.

Decidiu-se fazer uso de textos explicativos em diversas áreas da aplicação visando à redução da carga cognitiva dos usuários do sistema e a utilização da aplicação sem que os usuários necessitem de ajuda externa para a execução das atividades. A implementação da aplicação se deu por meio da interface de desenvolvimento Android Studio, seus códigos foram implementados utilizando a linguagem Java; ressalta-se o uso da biblioteca<sup>7</sup> Eclipse Paho, responsável pela implementação MQTT para Java utilizado em aplicações Android.

### 5.3 Protótipo do vaso

Figura 8 - Idealização do vaso



Fonte: o autor.

Aparentemente, a estrutura que se decidiu utilizar enquanto suporte para a planta é um vaso comum. Deverão ser fornecidas plantas em vasos que já devem conter solo adubado

<sup>7</sup> No contexto apresentado, compreende-se biblioteca enquanto partes de código ou códigos completos preprogramados que auxiliam os desenvolvedores a lidarem com a execução de determinadas tarefas.

suficientemente para determinado período de tempo, deve conter uma *tag* de identificação por radiofrequência. O vaso deverá possuir informações como o dia de plantio, espécie cultivada e demais referências necessárias para ativar a rotina de cultivo específica para aquele espécime (ver Figura 8). Além de poder ler os dados contidos no vaso, a estufa pode registrar informações no vaso, como data de entrada no sistema, quantidade de regas, tempo de iluminação, dentre outros parâmetros possíveis.

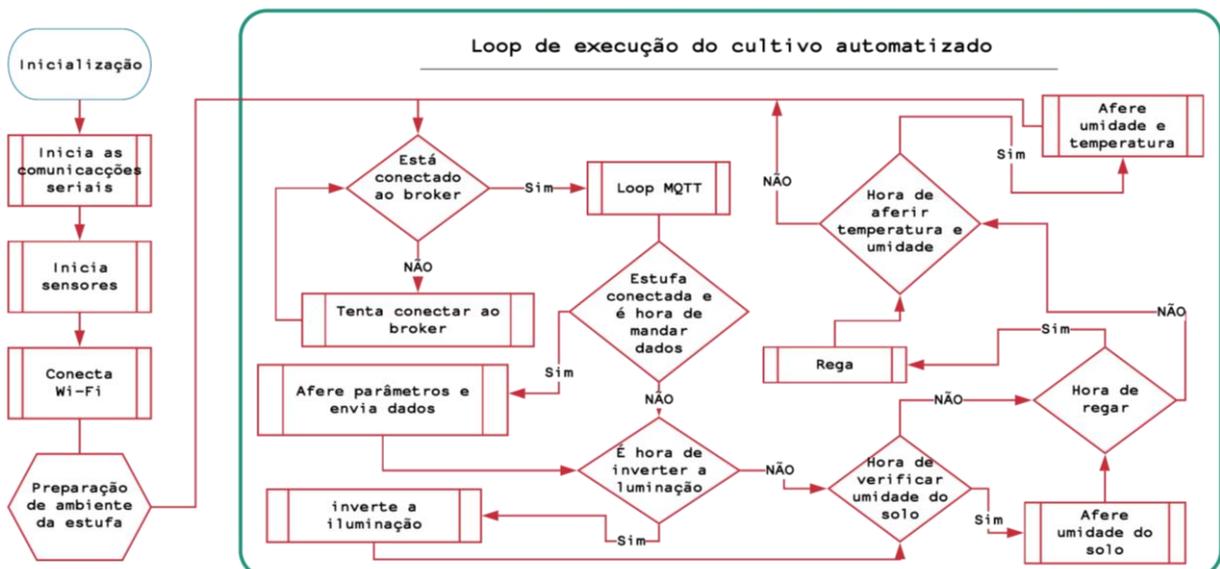
## 5.4 Programação

Tabela 6 – Bibliotecas utilizadas no Arduino e suas funções

| Biblioteca     | Sensor  | Função  |
|----------------|---------|---|
| DHT e DHT_U    | DHT22   | Controlar o sensor e efetuar os cálculos dos dados coletados e responder com os valores de temperatura e umidade do ar. |
| WiFiEsp        | ESP8266 | Controla a conexão com o módulo Wi-Fi, oferece atalhos para a manipulação e troca de dados.                             |
| SoftwareSerial | -       | Utilizada para emular a comunicação serial com componentes, neste caso, o próprio Arduino e a ESP8266.                  |
| PubSubClient   | ESP8266 | Utilizada para implementar o protocolo MQTT de uma maneira simples.   |
| SPI            | -       | Permite o Arduino se comunicar com interfaces seriais periféricas.  |
| MFRC522        | RC522   | Utilizada para manipulação e troca de dados com o módulo responsável por ler e gravar dados nos vasos.                  |

Fonte: o autor.

Figura 9 – Fluxo simplificado de processos executados na automação do cultivo



Fonte: o autor.

Desenvolveu-se o código<sup>8</sup> utilizado na estufa em C e C++; utilizou-se a Arduino IDE, por meio da qual foi possível implementar o código e executar testes com seu monitor serial; bibliotecas importadas ao código foram necessárias para manipular sensores e atuadores do sistema da estufa; observa-se a lista de bibliotecas utilizadas na Tabela 6 e a simplificação do fluxo de processos do cultivo automatizado na figura 9.

A comunicação entre estufa e aplicação Android se dá por meio de conexão com a internet. A estufa conecta-se ao Wi-Fi por meio do uso da ESP8266, inscreve-se em um *broker online* com o uso da biblioteca PubSubClient, a partir de então, a estufa pode inscrever-se assim como publicar mensagens em tópicos. Sempre que alguma mensagem for publicada em um tópico, o *broker* se encarregará de entregar para os clientes nele inscritos.

O *broker* e os clientes são partes fundamentais para o protocolo MQTT; o *broker* atua como um gerenciador, responsável pela entrega das mensagens recebidas para os clientes que, por sua vez recebem as mensagens publicadas por outros clientes nos tópicos nos quais estão inscritos. O protótipo conecta-se a uma determinada rede Wi-Fi utilizando o nome da rede e senha estabelecida manualmente no código da estufa. Uma vez conectada e devidamente iniciada, a estufa conectará ao *broker*, por meio de uma identificação única, endereço e senha do broker, também estabelecidos manualmente no código, a estufa estará pronta para receber e enviar mensagens. Utilizou-se serviço gratuito denominado CloudMQTT<sup>9</sup>, com o qual foi possível, em questão de segundos e gratuitamente, possuir um broker privado rodando *online* com limite para até 5 clientes conectados simultaneamente.

---

<sup>8</sup> Encontram-se disponíveis em: <https://github.com/dyegoabrantres/E-stuffa>.

<sup>9</sup> Pode-se acessar a plataforma *online* em: <https://www.cloudmqtt.com>.

## 6 RESULTADOS

Durante a etapa de experimentação/prototipação e verificação, executaram-se experimentações com a ferramenta construída de modo que puderam ser observadas as seguintes características de funcionamento:

- Controles manuais parcialmente operantes;
- Controles automáticos parcialmente operantes;
- Estufa apresenta instabilidade no recebimento das mensagens (ver 6.1.2);
- Atuadores operantes, com exceção da bomba centrífuga;
- Sensores operantes;
- Comunicação com a rede parcialmente operante;
- Leitura de dados via NFC operante;
- Aplicação Android parcialmente operante;

A montagem do circuito eletrônico, devido ao baixo nível de conhecimento do autor acerca de circuitos eletrônicos, tornou-se um ponto de atenção, por diversas vezes foi necessário interromper o desenvolvimento da ferramenta para que pudessem ser estudados componentes eletrônicos, como resistores, transistores e diodos, utilizados na montagem do protótipo. Não foram implementados todos os métodos de controle da aplicação Android, como poderá ser observado mais adiante, uma vez que a placa microcontroladora utilizada não ofereceu suporte à quantidade de dados métodos de processamento necessários. A seguir serão detalhados demais problemas encontrados durante o desenvolvimento etapa de experimentação/prototipação e verificação e oportunidades de melhoria do projeto.

### 6.1 Erros na prototipagem da estrutura física

Existem diferenças entre o artefato projetado e o protótipo finalizado; encontraram-se dificuldades na montagem das peças, uma vez que não se encontrou na cidade vidraçarias aptas a executar os cortes necessários nas lâminas de vidro utilizadas na ferramenta. Foram necessárias adaptações durante o processo de confecção das peças de modo que os parâmetros do ambiente de cultivo pudessem vir a ser alcançados, como os espaços para entrada e saída de ar, iluminação e regas. Também encontrou-se problemas com as partes em madeira, confeccionadas em uma marcenaria local, apresentaram-se erros de até dois centímetros nas peças entregues, sendo que foram necessárias correções manuais durante a montagem. As peças solicitadas às vidraçarias e marcenarias foram explicadas

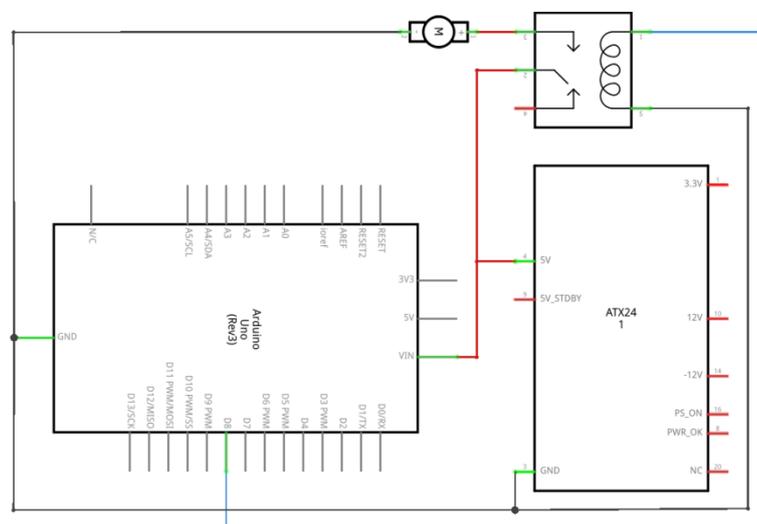
pessoalmente, verbalmente e por meio da apresentação do projeto encontrado no Anexo B deste projeto.

Os problemas acima relatados influenciaram diretamente na execução do trabalho, uma vez que o tempo utilizado em suas correções poderia ter sido mais bem aproveitado na execução de testes ou pesquisas para solução de outros problemas, como o relacionado à ESP8266 e detalhado a seguir.

## 6.2 Comportamento inesperado durante manipulação da bomba centrífuga

Não se identificou, com certeza, a causa de um problema recorrente que envolve o uso da minibomba centrífuga e a ESP8266. A bomba, assim como os *leds* e o exaustor, foi ligada ao Arduino como mostra a Figura 10, porém, ao contrário dos demais atuadores, geralmente quando a bomba é ligada, a ESP reinicia e, a partir de então, não apresenta o comportamento desejado na programação. Este fato ocasiona interrupções e falhas severas no processo de rega, pois o sistema pode parar de responder enquanto aguarda respostas da ESP que não se comunica adequadamente, podendo haver travamento total do sistema e a rega pode não ser interrompida, encharcando o solo de cultivo.

Figura 10 – Esquema inicial de montagem do motor



Fonte: o autor.

Testaram-se outros atuadores semelhantes à minibomba, porém o problema persistiu; cogitou-se a hipótese de que alterações na tensão ou na corrente do sistema poderiam estar causando as falhas observadas na ESP, porém, ao fornecer uma fonte de alimentação exclusiva para o motor, o problema persistiu. Contataram-se alunos da Universidade Federal do Ceará, do curso de Engenharia da Computação, numa tentativa de

dirimir o problema, porém houve apenas insucesso nas tentativas.

Mesmo sem conhecer a causa específica, ainda supondo como suspeitas variações na tensão e corrente, buscou-se remover a bomba do relé e montar um circuito com um transistor NPN BC337, introduzindo, também, diodos zener<sup>10</sup> nos polos do motor e canal digital de comunicação do Arduino, o que apenas reduziu a frequência de ocorrência, mas não solucionou o problema acima relatado. Para dar continuidade aos testes, substituiu-se a bomba do circuito por um *led*, que emitiu sinais luminosos intermitentes durante uma execução simulada de rega dentro do processo de cultivo automático.

### 6.3 Oxidação da sonda do módulo higrômetro

A sonda padrão que acompanha o módulo higrômetro é composta por dois eletrodos, basicamente, uma placa de circuito com uma fina camada metálica, provavelmente composta por uma liga de estanho. O processo constante de medição da impedância da corrente elétrica ocasiona a corrosão eletrolítica, provocando a deterioração da sonda e a leitura inexata da umidade do solo. Como solução para este problema, fabricou-se uma sonda utilizando-se de duas hastes de arame galvanizado (diâmetro: 2 mm; comprimento: 10 cm), material menos propenso à corrosão, soldados com estanho a fios de cobre para ligação ao módulo e cola quente para fixação dos componentes.

O módulo utilizado não possui um controle padrão para ligá-lo ou desligá-lo durante a utilização, desse modo, caso não haja interferência na montagem do circuito, o higrômetro permanece ativo durante todo o funcionamento do sistema, o que propicia a aceleração da corrosão da sonda, desgaste dos componentes eletrônicos e gasto energético desnecessário. Para a solução do problema mencionado utilizou-se, assim como na bomba, um transistor, desse modo controlou-se o suprimento energético do módulo ligando-o e desligando-o quando necessário às medições.

### 6.4 RC-522 em desenvolvimento

Mencionou-se anteriormente o gasto energético do higrômetro, que não possui um controle padrão de energia, problema que se relaciona, ao módulo NFC RC-522. Por ser um dispositivo em desenvolvimento por uma comunidade que trabalha *online* no código fonte aberto, nem todas as funcionalidades do dispositivo, como o controle de energia do dispositivo, foram completamente implementadas até o presente momento. Diferente do

---

<sup>10</sup> De maneira simplória, o diodo zener, além de regular a tensão, permite que ela flua em apenas um sentido, impedindo corrente reversa.

higrômetro, cuja ligação ao controlador se dá apenas por meio de um único canal digital, o RC-522 utiliza cinco canais digitais, consumindo determinada quantidade de corrente, mantendo-o sempre ligado<sup>11</sup> e impossibilitando o uso simplificado do transistor.

Ao estudar a biblioteca que gerencia o componente supracitado, identificou-se que existem funções responsáveis pelo controle do status energético do dispositivo, mas as funções ainda não foram implementadas pela comunidade responsável pelo desenvolvimento do módulo RC-522. O módulo permanece atuante durante todo o funcionamento do sistema, consumindo, desnecessariamente, eletricidade e desgastando o próprio componente.

### 6.5 Memória RAM do Arduino UNO

Notou-se certa instabilidade no processamento dos dados fornecidos pelos sensores e no uso da ESP. Durante vários dias houve problemas na execução de testes que ocasionaram falhas que impediam a utilização do protótipo. Identificou-se, por meio de pesquisas em comunidades *online*, que os problemas apresentados poderiam acontecer devido ao código em processamento que excedia os limites de memória RAM do Arduino (2 Kb).

Por meio do código utilizado no Arduino, executam-se diversos métodos de tratativas dos dados e de comunicação com a rede, considerou-se que a quantidade de métodos implementados no código em execução poderia estar ocasionando as falhas. Reduziu-se o número de funções implementadas, deixando que apenas os métodos necessários para o cultivo automático permanecessem no código, desse modo, solucionaram-se as falhas descritas neste tópico, porém, o controle manual dos parâmetros de cultivo por meio da aplicação Android não puderam ser implementados.

No estado atual de desenvolvimento da ferramenta encontram-se falhas ocasionais na execução dos processos de comunicação da estufa com a aplicação via MQTT; observaram-se erros referentes ao tempo de resposta do módulo Wi-Fi e desconexões da rede *wireless*. Não se sabe ao certo a origem tais falhas, que, até onde se estudou o problema, podem ser ocasionadas por instabilidades na tensão de alimentação do circuito ou falhas na manipulação das bibliotecas WifiEsp e/ou PubSubClient.

---

<sup>11</sup> O módulo permanece ligado, mas o correto funcionamento apenas se dá quando os pinos VCC e GND estão corretamente ligados à fonte de força.

## 7 TRABALHOS FUTUROS

A seguir, serão apresentadas sugestões de melhorias para o sistema desenvolvido baseadas nos testes realizados com o protótipo, assim como as próximas etapas de desenvolvimento do produto.

### 7.1 Controlador com maior capacidade de processamento e memória

Tendo em vista a limitação de memória do Arduino, percebeu-se que uma alternativa mais viável para a execução do projeto seria o uso da placa microcontroladora NodeMcu, que é, basicamente, uma placa na qual a ESP8266 já está presente; composta por 11 portas digitais e memória RAM de 64 Kb. O uso da placa mencionada promoveria uma série de melhorias no projeto: reduziria o custo, uma vez que dispensaria o uso do Arduino; memória suficiente para a implementação de todos os métodos; tensão de entrada de 3,3 v; baixo consumo energético, e possui porta microusb.

### 7.2 Protocolos de comunicação e servidor *online*

Utilizou-se MQTT enquanto protocolo de comunicação com a rede devido à simplicidade no uso e a leveza do tráfego de dados, porém, poder-se-ia experimentar o uso de protocolos com regras bem definidas e que possam ser integrados com outras aplicações, como serviços *web* que utilizam requisições HTTP comuns como POST, GET, PUT e DELETE. Como explanado no tópico 5.4.1, utilizou-se um *broker online*, cuja versão gratuita só é útil para este projeto em testes e prototipagem. Faz-se necessário desenvolvimento de um servidor e um banco de dados, ambos *online*, para dar suporte a armazenamento, gerenciamento e segurança dos dados, permitindo, ainda, que o usuário possa acessar, a qualquer momento, as informações sobre seu cultivo.

### 7.3 Armazenamento local de dados e relógio

Estima-se que o uso do armazenamento local de informações e dados pode garantir um melhor funcionamento do dispositivo ao permitir que características, como histórico de tempo de funcionamento, de regas e iluminação possam ser acessadas, por exemplo, mesmo caso haja uma falha de comunicação com a rede e impossibilidade de acessar os dados *online*. Também ao perceber a necessidade de possuir informações localmente, independentes da conexão com a rede, surge a oportunidade da inserção de um relógio no sistema, uma vez que os controles manuais de tempo de irrigação, iluminação e

outros parâmetros poderão ter seu tempo de execução monitorado a partir do tempo informado pelo relógio, independente de requisições constantes à rede.

#### **7.4 Design da estrutura física**

Considerou-se a oportunidade de construir a peça de um material, como o acrílico, que permita a construção da estrutura em um único só bloco, além de reduzir os riscos de quebrar acidentalmente o produto, comparando ao artefato construído em vidro e madeira. Os atuadores definitivos, com as potências ideais para o sistema, podem ser selecionados por meio de pesquisas e testes.

Nota-se que a escala aplicada à estrutura pode ser manipulada para que se atinja as dimensões desejadas pelo usuário final do sistema, uma vez que os processos de comunicação com a rede, controle e automação serão sempre os mesmos, o que possibilita a variação e a escalabilidade da estrutura para diversas formas de aplicação.

#### **7.5 Aplicação móvel**

Uma vez que seja possível desenvolver todos os métodos de controle da estufa, é necessário que a aplicação Android deva corresponder aos controles da estufa. Atualmente, a aplicação desenvolvida não armazena dados do cultivo, todas as informações exibidas são transmitidas em tempo real. Deverão ser acrescentadas as verificações de segurança necessárias nas comunicações entre dispositivos e servidores/*brokers online* de modo a garantir a segurança no tráfego e no armazenamento dos dados.

## 8 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi conceber uma interface capaz de facilitar o processo de cultivo de plantas no interior de residências e que permita que pessoas que desejam cultivar plantas, mas que não sabem, não tem tempo ou espaço adequado, possam praticar a atividade. Mesmo que todos os aspectos do sistema não tenham sido implementados em sua totalidade, obteve-se uma ferramenta que se apresentou funcional e carrega as características principais para a concepção de um produto final, além de abrir caminho para a construção de outros métodos de cultivo utilizando-se servindo de modelo base.

A partir das análises bibliográficas e de tecnologias semelhantes, o conjunto da interface foi desenvolvido almejando a maneira mais simples de praticar a atividade de cultivo; os elementos que compõe a ferramenta foram selecionados de modo que o usuário pudesse, com o menor número de etapas, dar início ao cultivo de uma planta: a estufa identifica o vaso e o tipo de planta, isentando o usuário de demorados ajustes manuais; por meio de sensores monitora o cultivo para oferecer os recursos necessários, além de fornecer controle e monitoramento *online* em tempo real.

Com o desenvolvimento deste trabalho, pode-se evidenciar que o aumento da produção, o barateamento e a facilidade de acesso aos componentes digitais, assim como a troca constante de informações *online* e o acesso constante a diversos tipos de conhecimento, são características dos avanços científicos e tecnológicos do tempo atual. A partir deste ponto, muitas opções de customização do sistema aqui projetado podem surgir a partir das necessidades de sua aplicação. Variações de tamanho e substituições dos componentes do sistema podem ocorrer, como adição de novos sensores ou a remoção dos já presentes, diferentes métodos de captura e tratamento de dados podem ser praticados, tudo isso graças à modularidade apresentada no sistema desenvolvido o que permite a ferramenta apresentar múltiplas possibilidades de uso.

Observou-se que a produção e comercialização de artefatos tecnológicos em larga escala existem há pelo menos três séculos, ao passo que notáveis avanços nas tecnologias digitais não possuem nem 100 anos de história, mas suas implicações na sociedade humana foram singulares. Hoje, com o advento da popularização dos dispositivos digitais, pode-se monitorar, por exemplo, os mais diversos tipos de dados; sensores, circuitos digitais e diversos outros *chips*, permite a computação permear inúmeras atividades humanas.

No curso da história, o desenvolvimento dos processos fabris e o consequente aumento da produtividade industrial se deram como conseqüências da evolução das técnicas e

dos meios de produção decorrentes do desenvolvimento do pensamento humano e seu domínio sobre a natureza. A constituição do campo de saber do design, notadamente nos três últimos séculos, emerge em meio a outros processos históricos que juntos permitiram imensas transformações na sociedade humana, como exemplo disso, no processo de transição entre as tecnologias e os sistemas de produção, ocorrido durante a revolução industrial, pode-se identificar um conjunto de acontecimentos e fatos históricos influenciados diretamente pela aplicação do campo de saber do design. A análise da relação do design, com a tecnologia e modos de produção, revela aspectos que interligam a prática do design com o fazer industrial, com as necessidades sociais e com as tecnologias, formando uma estrutura multifacetada que sustenta o desenvolvimento das sociedades e das alterações nos estilos de vida e de consumo.

Durante a evolução das tecnologias de produção, perpassando o fazer manual do artesão à implementação em larga escala de artefatos industrializados, sempre existiu a necessidade do desenvolvimento e da planificação de projetos, de ferramentas e de técnicas capazes transformar a matéria prima disponível em bens de consumo. Estudos semelhantes ao desenvolvido neste trabalho fazem parte do processo contemporâneo do campo de saber do design, constroem soluções práticas para os mais diversos problemas humanos, buscando fazer uso das melhores tecnologias e métodos para satisfazer seus usuários.

## REFERÊNCIAS

- BONSIEPE, Gui. **Design**: do material ao digital. Florianópolis: FIESC/IEL, 1997.
- BOURDIEAU, Pierre. **La distinction** : Critique sociale du jugement. Paris: Éditions de Minuit, 1979.
- CAVALCANTE, Francisco Macelo da Costa. **SolidBits**: design de sistema para monitoramento da produção e gestão da coleta de resíduos sólidos. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em design digital) - Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2018.
- CETENE. **Microeletrônica**. Recife, [201-?]. Disponível em: <https://www.cetene.gov.br/index.php/area-de-atuacao/microeletronica/>. Acesso em: 16 maio 2019.
- CURVINEL, Paulo E.; TORRE-NETO, André. **Agricultura de precisão**: fundamentos, aplicações e perspectivas para a cultura do arroz. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1999. 6 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 30).
- DINIZ, Eduardo H. **Internet das coisas**. FGV Executivo, v. 5, n. 1, p. 59, [S.l.], 2006. Disponível em: <https://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/4213.pdf> . Acesso em: 03 jun. 2019.
- EMBRAPA HORTALIÇAS. **Circular técnica, 38, 22 de jun. de 2006**. Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/779127>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- FARIA, José Neto de. **As categorias filosóficas de Gilbert Simondon e suas relações com o objeto técnico do campo de saber do design**. 2017. Tese (Doutorado) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2017.
- FREUND, Fabiana Ferreira et al. **Novos negócios baseados em internet das coisas**. FAE, Curitiba, v. 1, ed. Edição especial, p. 7-25, 2016. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/402>. Acesso em: 30 maio 2019.
- KARADIMAS, Dimitris; PAPALAMBROU, Andreas; GIALELIS, John; KOUBIAS, Stavros. An integrated node for Smart-City applications based on active RFID tags; Use case on waste-bins. In: Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2016 IEEE **21st International Conference on. IEEE**, p. 1-7, [S.l.], 2016.
- KICKSTARTER. **MEG - Open Source Indoor Greenhouse**. New York City, 29 mar. 2014. Disponível em: <https://www.kickstarter.com/projects/yradia/meg-open-source-indoor-greenhouse/description>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- LASI, Vico; FEITOSA, Franklin. Conheça duas realidades diferentes de cultivo de tomate em MG. **Globo Rural**, São Paulo, 26 nov. 2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/11/conheca-duasrealidades-diferentes-de-cultivo-de-tomate-em-mg.html>. Acesso em: 12 jun. 2019.

LIBELIUM. **50 Sensor Applications for a Smarter World**. Zaragoza, Espanha, [ca. 2019]. Disponível em: [http://www.libelium.com/resources/top\\_50\\_iot\\_sensor\\_applications\\_ranking/](http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/). Acesso em: 18 jul. 2019.

MALUF, G. E. G. M. et al. Efeito da iluminação noturna complementar a 18 cm de altura no crescimento de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). **In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG**, 4, 2011, Bambuí. Anais eletrônicos, Bambuí - MG: IFMG, 2011. Disponível em: [http://bambui.ifmg.edu.br/jornada\\_cientifica/2011/resumos/agronomia/15.pdf](http://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2011/resumos/agronomia/15.pdf) Acesso em: 30 jul. 2019.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.. Agricultura Digital. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2016.

MELO, Paulo Roberto de Sousa; GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais; ROSA, Sergio Eduardo Silveira da. **Complexo eletrônico: o segmento de placas de circuito impresso**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 7, p. 93-108, mar. 1998.

MOLIN, José Paulo; AMARAL, Lucas Rios do; COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MONTEIRO, Décio Vidal Pacheco; CALANDRELLI, Lucas Lafratta; ZAMONER, Nathan. **Produção de tomate orgânico em cultivo protegido: aspectos práticos e teóricos**. Pinhais: Centro Paranaense de Referência em Agroecologia, [ca. 2013]. Disponível em: <http://www.cpra.pr.gov.br/arquivos/File/CartilhaTomate.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2019.

NUNES, Talitha Vasconcelos Fávoro. Luz para plantas. **Revista Especialize On-line IPOG**, São Paulo, v. 1, n. 6, 2013. Disponível em: <http://www.bussinesstour.com.br/uploads/arquivos/ab76bad84d40c949d0a114265b94840a.pdf> Acesso em: 30 jul. 2019.

PADILHA, Marina; JUNG Felipe, RODRIGUES Ernande. Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes e led aplicado no IFC – Campus Luzerna. In: **MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA INTERDISCIPLINAR**, 8, 2015, Santa Catarina. Anais eletrônicos, Santa Rosa do Sul - SC: Instituto Federal Catarinense, 2015. Disponível em: <http://eventos.ifc.edu.br/micti/wp-content/uploads/sites/5/2015/10/ESTUDO-COMPARATIVO-ENTRE-L%C3%82MPADAS-FLUORESCENTES-E-LED-APLICADO-NO-IFC-%E2%80%93-CAMPUS-LUZERNA.pdf> acesso em 30 jul. 2019.

PAULA, Felipe da Silva Mendes de; MARIANO, William César. Sistema de automação para cultivo de baby leaf com iluminação artificial. In: **XXII ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 2016, Bragança Paulista. **Anais [...]**. Bragança Paulista: Universidade São Francisco, 2016. Disponível em: [https://www.usf.edu.br/ic\\_2016/pdf/ic/tecnologia/SISTEMA-DE-AUTOMACAO-PARA-CULTIVO-DE-BABY-LEAF-COM-ILUMINACAO-ARTIFICIAL-1.pdf](https://www.usf.edu.br/ic_2016/pdf/ic/tecnologia/SISTEMA-DE-AUTOMACAO-PARA-CULTIVO-DE-BABY-LEAF-COM-ILUMINACAO-ARTIFICIAL-1.pdf). Acesso em: 31 jul. 2019.

PELLANDA, E. C. Convergência de mídias potencializada pela mobilidade e um novo processo de pensamento. In: **Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**, 26, 2003, Belo Horizonte. Anais eletrônicos, Belo Horizonte-MG: PUC Minas, 2003. Disponível em: [http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2003/www/pdf/2003\\_NP08\\_pellanda.pdf](http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2003/www/pdf/2003_NP08_pellanda.pdf)  
Acesso em: 30 jul. 2019.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvone; SHARP, Helen. **Design de interação: Além da interação humano-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ROCHA, P. S. G. et al. Diodos emissores de luz e concentrações de BAP na multiplicação in vitro de morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, V.40, n.9, p.1922-1928, 2010.

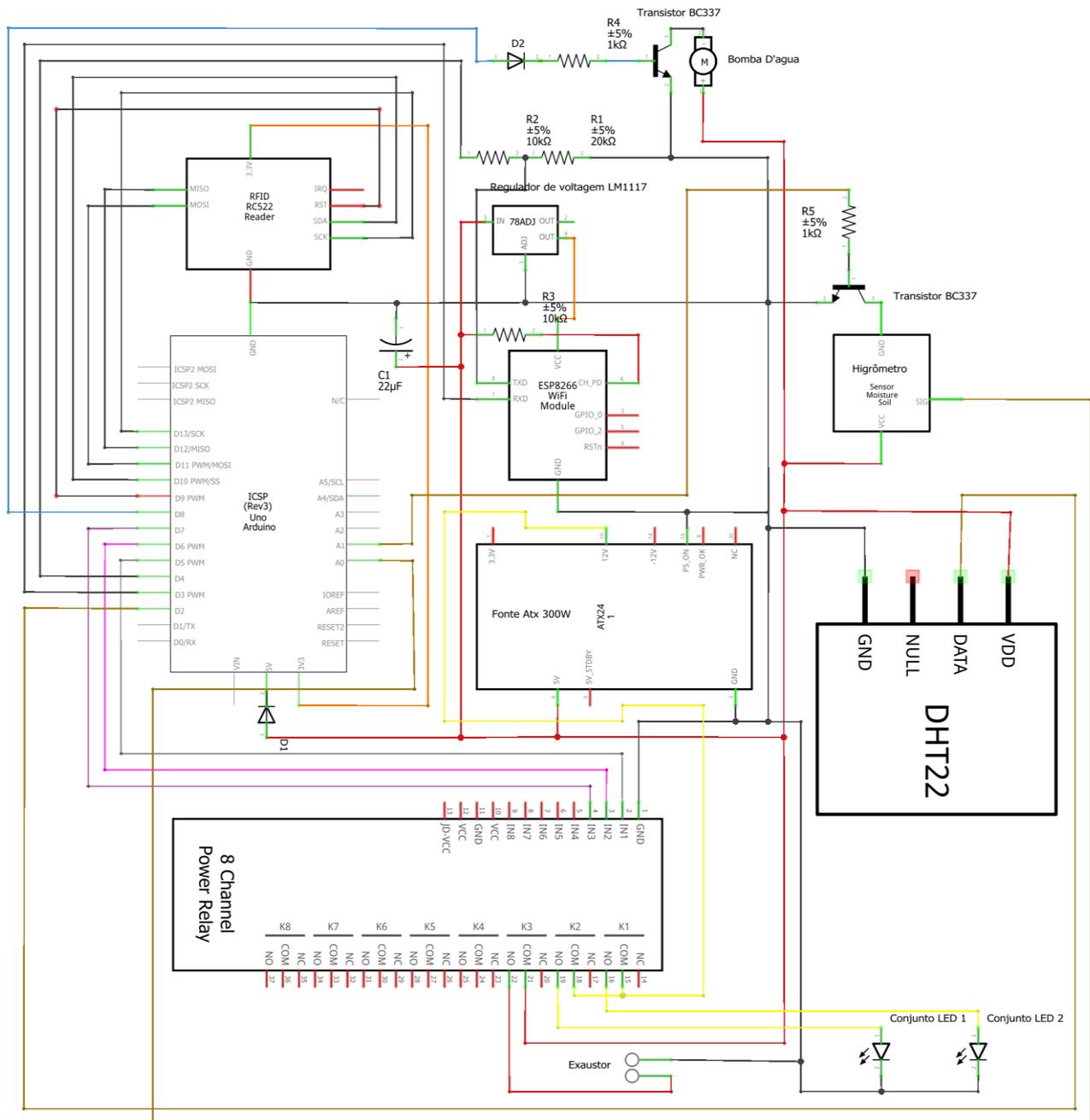
SEEDO. **Seedo - Automated Home Grow System**. Yoqneam, Israel, 2018. Disponível em: [www.seedolab.com](http://www.seedolab.com). Acesso em: 31 jul. 2019

SHIRATSUCHI, Luciano Shozo; et al. **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão**. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, p. 58-73, 2014.

TSCHIEDEL, Mauro; FERREIRA, Mauro Fernando. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, V.32, n.1, p.159-163, 2002.

WEISER, Mark. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, v. 265, n. 3, p. 94-104, 1991.

## ANEXO A – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO DA ESTUFA



Fonte: o autor.