

Cidronio de Oliveira da Silva

**Automação com Monitoramento de Variáveis
Climáticas para Conforto e Bem Estar Animal
na Avicultura.**

Picos - PI
novembro de 2017

Cidronio de Oliveira da Silva

Automação com Monitoramento de Variáveis Climáticas para Conforto e Bem Estar Animal na Avicultura.

Monografia submetida ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação na Universidade Federal do Piauí.

Orientador: Prof. Esp. Ivenilton Alexandre Moura.

Universidade Federal do Piauí
Campus Senador Helvídio Nunes de Barros
Bacharelado em Sistemas de Informação

Picos - PI
novembro de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca José Albano de Macêdo

S586a Silva, Cidronio de Oliveira da.

Automação com monitoramento de variáveis climáticas para conforto e bem estar animal na avicultura / Cidronio de Oliveira da Silva.– 2017.

CD-ROM : il.; 4 ¾ pol. (51f.)

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2018.

Orientador(A): Prof. Esp. Ivenilton Alexandre Moura

1. Produção de Frangos-Automação. 2. Avicultura-Automação. 3. *Web- Arduino-Sensores* . I. Título.

CDD 005

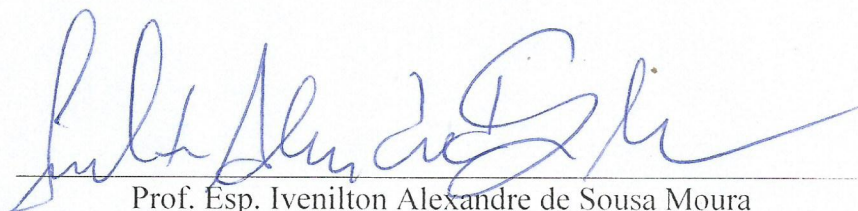
AUTOMAÇÃO COM MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS PARA
CONFORTO E BEM ESTAR ANIMAL NA AVICULTURA

CIDRONIO DE OLIVEIRA DA SILVA

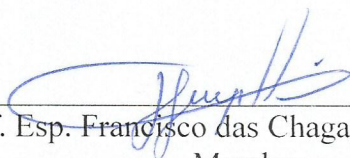
Monografia AUTOMAÇÃO COM MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS
como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Data de Aprovação

Picos – PI, 28 de NOVEMBRO de 2017



Prof. Esp. Ivenilton Alexandre de Sousa Moura
Orientador



Prof. Esp. Francisco das Chagas Imperes Filho
Membro



Prof.^ª Ma. Francisca Pâmela Carvalho Nunes
Membro

Agradecimentos

Primeiramente, quero agradecer à Deus, pela graça que me tem dado todos os dias e por me guiar durante todo este projeto.

Ao meu orientador, prof. Ivenilton Alexandre Moura, pelo incentivo, conselhos, compreensão e presteza no auxílio às atividades e discussões necessárias e indispensáveis para o andamento deste projeto.

Quero deixar um agradecimento especial a todos os professores os quais fui discente, professoras Alcilene, Patricia Medina, Patricia Vieira e Heloína. Aos professores Alan Rafael, Alan Jeison, Airton, Arlino Henrique, Ismael, Ivenilton, Oseias, Pablo, Leonardo, Francisco Imperes, Dennis Sávio, Fredson, Felipe Fontinele e Frank César.

A minha família em especial a minha avó Francisca Helena da Silva e minha mãe Josemir Maria da Silva por todo apoio que a mim foi dado, contribuindo para a realização de mais este sonho.

A minha namorada Angra Cláudia de Oliveira dos Anjos pelo incentivo e pela cobrança. Ao meu amigo Francisco Ramon pelo auxílio em momentos de dúvidas e pelo apoio prestado.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial a Fernando Vieira, por ter emprestado alguns componentes eletrônicos que utilizei no projeto, Ramon, Anderson, Wallison, Angra Cláudia, Deyse Thainá, Otília, Laíse, Luciana, Kelly, Marielsom, Fátima, Daniela, Boaz, Ivan, Ricardo, Rodrigo.

Tu, Senhor, guardarás em perfeita paz aquele cujo propósito está firme, porque em ti confia.

Isaías 26:3

Resumo

A produção de frango de corte no Brasil é uma das cadeias produtivas mais eficientes do mundo (PONCIANO et al., 2011), mas existem diversos fatores aos quais o produtor deve ficar atento para que ele possa explorar ao máximo o potencial produtivo dos animais, entre eles estão os fatores ambiência e bem estar animal. Os animais têm um maior rendimento produtivo quando mantidos em suas zonas de termo neutralidade (zona de conforto). Sabendo disso os produtores tentam minimizar o desconforto das aves causados por níveis extremos de umidade, temperatura e qualidade do ar equipando os aviários com ventiladores, exaustores, nebulizadores e aquecedores. Porém o acionamento incorreto desses equipamentos além de não atingir o objetivo, que é tornar o ambiente interno aos galpões de avicultura confortável para as aves, acaba gerando desperdício de energia e conseqüentemente elevando o custo de produção. Em virtude disso, foi desenvolvido o protótipo de um sistema de monitoramento e gerenciamento das variáveis climáticas de galpões de avicultura de corte, com a finalidade de acionar de forma correta e automatizada, os equipamentos de climatização tornando dessa forma o ambiente o mais confortável possível. Contribuindo com os fatores genéticos e nutricionais objetivando a máxima capacidade produtiva.

Palavras-chaves: Frango. Produção. Aves. Automação. *Web. Arduino.* Sensores.

Abstract

Brazil chicken production is one of the most efficient production chains in the world, but there are a number of factors to which the producer must pay attention so that he can fully exploit the productive potential of the animals. The factors environment and animal welfare. The animals have a higher productive yield when kept in their zones of neutrality (comfort zone), and knowing this the producers try to minimize the discomfort of the birds caused by extreme levels of humidity, temperature and air quality equipping the aviaries with ventilators, hoods, nebulizers and heaters. However, the incorrect activation of these equipment, besides not achieving the objective, which is to make the internal environment to poultry sheds comfortable for the birds, ends up generating waste of energy and consequently raising the cost of production. As a result, a prototype of a system for monitoring and managing climatic variables (humidity, temperature, air composition and luminosity) of poultry breeding sheds was developed, with the purpose of correctly and automated actuation of the actuators (climatization equipment) thus making the environment as comfortable as possible contributing to the genetic and nutritional factors aiming at maximum productive capacity.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Sensores Utilizados Fonte: (AUTOR).	22
Figura 2 – <i>Arduino Mega</i> 2560 Fonte: (AUTOR).	23
Figura 3 – <i>Arduino Ethernet Shield</i> Fonte: (AUTOR).	23
Figura 4 – Módulo GSM Fonte: (AUTOR).	24
Figura 5 – Diagrama de Caso de Uso Fonte: (AUTOR).	29
Figura 6 – Diagrama de Classes Fonte: (AUTOR).	30
Figura 7 – Arquitetura do Protótipo Fonte: (AUTOR).	31
Figura 8 – Tabela de Testes Fonte: (AUTOR).	34
Figura 9 – Situação 1 Fonte: (AUTOR).	34
Figura 10 – Situação 2 Fonte: (AUTOR).	34
Figura 11 – Situação 3 Fonte: (AUTOR).	34
Figura 12 – Situação 4 Fonte: (AUTOR).	35
Figura 13 – Situação 5 Fonte: (AUTOR).	35
Figura 14 – Situação 6 Fonte: (AUTOR).	35
Figura 15 – Situação 7 Fonte: (AUTOR).	35
Figura 16 – Situação 8 Fonte: (AUTOR).	36
Figura 17 – Situação 9 Fonte: (AUTOR).	36
Figura 18 – Situação 10 Fonte: (AUTOR).	36
Figura 19 – Sensores Utilizados Fonte: (AUTOR).	37
Figura 20 – Quadro de questões 1: (AUTOR).	37
Figura 21 – Quadro de questões 2: (AUTOR).	38
Figura 22 – Protótipo em teste Fonte: (AUTOR).	43
Figura 23 – Protótipo - circuito Fonte: (AUTOR).	43
Figura 24 – Protótipo - esquemático Fonte: (AUTOR).	44
Figura 25 – Protótipo - <i>printed circuit board</i> Fonte: (AUTOR).	44
Figura 26 – Página de <i>login</i> Fonte: (AUTOR).	45
Figura 27 – Página de Monitoramento Fonte: (AUTOR).	46
Figura 28 – Página de Controle Fonte: (AUTOR).	46
Figura 29 – Página de Alterar Parâmetros do Sistema Fonte: (AUTOR).	47
Figura 30 – Página de Alterar Dados do Usuário Fonte: (AUTOR).	47
Figura 31 – Gráfico referente a pergunta 1 Fonte: (AUTOR).	49
Figura 32 – Gráfico referente a pergunta 2 Fonte: (AUTOR).	49
Figura 33 – Gráfico referente a pergunta 3 Fonte: (AUTOR).	50

Figura 34 –Gráfico referente a pergunta 4 Fonte: (AUTOR).	50
Figura 35 –Gráfico referente a pergunta 5 Fonte: (AUTOR).	50
Figura 36 –Gráfico referente a pergunta 6 Fonte: (AUTOR).	51

Lista de tabelas

Tabela 1 – Idade em relação a temperatura ideal Fonte: (AMIR; ABAS; AZMI, 2016).	18
Tabela 2 – Idade em relação a umidade ideal Fonte: (AMIR; ABAS; AZMI, 2016).	19
Tabela 3 – Tabela de comparação entre os trabalhos Fonte: (AUTOR).	28

Lista de abreviaturas e siglas

GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i> (ou Sistema Global para Comunicação Móvel).
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> (ou Serviço de Rádio de Pacote Geral).
SMS	<i>Short Message Service</i> (ou Serviço de Mensagens Curtas).
GPS	<i>Global Positioning System</i> (ou Sistema de Posicionamento Global).
ppm	Partes por Milhão.
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (ou Identificação por Rádio Frequência).
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i> (ou Resistor Dependente de Luz).
DHT	<i>Digital Temperature and Humidity Sensor</i> (ou Sensor Digital de Temperatura e Umidade).
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i> (ou Pré-processador de Hipertexto).
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> (ou Linguagem de Marcação de Hipertexto).
UML	<i>Unified Modeling Language</i> (ou Linguagem de Modelagem Unificada).
IOT	<i>Internet of Things</i> (ou <i>Internet das Coisas</i>).
AI	Influenza Aviária.
CO	Monóxido de Carbono.
NH3	Amônia.
AL2O3	Óxido de Alumínio.
SNO2	Dióxido de Estanho.
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo.
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i> (Componente Eletrônico Semicondutor Sensível a Temperatura).

Lista de símbolos

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Contexto e Problema	16
1.2	Objetivos	16
2	Referencial Teórico	17
2.1	Automação na Avicultura	17
2.2	Ambiência	17
2.2.1	Qualidade do Ar	18
2.2.2	Temperatura e Umidade	18
2.3	Internet das Coisas	19
2.4	Tecnologias de Prototipagem	20
2.4.1	Sensores	20
2.4.2	Sensores de Temperatura e Umidade	20
2.4.3	Sensores de Monóxido de Carbono	21
2.4.4	Sensor de Amônia	21
2.4.5	Sensor de Luminosidade	21
2.4.6	Atuadores	22
2.4.7	<i>Arduino Mega 2560</i>	22
2.4.8	<i>Arduino Ethernet Shield</i>	23
2.4.9	<i>Shield GSM Sim 900</i>	24
2.5	Tecnologias de Desenvolvimento <i>Web</i>	24
2.5.1	HTML	24
2.5.2	JavaScript	25
2.5.3	PHP	25
2.5.4	Aplicações <i>Web</i>	26
3	Trabalhos Relacionados	27
3.1	Comparativo	28
4	Desenvolvimento do Trabalho	29
4.1	Modelagem do Protótipo	29
4.1.1	Diagrama de Caso de Uso	29
4.1.2	Diagrama de Classes	30
4.2	Arquitetura do Protótipo	30
4.3	Climatização Automática	31
4.3.1	Controle da Temperatura	31

4.3.2	Controle de Monóxido de Carbono	31
4.3.3	Controle de Amônia	32
4.3.4	Controle da Luminosidade	32
4.4	Tratamento de Falhas	32
4.5	Aplicação <i>Web</i>	33
4.6	Resultados e Testes	33
4.6.1	Teste Tratamento de Falhas	36
4.6.2	Testes de Usabilidade	37
5	Conclusão	39
5.1	Trabalhos Futuros	39
	Referências	40
	Apêndices	42
	APÊNDICE A Protótipo	43
	APÊNDICE B Aplicação <i>Web</i>	45
B.1	Página de <i>Login</i>	45
B.2	Página de Monitoramento	45
B.3	Página de Controle	46
B.3.1	Página de Alterar Parâmetros do Sistema	46
B.3.2	Página de Alterar Dados do Usuário	47
	APÊNDICE C Teste de Usabilidade	48
C.1	Questionário	48
C.2	Resultado das Respostas em Forma de Gráficos	49

1 Introdução

Em termos de produção de frango o Brasil fica atrás apenas dos Estados Unidos, onde aproximadamente 17 milhões de toneladas do produto saem dos frigoríficos anualmente. Por mais incrível que pareça, ainda se encontra com frequência aviários superpovoados, desconfortáveis e estressantes nas diversas regiões produtoras de frango do país. Esses fatores podem ter efeitos diversos, como redução do peso das aves ao abate, aumento no índice de mortalidade e no custo de produção¹.

Dentre os diversos fatores que influenciam a produção de frangos, os fatores ambientais, como a temperatura, umidade relativa, ventilação, iluminância entre outros, assumem relevante importância no processo de criação dos animais (PONCIANO et al., 2011).

Tendo as variáveis de ambiente como umas das principais causas de desconforto e aumento no índice de mortalidade das aves, a temperatura por exemplo é um fator crítico para o bem estar das mesmas. E precisam que a temperatura corporal esteja em torno de 41°C, e um aumento de 4 a 5 graus na temperatura corporal causará a morte das aves².

Além da temperatura, a umidade do ar, luminosidade e qualidade do ar são fatores que influenciam bastante no bem estar desses animais. Por isso proporcionar conforto no ambiente de produção de avícola, além de evitar distúrbios digestivos, respiratórios e comportamentais nas aves possibilita um aumento nos índices produtivos e na lucratividade da atividade.

Sendo assim, este trabalho propôs o desenvolvimento do protótipo de um sistema que monitora e controla as variáveis climáticas em ambiente de produção avícola de forma automática e com o auxílio de uma aplicação *web*. Com a aplicação o usuário pode visualizar em tempo real a oscilação das variáveis do ambiente, alterar o estado dos equipamentos de climatização, além de outras funções que serão mencionadas ao longo deste trabalho.

¹ <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/ambiencia-de-precisao-na-avicultura-de-corte-sua-importancia-e-ferramentas/20160722-092338-y060>

² <http://certifiedhumanebrasil.org/bem-estar-animal-para-frangos-de-corte/>

1.1 Contexto e Problema

O trabalho desenvolvido se encaixa no contexto de *Internet* das Coisas já que um microcontrolador faz a leitura e processamento de dados vindos de sensores, podendo também alterar o estado de atuadores e enviar estes dados para um servidor *web*, e a partir de uma aplicação *web*, o usuário tem acesso a informações como temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade, níveis de gases como amônia e monóxido de carbono em tempo real.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo de um sistema de monitoramento e gerenciamento automático das variáveis climáticas em galpões de avicultura de corte visando acionar de forma correta equipamentos de climatização dos aviários minimizando ou justificando os custos com energia elétrica e proporcionar um maior conforto para as aves.

2 Referencial Teórico

Neste capítulo estão descritos conteúdos que serviram como fundamentação teórica para a produção deste trabalho.

2.1 Automação na Avicultura

Nos últimos anos o setor avícola tem aumentado os investimentos em tecnologia visando o aumento da produtividade. Nesse aspecto, a automação e adoção de novos equipamentos e sistemas monitoradores vem a contribuir para aumento dos índices produtivos da atividade.

Segundo Abreu e Abreu (2001), a automação é o processo através do qual são implantados sistemas para garantir maior rendimento e produtividade com qualidade e a custos compatíveis com o mercado. Ultimamente, os sistemas de controle automático tem adquirido grande importância em todos os campos da avicultura.

Lopes (2011) diz que no setor de produção de ovos os computadores estão presentes desde o fornecimento de ração, coleta e transporte de ovos até o empacotamento do produto. No setor de produção de frango de corte são capazes de controlar o ambiente interno do aviário em função das condições climáticas externas. Armazenam todos os dados referentes à produção. Nesse aspecto, o objetivo do setor avícola tem sido a automação do processo de produção.

2.2 Ambiência

A ambiência é um fator de fundamental importância na produção de frangos, pois, quando as aves são mantidas em um ambiente confortável o produtor obtém reposta positiva em relação à produtividade, seja no aumento da conversão alimentar, ganho de peso ou na diminuição do índice de mortalidade causado por várias doenças (metabólicas, respiratórias, entre outras) que acometem as aves quando as condições do ambiente de produção são adversas.

Ponciano et al. (2011), dizem que animais mantidos nas suas zonas de termoneutralidade evitam o desperdício de energia, seja ela na forma de energia metabólica contida na ração fornecida para os animais e gasta para manutenção da temperatura corporal, seja na forma de energia elétrica que é utilizada no funcionamento dos sistemas de climatização quando acionados indevidamente.

2.2.1 Qualidade do Ar

É de fundamental importância que o microclima de um aviário seja mantido nas condições adequadas para que as aves não tenham a saúde e o desenvolvimento comprometidos. A qualidade do ar, por exemplo, pode ser afetada pela produção de gases no interior do galpão e é um fator que se não receber a atenção e manejo adequado pode resultar em queda na produção e aumento no índice de mortalidade das aves. De acordo com Ammad-uddin et al. (2014), “gases como CO (monóxido de carbono), NH₃ (amônia) e outros, são gases pesados e são encontrados em níveis mais altos próximo ao chão de galpões de avicultura.”

Segundo a Cobb. (2016) os níveis de CO e NH₃ devem ser menor ou igual a 10 ppm, para garantir que não causem danos a saúde das aves.

Esses gases são provenientes dos dejetos acumulados sobre o material que é utilizado como cama para as aves. Como os níveis dos gases mencionados na citação à cima se encontram em maior concentração próximo ao chão dos galpões, as aves ficam constantemente expostas a esses gases, o que dependendo de seus níveis de concentração podem causar danos a saúde dos animais.

2.2.2 Temperatura e Umidade

A umidade relativa do ar e a temperatura no interior dos aviários também são fatores que devem receber atenção do produtor, pois os níveis extremos podem comprometer a produtividade. A temperatura no interior dos aviários deve ser mantida em torno dos 35°C durante a primeira semana de vida das aves. Em seguida, a temperatura deve diminuir cerca de 2 a 3 graus *Celsius* a cada semana (AMIR; ABAS; AZMI, 2016). Após 35 dias de idade as aves já conseguem regular a temperatura corporal por si só.

Tabela 1: Idade em relação a temperatura ideal Fonte: (AMIR; ABAS; AZMI, 2016).

Idade da Ave (dias)	Temperatura (°C)
0 - 6	35
7 - 13	33
14 - 20	30
21 - 27	28
28 - 35	26

A tabela 1 mostra de forma simplificada que a temperatura ideal para as aves varia de acordo com a idade. Sendo assim, é importante ter um sistema que possa ajustar essa temperatura de forma rápida e fácil. A umidade, assim como a temperatura deve receber bastante atenção e não deve ter seus níveis superiores a 70% e também não deve ser inferior a 50%. A umidade ideal vai estar entre esses dois valores variando de acordo com a faixa etária das aves como mostra a tabela 2.

Tabela 2: Idade em relação a umidade ideal Fonte: (AMIR; ABAS; AZMI, 2016).

Idade da Ave (dias)	Umidade (%)
0 - 6	30 - 50
7 - 13	40 - 50
14 - 20	40 - 60
21 - 27	50 - 65
28 - 35	50 - 70

Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar pode influenciar negativamente na produtividade caso seu percentual não esteja dentro do que é recomendado para as aves.

Portanto, é importante monitorar a variação climática dentro dos aviários como temperatura e umidade do ar, assim como a qualidade do ar, monitorando gases de efeitos nocivos para a saúde das aves.

Uma forma interessante de monitorar e gerenciar esse microclima é fazendo uso de conceitos e paradigmas tecnológicos como "*Internet das Coisas*", fazendo com que sensores e atuadores utilizados para monitorar as variáveis climáticas mencionadas anteriormente por meio de um microcontrolador, interajam com objetos inteligentes como *smartphones*, *tablets* e outros, através da *internet*.

2.3 Internet das Coisas

Como tecnologia em ascensão, a *Internet of Things* (IOT) deverá oferecer soluções promissoras para transformar a operação e o papel de muitos sistemas industriais existentes (XU; HE; LI, 2014). O termo IoT foi inicialmente proposto para se referir a objetos conectados interoperáveis de identificabilidade única com tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID) (ASHTOM, 2009).

Mais tarde, os pesquisadores relacionaram a IoT com mais tecnologias, como sensores, atuadores, dispositivos GPS e dispositivos móveis. Hoje uma definição comumente aceita para IoT é uma infra-estrutura de rede global dinâmica com capacidade de auto-configuração baseadas em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis onde as "coisas" físicas e virtuais tem identidades, atributos físicos e personalidades virtuais e usam interfaces inteligentes e são perfeitamente integradas na rede de informações (KRANENBURG, 2008).

A *Internet das Coisas* é uma construção que combina processos de informações e de energia para controlar grandes coleções de diferentes objetos. A IOT é composta de objetos inteligentes, tais como *smartphones*, *tablets*, sistemas de alarme, eletrodomésticos e máquinas industriais que estão sempre conectados à *internet* (BARI; MANI; BERKOVICH, 2013).

2.4 Tecnologias de Prototipagem

Nesta sessão serão explanados conceitos sobre algumas tecnologias de prototipagem existentes.

2.4.1 Sensores

Um sensor é um dispositivo que pode detectar eventos ou mudanças de diferentes tipos e fornecer uma saída correspondente. É um dispositivo que altera algumas características devido a condições externas e pode ser conectado a um circuito, convertendo o sinal para que possa ser interpretado por um microprocessador. Com alguns sensores, é possível criar circuitos que interpretam os dados fornecido pelo sensor através de código. Alguns sensores complexos têm um *built-in* (protocolo de comunicação), o que lhes permite fornecer dados correspondentes à sua função. A sensibilidade de um sensor indica o quanto os dados de saída podem mudar (OLSSON, 2015). A seguir são destacados alguns sensores usados em projetos de prototipagem.

2.4.2 Sensores de Temperatura e Umidade

- Sensor DHT11¹ - O sensor digital de temperatura e umidade DHT11 é um sensor complexo que contém uma saída calibrada de sinal digital da temperatura e umidade. Ele inclui um componente de medição de umidade de tipo resistivo e um componente de medição de temperatura NTC (*Negative Temperature Coefficient*). E se conecta a um microcontrolador de 8 *bits* de alto desempenho, oferecendo excelente qualidade, resposta rápida, capacidade anti-interferência e custo-efetividade. É um sensor de baixo custo e como já foi descrito sua utilização foi utilizado no protótipo para coletar dados da temperatura e umidade do ar no ambiente.
- Sensor DHT22² - O módulo digital de temperatura e umidade possui detecção de umidade capacitiva e possui a saída digital dos sensores de temperatura e umidade calibrada. O sensor inclui componentes capacitivos e um dispositivo de medição de temperatura de alta precisão e conectado a um microcontrolador de 8 bits de alto desempenho. Possui resposta rápida e forte capacidade anti-bloqueio. Cada sensor é uma calibração extremamente precisa da câmara de calibração de umidade. Tem um tamanho pequeno, baixo consumo de energia, distância de transmissão de sinal de até 20 metros, tornando-se a melhor escolha de todos os tipos de aplicações e até mesmo as aplicações mais exigentes.

¹ <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>

² http://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_DHT22_AM2302.pdf

2.4.3 Sensores de Monóxido de Carbono

- Sensor MQ7³ - é composto por um micro tubo de cerâmica AL₂O₃, camada sensível ao dióxido de estanho (SnO₂), eletrodo e aquecedor são fixados em uma crosta feita por rede de plástico e aço inoxidável. O aquecedor fornece condições de trabalho necessárias para os componentes sensíveis. O MQ-7 envolvido tem 6 pinos, 4 deles são usados para enviar sinais e outros 2 são usados para fornecer corrente de aquecimento. O sensor MQ-7 foi utilizado no protótipo com a finalidade fazer a detecção de índices elevados de monóxido de carbono além do tolerado pelas aves.
- Sensor MQ-9⁴ O material sensível do sensor de gás MQ-9 é SnO₂, que têm menor condutividade em ar limpo. Isso faz detecção por método de ciclo de alta e baixa temperatura e detecção de CO quando baixa temperatura (aquecida por 1,5 volts). A condutividade do sensor é mais elevada, juntamente com a elevação da concentração de gás. Quando sobe temperatura (aquecida por 5.0V), detecta metano, gás combustível propano etc. Este sensor tem alta sensibilidade ao monóxido de carbono, metano e GLP (Gás Liquefeito de Petróleo).

2.4.4 Sensor de Amônia

Sensor MQ135⁵ - A estrutura do sensor de gás MQ-135 é bem parecida com a do sensor MQ-7, composto por um micro tubo AL₂O₃, camada sensível ao dióxido de estanho (SnO₂), um eletrodo de medição e aquecedor são fixados em uma crosta feita de plástico e rede de aço inoxidável. O aquecedor fornece condições de trabalho necessárias para os componentes sensíveis. O MQ-135 envolvido tem 6 pinos, 4 deles são usados para buscar sinais e outros 2 são usados para fornecendo corrente de aquecimento. O sensor MQ-135 foi utilizado no trabalho com o propósito de detectar índices de de gás amônia além do que é tolerado pelas aves.

2.4.5 Sensor de Luminosidade

Sensor LDR⁶ (*Light Dependent Resistor*) - é composto por duas células fotocondutoras de sulfureto de cádmio com respostas espectrais semelhante ao do olho humano. A resistência celular cai com o aumento da intensidade da luz. As aplicações incluem controle automático de iluminação e sistemas de alarme.

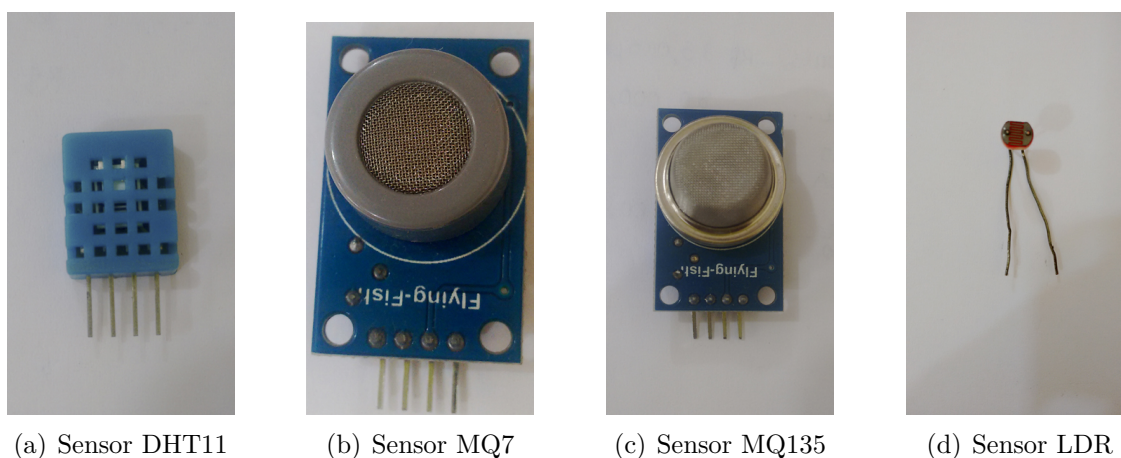
³ <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/605-00007-MQ-7-Datasheet.pdf>

⁴ http://img.filipeflop.com/files/download/Sensor_de_gas_MQ-9.pdf

⁵ <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>

⁶ http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr/sites/default/files/gelisim/elektronik/dosyalar/40/LDR_NSL19M51.pdf

Figura 1: Sensores Utilizados Fonte: (AUTOR).



(a) Sensor DHT11

(b) Sensor MQ7

(c) Sensor MQ135

(d) Sensor LDR

Estes sensores são responsáveis por coletar dados do ambiente para que o *Arduino* possa processá-los e acionar ou não os atuadores com base nos dados lidos.

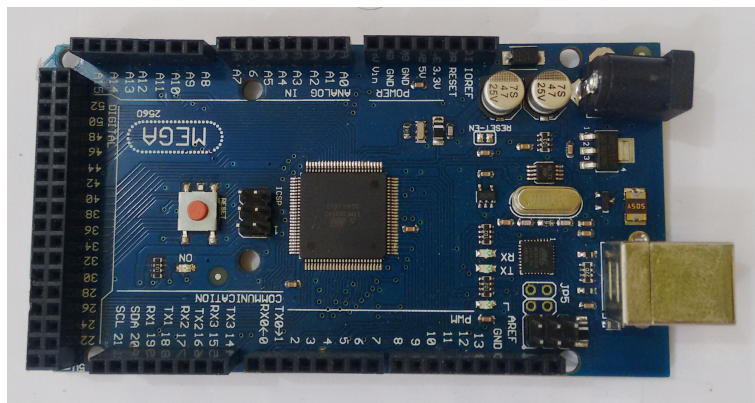
2.4.6 Atuadores

Os atuadores são componentes e dispositivos que podem transformar a eletricidade em luz, movimento, calor ou qualquer outra manifestação física de energia - por exemplo, lâmpadas, motores, células *pelzier* (dispositivos que pode alterar a temperatura quando você aplica uma corrente), solenóides e assim por diante (GORANSSON, 2013). Quando se trata de monitoramento e controle de variáveis climáticas os atuadores são de fundamental importância, pois eles com o auxílio de sensores e um microcontrolador como um *Arduino Mega* por exemplo, são responsáveis pelo controle dessas variáveis.

2.4.7 *Arduino Mega 2560*

O *Arduino Mega 2560*⁷ é uma placa com microcontrolador baseada no *ATmega2560*. Muito utilizada por possuir uma grande quantidade de pinos de entrada/saída digitais e analógicas e uma maior capacidade de armazenamento em relação ao *Arduino Uno*. No protótipo, é um *Arduino Mega 2560* que faz a leitura dos dados dos sensores e aciona os atuadores de acordo com valores informados nos parâmetros de configuração. O *Arduino Mega* processa os dados vindos dos sensores, e com base nesses dados pode ou não acionar os atuadores responsáveis pela climatização dos aviários. A Figura 2 mostra uma placa *Arduino Mega 2560*.

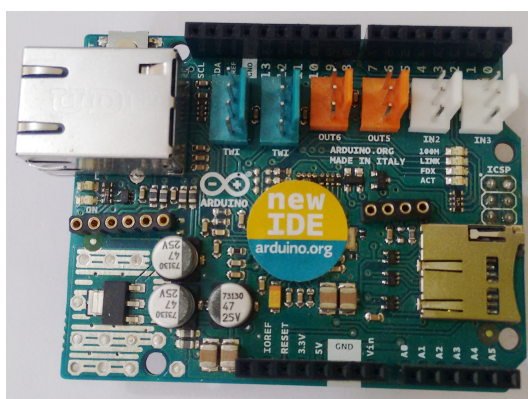
⁷ <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>

Figura 2: *Arduino Mega 2560* Fonte: (AUTOR).

O *Arduino Mega* não dispõe de conexão com a *internet*, para tal, ele depende de componentes externos (módulos diversos) que permitem a conexão com redes sem fio e/ou com redes cabeadas (redes *ethernet*). Entre os diversos módulos que permitem conectar o *Arduino* a *internet*, o *Arduino Ethernet Shield* é um dos mais tradicionais e muito utilizado em projetos de prototipagem.

2.4.8 *Arduino Ethernet Shield*

O *Arduino Ethernet Shield*⁸ é um módulo responsável por conectar o *Arduino* à *internet*. Para que o módulo se conecte a *internet* basta conectá-lo por meio de um cabo *ethernet* a um roteador ou qualquer dispositivo que tenha acesso a *internet*. Lembrando também que o módulo funciona no modo *off-line*. A função do módulo neste trabalho é servir como canal de comunicação entre *Arduino Mega 2560* e o servidor, por onde os dados dos sensores e atuadores lidos e processados pelo *Arduino Mega* trafegam. Na Figura 3 é possível ver um *Arduino Ethernet Shield*.

Figura 3: *Arduino Ethernet Shield* Fonte: (AUTOR).

Além de módulos que permitem ao *Arduino* conectar-se a *internet*, existem vários outros componentes externos que concedem ao *Arduino* enviar e receber dados utilizando

⁸ <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-ethernet-shield-2>

várias outras tecnologias transmissão de dados como *bluetooth* e GSM. Encontra-se disponível no mercado diferentes modelos de componentes que possibilita o envio e recebimento de dados via GSM, porém aqui será descrito o módulo GSM Sim 900.

2.4.9 Shield GSM Sim 900

O *shield* GPRS / GSM utilizado, é baseado no módulo SIM900 do SIMCOM. Este módulo fornece uma maneira de usar uma rede de telefonia celular GSM para enviar e receber dados de um local remoto. O módulo permite que isso seja realizado através de três métodos: serviço de mensagens curtas, áudio e serviço GPRS. O *shield* é compatível com todas as que tem o mesmo formato das placas *Arduino* padrão⁹. A Figura 4 mostra um módulo GSM SIM 900.

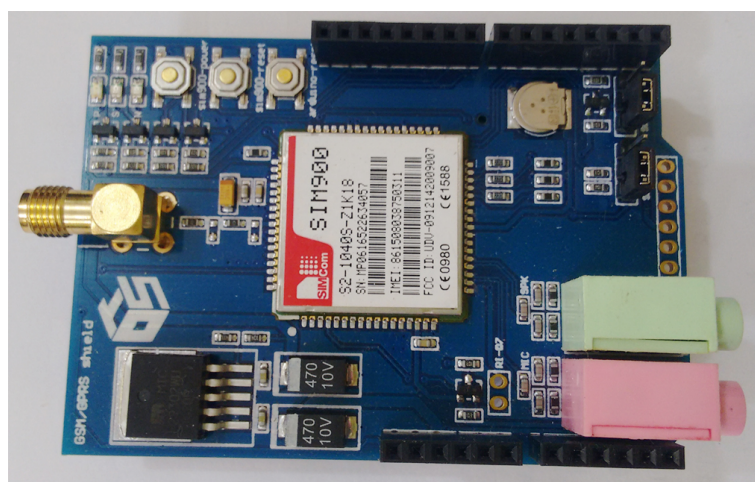


Figura 4: Módulo GSM Fonte: (AUTOR).

2.5 Tecnologias de Desenvolvimento Web

Nesta seção estão descritas algumas tecnologias de desenvolvimento *web* como: HTML, *Javascript* e PHP.

2.5.1 HTML

HTML¹⁰ (*HyperText Markup Language*) é uma linguagem de marcação. Linguagem de marcação, no sentido em que se relaciona com os navegadores, é uma linguagem com sintaxe específica que fornece instruções ao navegador sobre como exibir uma página. A HTML distingue e separa o "conteúdo"(palavras, imagens, áudio, vídeo, e assim por diante) de sua "forma de apresentação"(as instruções sobre como determinado tipo de conteúdo deve ser exibido). A HTML usa um conjunto pré-definido de elementos para

⁹ <https://www.tinyosshop.com/Arduino-gsm-shield>

¹⁰ <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/HTML/Introduction>

identificar os diversos tipos de conteúdo. Os elementos, por sua vez, contêm uma ou mais *tags* que contêm ou expressam um determinado conteúdo. *Tags* são envoltas por parênteses angulares e a *tag* de fechamento (isto é, que indica o fim do conteúdo) tem o nome antecedido por uma barra "/".

2.5.2 JavaScript

O *JavaScript*¹¹ é uma linguagem de programação do lado cliente, ou seja, é processada pelo próprio navegador. Com o *JavaScript* é possível criar efeitos especiais para as páginas na *Web*, além de proporcionar maior interatividade com os usuários. O *JavaScript* é uma linguagem orientada a objetos, ou seja, ela trata todos os elementos da página como objetos distintos, facilitando a tarefa da programação. Resumindo, é uma poderosa linguagem que deve ser dominada por quem deseja criar páginas *Web* dinâmicas e interativas.

2.5.3 PHP

O PHP¹² (*Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de *script open source* de uso geral, muito utilizada, e especialmente adequada para o desenvolvimento *web* e que pode ser embutida dentro do HTML.

Em vez de muitos comandos para mostrar HTML, as páginas PHP contêm HTML em código mesclado que faz "alguma coisa"(neste caso, mostra "Olá, eu sou um *script* PHP!"). O código PHP é delimitado pelas instruções de processamento (*tags*) de início e fim `<?php` e `?>` que permitem que o programador pule para dentro e para fora do "modo PHP".

O que distingue o PHP de algo como o *Javascript* no lado do cliente é que o código é executado no servidor, gerando o HTML que é então enviado para o navegador. O navegador recebe os resultados da execução desse *script*, mas não sabe qual era o código fonte. O programador pode inclusive configurar o servidor *web* para processar todos os seus arquivos HTML com o PHP.

A melhor coisa em usar o PHP é que ele é extremamente simples para um iniciante, mas oferece muitos recursos para um programador profissional. Apesar do desenvolvimento do PHP ser focado nos *scripts* do lado do servidor, você pode fazer muito mais com ele.

¹¹ https://developer.mozilla.org/ptPT/docs/Web/JavaScript/O_que%C3%A9_JavaScript

¹² <https://secure.php.net/manual/ptBR/intro-what-is.php>

2.5.4 Aplicações Web

As aplicações *web* executam em servidores e geram conteúdo HTML. O conteúdo é interpretado e pode ser visualizado por navegadores. A interface reside no cliente e o processamento acontece no servidor de aplicações, o banco de dados pode estar em uma terceira máquina¹³. As aplicações *web* tornaram-se um meio muito popular de desenvolvimento de *software*. Isso acontece por conta das muitas vantagens que os aplicativos *web* proporcionam: não precisa de instalação em cada máquina do cliente, dados centralizados, redução no custo comercial, entre outras (MALVIYA; SAURAV; GUPTA, 2013).

Os sistemas *web* oferecem ótimas promessas para educação e ciência, empresas e indústrias. Alguns dos seus benefícios são: Redução do custo de produção devido ao monitoramento remoto, diagnóstico, depuração e atualização de código, laboratórios educacionais virtuais para ensino à distância que fornecem horários flexíveis e criam novas oportunidades educacionais a um custo baixo, conveniência e segurança que acompanham a capacidade de monitorar o *status* de uma casa inteligente e controlar aparelhos pela *internet* quando longe de casa (KARIA et al., 2011).

Por muito tempo os aplicativos *desktop* satisfaziam todas as necessidades dos usuários de *software* em muitas áreas. Porém, ultimamente o desenvolvimento *web* tem aumentado muito e criado mais espaço para os aplicativos *web*. Isso acontece por conta da necessidade de acessar informações a partir de diferentes dispositivos e de qualquer lugar.

O uso de aplicações *web* em projetos de automação reforça a ideia de que ele está inserido no contexto de *Internet* das Coisas. Elas auxiliam a interação entre sensores, atuadores e micro controlador com dispositivos inteligentes como computadores, *smartphones*, entre outros.

Fazer uso dessas tecnologias pode trazer grandes benefícios para o sistema produtivo da avicultura de corte, podendo tornar a atividade mais rentável, coletando informações precisas do ambiente no interior dos aviários e fazendo com que os atuadores sejam acionados de forma correta e precisa, diminuindo os problemas causados por doenças que acometem as aves por conta de condições extremas das variáveis climáticas.

¹³ <https://polisoftware.wordpress.com/2012/11/05/aplicacoes-web-conceitos-ii/>

3 Trabalhos Relacionados

Neste tópico estão alguns trabalhos que serviram como embasamento teórico para o desenvolvimento desse projeto.

Ammad-uddin et al. (2014), propuseram em seu trabalho um esquema de rede de sensores sem fio para ambiente de produção avícola. O objetivo do trabalho foi a introdução de tecnologias mais modernas na criação de aves, para estabelecer uma exploração avícola ideal. Na arquitetura da solução de rede sem fio as aves foram equipadas com RFIDs (*Radio Frequency Identification*), acelerômetros e sensores de temperatura para que os parâmetros vitais das aves pudessem ser monitorados e transmitidos para os pontos de acesso sem fio. Além disso, foram monitoradas também as variáveis de ambiente, como temperatura, umidade, composição do ar e luminosidade, pois são parâmetros que influenciam diretamente na saúde e bem estar das aves.

O trabalho deles mostra o quão importante é o uso da tecnologia para atingir os índices produtivos desejados na produção avícola. Com tudo, para a produção de frango de corte, equipar cada ave com nós sensores pode se tornar economicamente inviável visto que, o ciclo de vida, ou seja, o ciclo produtivo das aves é relativamente curto.

No trabalho de Amir, Abas e Azmi (2016), foi desenvolvido um protótipo de um sistema para o monitoramento de aviários de frangos caipiras com base em unidades de comunicação sem fio para a transferência de dados utilizando módulos sem fio combinados com sensores que permitem detectar valores de temperatura, umidade, luminosidade e nível da água. O protótipo foca em coletar, armazenar e controlar informações dos aviários em um sistema de produção baseado gaiolas individuais, onde cada gaiola é equipada com um módulo de sensores e unidade de comunicação sem fio. Eles utilizaram uma placa *Arduino* para coletar e processar os dados dos sensores e também utilizaram o *framework matlab* para desenvolver a aplicação.

O trabalho deles não mostra resultados em forma de números, descrevem apenas que o protótipo se comportou como esperado, os testes foram realizados em um ambiente simulado, ou seja, um ambiente criado em escala reduzida apenas para efeito de testes.

A proposta de Roy e Sarkar (2016) foi desenvolver um sistema em tempo real usando tecnologia RFID passiva de baixo custo e baixa potência para o monitoramento contínuo de galinhas caipiras em uma fazenda de produção avícola para detectar Influenza Aviária (AI) em um estágio muito precoce, podendo assim, controlar sua propagação sobre as fazendas produtoras de aves. Eles anexaram etiquetas RFIDs do tipo anel em cada ave. Dessa forma o sistema pôde extrair informações de cada ave, a ração e medicação eram mantidas em gaiolas com balanças, ou seja, eles tinham peso das aves atualizados diariamente. O acompanhamento foi feito por meio de uma aplicação desenvolvida utilizando a linguagem de programação *visual basic*. Nos resultados apresentados, usaram como limiar

para detecção da AI a perda de apetite e perda de mobilidade das aves, Se qualquer ave não pudesse alcançar a gaiola de alimentos dentro do período de tempo crítico prefixado, o sistema gera um alarme e mostra na aplicação a identificação da ave que disparou o alarme.

O trabalho se mostrou bastante relevante, visto que, a AI é uma das doenças avícolas que mais preocupam os produtores em todo o mundo, pois além de ter um alto índice de infestação e mortalidade, resulta em problemas na exportação da carne e derivados, causando assim, grandes prejuízos econômicos para os produtores e até mesmo para o país.

3.1 Comparativo

A Tabela 3 mostra um comparativo entre o trabalho proposto e os trabalhos relacionados citados à cima.

Trabalhos	Monitora as variáveis de ambiente	Monitora a qualidade do ar	Controle de atuadores	Tratamento de falhas com alerta via SMS	Monitoramento com aplicação web
Trabalho Proposto	X	X	X	X	X
Ammad-Uddin et al., 2014)	X	X			
Amir, Fathi e Asmi, 2016)	X		X		
Roy e Sarkar, 2016			X		

Tabela 3: Tabela de comparação entre os trabalhos Fonte: (AUTOR).

Como mostra a Tabela 3, o trabalho proposto tem como diferencial em relação aos demais, o tratamento de falhas com alerta via SMS e monitoramento por meio de uma aplicação *web*.

4 Desenvolvimento do Trabalho

Neste capítulo será apresentado o protótipo desenvolvido de forma detalhada, assim como, algumas das possíveis interações com o usuário (monitoramento e controle do clima e dos atuadores).

4.1 Modelagem do Protótipo

Na modelagem do protótipo foi utilizada a *Unified Modeling Language* (UML), para melhor representar as funcionalidades da aplicação *web*. A UML é uma linguagem visual que pode ser utilizada para a modelagem de *softwares* que tenham como base o paradigma de orientação a objetos. É uma linguagem de modelagem de uso geral que pode ser aplicada a todos os domínios de aplicação (GUEDES, 2011). Nesse contexto a UML foi empregada para tornar o entendimento do funcionamento do protótipo o mais simples possível.

4.1.1 Diagrama de Caso de Uso

O diagrama de caso de uso busca, por meio de uma linguagem simples, tornar possível a compreensão do comportamento externo do sistema (em termos de funcionalidades por ele oferecidas) por qualquer pessoa, na tentativa de apresentar o sistema por intermédio do ponto de vista do usuário (GUEDES, 2011). Na Figura 5 é possível visualizar o diagrama de caso de uso da aplicação *web*, a partir dele observamos que o usuário só poderá executar uma tarefa na aplicação, apenas se estiver autorizado, ou seja, ele deverá realizar o *login* para ter acesso as funcionalidades da aplicação.

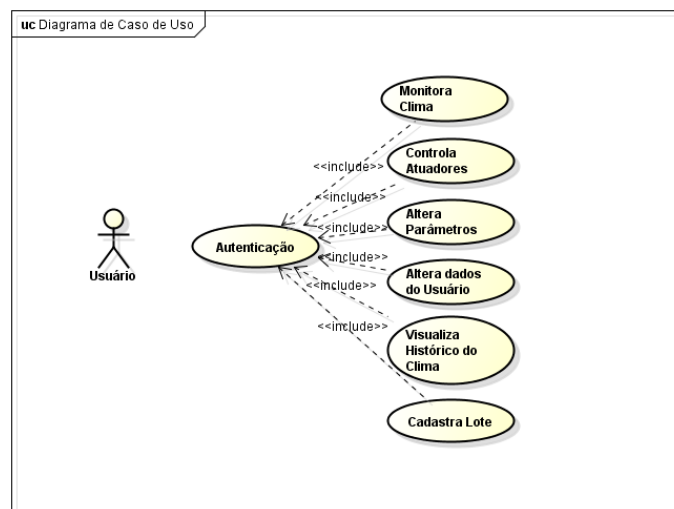


Figura 5: Diagrama de Caso de Uso Fonte: (AUTOR).

4.1.2 Diagrama de Classes

O diagrama de classes é um dos mais importantes da UML. Seu principal objetivo é permitir a visualização das classes que irá compor o sistema com seus respectivos atributos e métodos, assim como, demonstrar como as classes dos diagramas se relacionam, complementam e transmitem informações entre si (GUEDES, 2011). O diagrama de classes da aplicação pode ser visto na figura 6.

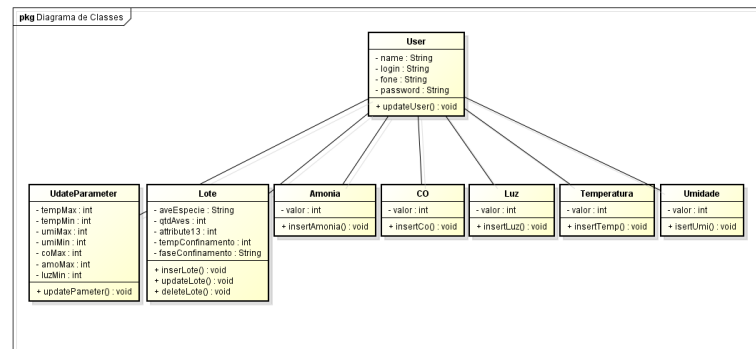


Figura 6: Diagrama de Classes Fonte: (AUTOR).

4.2 Arquitetura do Protótipo

Na arquitetura deste trabalho, foi utilizada uma placa *Arduino Mega 2560*. A escolha dessa placa se justifica por possuir maior quantidade de portas digitais e analógicas, maior capacidade de armazenamento e maior poder de processamento em relação a placa *Arduino Uno*. A placa *Arduino Mega 2560*, faz a coleta e processamento de dados dos sensores e os envia por meio de um módulo *ethernet shield* para o servidor onde são tratados e armazenados em uma base de dados. Os dados podem ainda ser exibidos por uma aplicação *web* para que o usuário possa visualizar em tempo real as variações climáticas dentro dos aviários, assim como, o estado dos atuadores. Além de visualizar os dados, o usuário pode controlar o estado dos atuadores através da aplicação *web* e ajustar os parâmetros de configuração como temperatura máxima e mínima, de acordo com a faixa etária das aves. A Figura 7 mostra como está distribuída a arquitetura do protótipo.

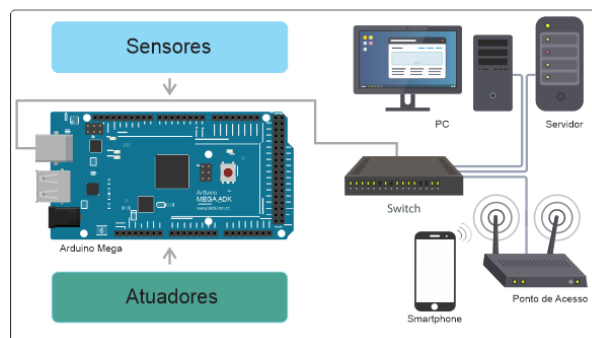


Figura 7: Arquitetura do Protótipo Fonte: (AUTOR).

4.3 Climatização Automática

A climatização é feita automaticamente por meio do micro controlador *Arduino*. Ele aciona ou não os atuadores com base nos dados obtidos dos sensores.

4.3.1 Controle da Temperatura

O controle de temperatura e umidade é feito com base nos dados adquiridos do sensor DHT11, a temperatura mínima e máxima assim como a umidade mínima e máxima tolerada pelas aves varia de acordo com a faixa etária das aves como mostra as Tabelas 1 e 2, visto que a necessidade desses animais é diferente dependendo da sua idade ou fase de crescimento.

A escolha do DHT11 se justifica por ser um sensor de prototipagem de baixo custo. Porém existem outros modelos no mercado como o DHT22 por exemplo. Ele é mais preciso e tem um tempo de leitura mais curto cerca 0,5 milissegundos, porém para este trabalho o DHT11 supre as necessidades.

Para controlar a temperatura e umidade em ambiente de produção avícola, são utilizados exaustores, aquecedores e nebulizadores, porém estes atuadores não foram utilizados no presente trabalho. A ação ou acionamento desses dispositivos foram simulados com a utilização de *leds*. No protótipo quando a temperatura ou umidade atinge níveis extremos além do que é tolerado pelas aves, um *led* acende, simulando o ligar/desligar do respectivo atuador.

4.3.2 Controle de Monóxido de Carbono

Como a produção de monóxido de carbono (CO) geralmente é proveniente do material utilizado como cama para as aves (serragem, entre outros) juntamente com os dejetos ali acumulados. Nesse caso os dados colhidos pelo sensor MQ-7 funcionam como um indicador de que esse material usado como cama, precisa ser substituído. Ainda sim, se o nível de CO ultrapassar o limite tolerado pelas aves, o *led* correspondente aos exaustores é acionado,

o usuário também receberá um SMS informando que o nível desse gás está alto para que seja tomada as devidas providências.

4.3.3 Controle de Amônia

A finalidade do monitoramento e controle do gás amônia (NH₃) é parecida com a do monóxido de carbono, esse gás geralmente é proveniente do material utilizado com cama para as aves (serragem, entre outros) juntamente com os dejetos ali acumulados. Nesse caso os dados colhidos pelo sensor MQ-135 funcionam como um indicador de que esse material usado como cama, precisa ser substituído. Ainda sim, se o nível de NH₃ ultrapassar o limite tolerado pelas aves, o *led* correspondente aos exaustores é acionado melhorando a circulação do ar e minimizando os efeitos nocivos causados a saúde das aves. Por fim, será enviado um SMS para o usuário informando que o nível desse gás está além do que é tolerado.

4.3.4 Controle da Luminosidade

A luminosidade exigida pelas aves pode variar também de acordo com a idade ou fase de produção das mesmas, ou ainda se o produtor faz uso de programa de luz para aumentar a produtividade. Os programas de luz consistem em aumentar ou diminuir a quantidade de horas que as aves passam no escuro por dia, eles são elaborados prevendo alterações que ocorrem em idades pré-determinadas e variam de acordo com a meta de peso final definida pelo mercado. Programas de luz dedicados a evitar o ganho excessivo de peso entre 7 e 21 dias tem se mostrado eficazes na redução da mortalidade em decorrência de ascite (doença que associada à sobrecarga fisiológica e metabólica), morte súbita e problemas nas pernas (COBB., 2016). O protótipo monitora a luminosidade por meio de um sensor LDR, e aciona o led que representa as lâmpadas dos aviários de acordo com o que é estabelecido pelo produtor.

4.4 Tratamento de Falhas

Na solução do tratamento de falhas, o uso do *shield* GSM foi fundamental, visto que, é uma forma simples de envio de dados via rede de telefonia móvel e é nesse contexto que ele se encaixa, pois no momento em que uma das variáveis climáticas atinge seu limite máximo ou mínimo tolerado, o sistema vai passar a verificar se o valor dessa variável continua aumentando, e se for o caso, o *Arduino* enviará uma mensagem de texto para o número do celular do administrador do sistema previamente cadastrado por meio do módulo GSM. Dessa forma o usuário perceberá que há uma falha no sistema (podendo ser atuadores com defeito ou outra falha qualquer) e dessa forma, poderá verificar.

A escolha do uso da tecnologia GSM neste trabalho se justifica por não haver necessidade de conexão com *internet* e também pela facilidade de poder enviar uma mensagem SMS para qualquer dispositivo de telefonia móvel, não se limitando apenas aos *smartphones*.

4.5 Aplicação Web

Para tornar tornar mais amigável a interação entre o usuário e o protótipo, foi desenvolvida uma aplicação *web* onde o usuário pode fazer o monitoramento das variáveis climáticas, assim como o monitoramento e controle dos atuadores de forma fácil e prática.

A aplicação *web* foi desenvolvida utilizando as linguagens de programação PHP executando do lado do servidor e *Java Script* executando do lado do cliente. Através dela é possível visualizar os dados lidos pelos sensores, deixar o sistema no modo automático ou manual (onde o estado dos atuadores pode ser alterado de forma automática pelo sistema e sem a intervenção do usuário ou manualmente com intervenção do usuário), alterar parâmetros de configuração como temperatura (mínima e máxima), umidade (mínima e máxima), luminosidade, amônia e monóxido de carbono, visualizar histórico de variação do clima e alterar dados do usuário. As imagens das principais páginas da aplicação *web* se encontram nos apêndices com uma breve descrição de cada uma.

4.6 Resultados e Testes

Os testes foram realizados de forma simulada criando situações e observando o comportamento do protótipo, a Figura 8 mostra as situações que foram criadas e os respectivos comportamentos. A Figura está dividida em duas áreas, uma área com as situações elaboradas destacada na cor branca e outra com os comportamentos obtidos. As situações “baixa” e “alta”, representam os índices das variáveis climáticas que estão abaixo ou acima do que é ideal pelas aves, com exceção dos gases amônia e monóxido de carbono que não tem uma quantidade mínima. Nesse caso “baixa” pode ser considerada ideal. Nos comportamentos obtidos o “0” e “1”, representam o estado dos atuadores (equipamentos de climatização), que no protótipo foram representados por *leds*, onde “0” significa que o estado do atuador está desligado e “1” significa ligado.

Situações criadas com as variáveis climáticas						Comportamento do Obtido					
Situação	Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
1	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	0	0	1	1	1	0
2	alta	baixa	baixa	baixa	baixa	1	1	1	0	1	0
3	alta	alta	baixa	baixa	baixa	1	1	0	0	1	0
4	alta	alta	alta	baixa	baixa	1	1	0	0	0	0
5	alta	alta	alta	alta	baixa	1	1	0	0	0	0
6	alta	alta	alta	alta	alta	1	1	0	0	0	0
7	baixa	alta	alta	alta	alta	1	1	0	1	0	0
8	baixa	baixa	alta	alta	alta	1	1	1	1	0	0
9	baixa	baixa	baixa	alta	alta	1	1	1	1	1	0
10	baixa	baixa	baixa	baixa	alta	1	1	1	1	1	0

Figura 8: Tabela de Testes Fonte: (AUTOR).

A seguir será feito o desmembramento da Figura 8, onde é explicado de forma mais detalhada o que ocorre em cada situação testada.

- **Situação 1** - Neste caso são relevantes apenas as variáveis de temperatura, umidade e luminosidade por ter sido simulado como abaixo do nível ideal para as aves, onde o protótipo teve as saídas iguais a 1 para os *leds* que representam os atuadores nebulizador, aquecedor e as lâmpadas. Os níveis de gás amônia e monóxido de carbono estando baixo, como já foi mencionado, é considerado ideal.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido						
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS	
baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	0	0	1	1	1	0	

Figura 9: Situação 1 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 2** - Neste caso apenas a temperatura foi simulada variável temperatura foi simulada como "alta" e as demais "baixa", é possível observar que o comportamento obtido é totalmente diferente do que é observado na figura 9, pois foram acionados os ventiladores, exaustores nebulizadores e as lâmpadas como mostra a figura 10.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido						
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS	
alta	baixa	baixa	baixa	baixa	1	1	1	0	1	0	

Figura 10: Situação 2 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 3** - Aqui a temperatura e umidade do ar foram simuladas como “alta” e as demais “baixa”, nesse caso o comportamento obtido foi ventiladores, exaustores e lâmpadas acionados, como é possível observar na figura 11.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido						
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS	
alta	alta	baixa	baixa	baixa	1	1	0	0	1	0	

Figura 11: Situação 3 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 4** - Nesta situação a temperatura, umidade do ar e luminosidade foram simuladas como “alta” e as demais “baixa”, nesse caso a luminosidade estando alta então se considera luminosidade ideal e as lâmpadas se estiverem acesas, são apagadas. O comportamento obtido foi ventiladores e exaustores acionados, como é visto na figura 12.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
alta	alta	alta	baixa	baixa	1	1	0	0	0	0

Figura 12: Situação 4 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 5** - Nesta situação apenas a variável monóxido de carbono foi simulada como “baixa” e as demais “alta”, nesse caso o comportamento obtido foi ventiladores e exaustores acionados.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
alta	alta	alta	alta	baixa	1	1	0	0	0	0

Figura 13: Situação 5 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 6** - Nesta situação todas as variáveis foram simuladas como “alta”, nesse caso o comportamento obtido foi ventiladores e exaustores acionados.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
alta	alta	alta	alta	alta	1	1	0	0	0	0

Figura 14: Situação 6 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 7** - Aqui apenas a variável temperatura foi simulada como “baixa” e as demais “alta”, nesse caso, por conta dos níveis dos gases amônia e monóxido de carbono estar alto o comportamento obtido foi ventiladores, exaustores e aquecedores acionados.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
baixa	alta	alta	alta	alta	1	1	0	1	0	0

Figura 15: Situação 7 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 8** - Nessa condição a temperatura e umidade foram simuladas como “baixa” e as demais “alta”, nesse caso, por conta dos níveis dos gases amônia e monóxido de carbono estar alto o comportamento obtido foi ventiladores, exaustores, nebulizadores e aquecedores acionados.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
baixa	baixa	alta	alta	alta	1	1	1	1	0	0

Figura 16: Situação 8 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 9** - Nessa situação a temperatura, umidade e luminosidade foram simuladas como “baixa” e as demais “alta”, nesse caso, por conta dos níveis dos gases amônia e monóxido de carbono estar alto o comportamento obtido foi todos os atuadores exceto SMS foram acionados.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
baixa	baixa	baixa	alta	alta	1	1	1	1	1	0

Figura 17: Situação 9 Fonte: (AUTOR).

- **Situação 10** - Nesse teste apenas a variável monóxido de carbono foi simulada como “alta” e as demais “baixa”, nesse caso, por conta do nível do gás monóxido de carbono estar alto o comportamento obtido foi todos os atuadores exceto SMS foram acionados.

Situações criadas com as variáveis climáticas					Comportamento do Obtido					
Temperatura	Umidade	Luminosidade	Amônia	Monóxido Carbono	Ventiladores	Exaustores	Nebulizadores	Aquecedores	Lampadas	SMS
baixa	baixa	baixa	baixa	alta	1	1	1	1	1	0

Figura 18: Situação 10 Fonte: (AUTOR).

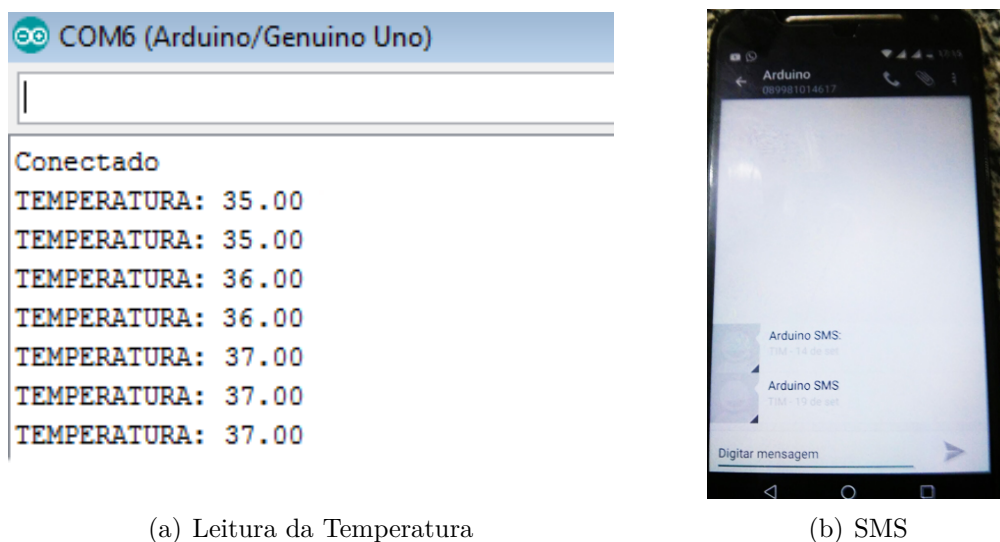
Foi possível observar que em todos os testes o resultado saiu como esperado, porém vale ressaltar que em ambiente real pode haver um ou mais resultados diferentes, o que implicaria em uma revisão e ajustes no protótipo.

4.6.1 Teste Tratamento de Falhas

No presente trabalho quando uma das variáveis climáticas atinge o limite tolerado pelas aves mais um, o protótipo passa a fazer verificações para saber se o valor dessa variável continua subindo, e se for o caso o protótipo entende como um indicativo de falha nos equipamentos de climatização e envia uma SMS para o administrador do sistema para que ele possa tomar uma providência.

Para teste de tratamento de falhas foram simuladas situações em que as variáveis climáticas chegavam ao limite máximo tolerado pelas aves e seu valor continuou aumentando, e no caso da temperatura e umidade quando o valor chegou ao limite mínimo e continuou diminuindo. Lembrando que o limite máximo e mínimo dessas variáveis que é tolerado pelas aves se encontra nas tabelas 1 e 2 de acordo com a faixa etária.

A Figura 19(a) mostra leitura da temperatura e umidade no monitor serial do *Arduino* software. É possível observar que a temperatura e umidade continuam subindo e nesse momento já foi enviado um SMS para o celular como mostra a Figura 19(b).



(a) Leitura da Temperatura

(b) SMS

Figura 19: Sensores Utilizados Fonte: (AUTOR).

Nesse caso é mostrado apenas a temperatura. No entanto os testes foram feitos para todas as variáveis obedecendo os limites recomendados para cada faixa etária das aves. Os testes do tratamento de falhas teve o comportamento esperado em todos os testes mas é importante destacar que em caso de testes em um ambiente real pode existir resultados diferentes.

4.6.2 Testes de Usabilidade

Os testes de usabilidade foram realizados de forma presencial na sala 813 da Universidade Federal do Piauí no Campus de Picos no dia 17 de outubro de 2017 e a distância (*online*) no dia 18 de outubro de 2017, onde 26 pessoas (duas delas um veterinário e um zootecnista) testaram a aplicação *web* interagindo com o *hardware* (*Arduino*) e ao final responderam a um questionário com sete perguntas. As Figuras 20 e 21, mostram o questionário com perguntas e os resultados das respectivas respostas.

Questionário									
Já usou um sistema de automação com interface web?		Quanto ao uso da aplicação o que você achou?			A necessidade de conhecimento avançado para fazer uso da ferramenta?		Quanto as cores empregadas na aplicação o que você achou?		
Sim	Não	Fácil	Tive dificuldade	Não sei opinar	Sim	Não	As cores são agradáveis	As cores incomodam minha visão	Não sei opinar
2	24	25	1	0	0	26	24	2	0

Figura 20: Quadro de questões 1: (AUTOR).

Questionário						
Quanto à disposição dos botões o que você achou coerente?			Quanto a utilização de ícones ou outras imagens para navegação, seu significado é claro?			Você sugere alguma melhoria?
Sim	Não	Não sei opinar	Sim	Não	Não sei opinar	8 pessoas sugeriram destacar o botão "controle" na página de controle dos demais botões.
16	10	0	24	0	2	

Figura 21: Quadro de questões 2: (AUTOR).

O questionário completo e representações gráficas relativos ao teste de usabilidade se encontram em Apêndice C;

5 Conclusão

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo de um sistema de monitoramento e gerenciamento automático das variáveis climáticas em galpões de avicultura de corte visando acionar de forma correta equipamentos de climatização dos aviários minimizando ou justificando os custos com energia elétrica e proporcionar um maior conforto para as aves.

Durante os testes foram criadas várias situações as quais podem ocorrer no dia a dia como mostra a Figura 8, e o protótipo se comportou como esperado em todas elas.

O monitoramento e controle feito pela aplicação *web* também se mostrou eficiente como mostra o teste de usabilidade, com poucas sugestões de melhoria. A exibição dos dados do ambiente exibidos de forma dinâmica e em tempo real e por meio de gráficos facilitou a visualização dos dados e uso da aplicação.

O tratamento de falhas foi o diferencial em relação aos trabalhos relacionados que serviram como base para o desenvolvimento deste trabalho permitindo detectar falhas no controle das variáveis climáticas.

5.1 Trabalhos Futuros

Como proposta de trabalhos futuros, realizar testes com o protótipo em um ambiente real para observar o comportamento do sistema, implementar outros métodos de tratamento de falhas, e por fim implementar uma solução de comunicação sem fio para os sensores podendo dessa forma diminuir o uso de fios e tornar o protótipo mais robusto.

Referências

ABREU, P. G. de; ABREU, V. M. N. Automatizando a avicultura. *EMBRAPA: Comunicado Técnico*, 2001. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/439744/1/CUsersPiazzonDocuments272.pdf>>. Citado na página 17.

AMIR, N. S.; ABAS, A. M. F. M.; AZMI, N. A. Chicken farm monitoring system. *Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7808297/>>. Citado 4 vezes nas páginas 10, 18, 19 e 27.

AMMAD-UDDIN, M. et al. Wireless sensor network: A complete solution for poultryfarming. *Telecommunication Technologies (ISTT)*, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7238228/>>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 27.

ASHTOM, K. A critique of ambient technology and the all-seeing network of rfid. *RFID Journal*, 2009. Citado na página 19.

BARI, N.; MANI, G.; BERKOVICH, S. Internet of things as a methodological concept. *Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6602039/authors>>. Citado na página 19.

COBB. Breeder management guide. In: *cobb Vantress*. 2nd. ed. United States: [s.n.], 2016. v. 69, p. 13–26. Disponível em: <<http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/management-guides/cobb-breeder-management-guide—english.pdf>>. Acesso em: 16.11.2016. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 32.

GORANSSON, D. C. R. A. Professional android open accessory programming with arduino. In: _____. *John Wiley Sons, Inc.* Canadá: [s.n.], 2013. Citado na página 22.

GUEDES, G. T. A. Uml 2 uma abordagem prática. In: _____. *Nova Tec Editora LTDA*. São Paulo: [s.n.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

KARIA, D. C. et al. Embedded web server application based automation and monitoring system. *Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies (ICSCCN)*, 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6024628/>>. Citado na página 26.

KRANENBURG, R. van. A critique of ambient technology and the all-seeing network of rfid. *Institute of Network Cultures*, 2008. Disponível em: <http://www.networkcultures.org/uploads/notebook2_theinternetofthings.pdf>. Citado na página 19.

LOPES, M. Automação avícola. 2011. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=trct=jq=esrc=ssource=webcd=1cad=rjauact=8ved=0ahUKEwio2cOIfrVAhWIX4MKHV3wQFggpMAAurl=http%3A%2F%2Fdata.novo.gessulli.com.br%2Ffile%2F2009%2F09%2F27%2FE142948-F00001-J497.pdfusg=AFQjCNFr-LHpml7Ctg5IHimfj1XMDIVnNg>>. Citado na página 17.

- MALVIYA, V. K.; SAURAV, S.; GUPTA, A. On security issues in web application through cross site scripting (xss). *Software Engineering Conference (APSEC)*, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6805456/authors>>. Citado na página 26.
- OLSSON, T. Arduino wearable projects. In: _____. *Published by Packt Publishing Ltd.* Birmingham: [s.n.], 2015. Citado na página 20.
- PONCIANO, P. et al. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. 2011. Disponível em: <<https://professormarcosaurelio.com.br/wp-content/uploads/2017/08/7-3-59-Analise-logica-fuzzy.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 6, 15 e 17.
- ROY, S.; SARKAR, S. K. Rfid based real time system for early detection of avian influenza for poultry based industry. *Microeletrônica, Computação e Comunicações (MicroCom)*, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7522460/>>. Citado na página 27.
- XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6714496/>>. Citado na página 19.

Apêndices

APÊNDICE A – Protótipo

Segue algumas imagens do protótipo sendo testado

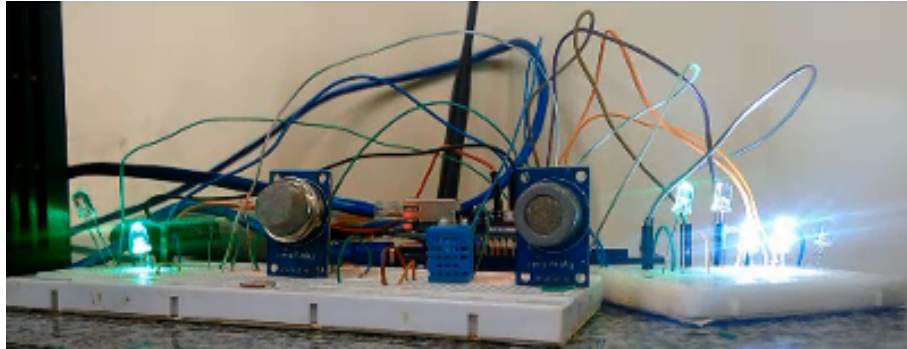


Figura 22: Protótipo em teste Fonte: (AUTOR).

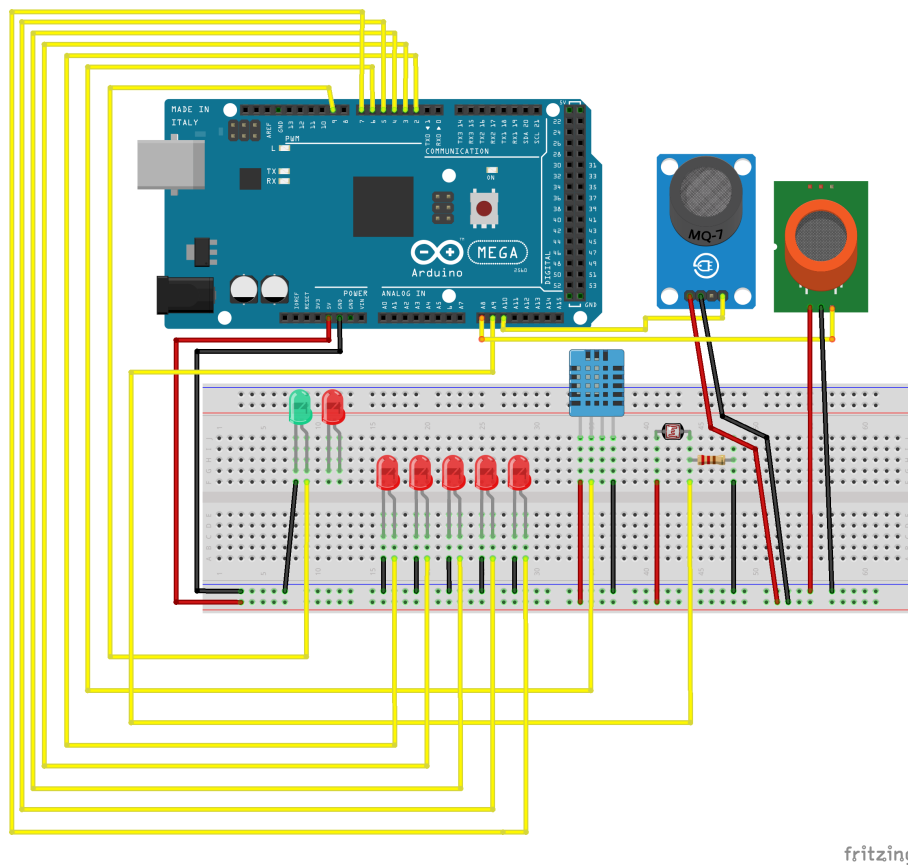


Figura 23: Protótipo - circuito Fonte: (AUTOR).

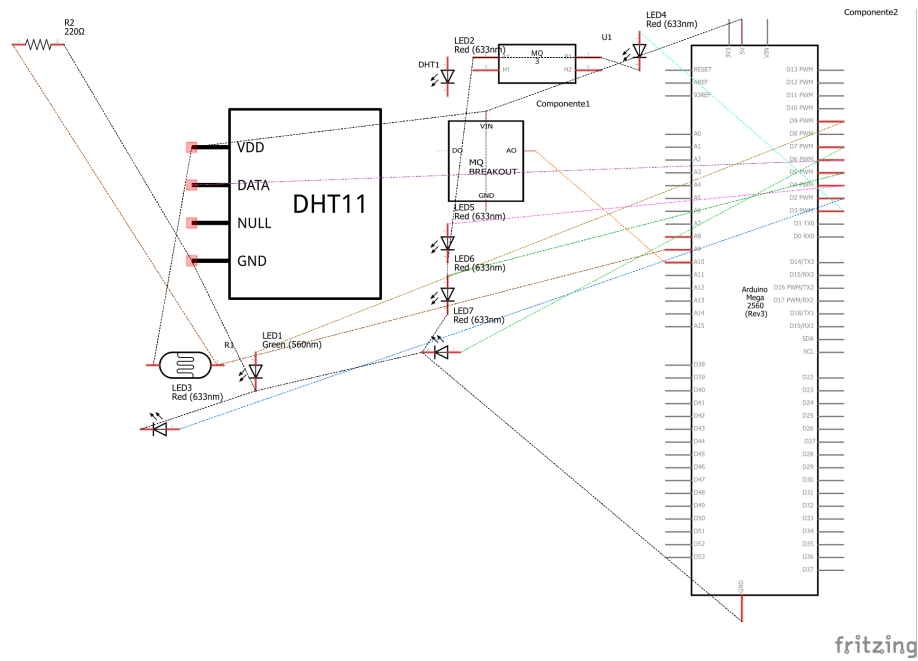


Figura 24: Protótipo - esquemático Fonte: (AUTOR).

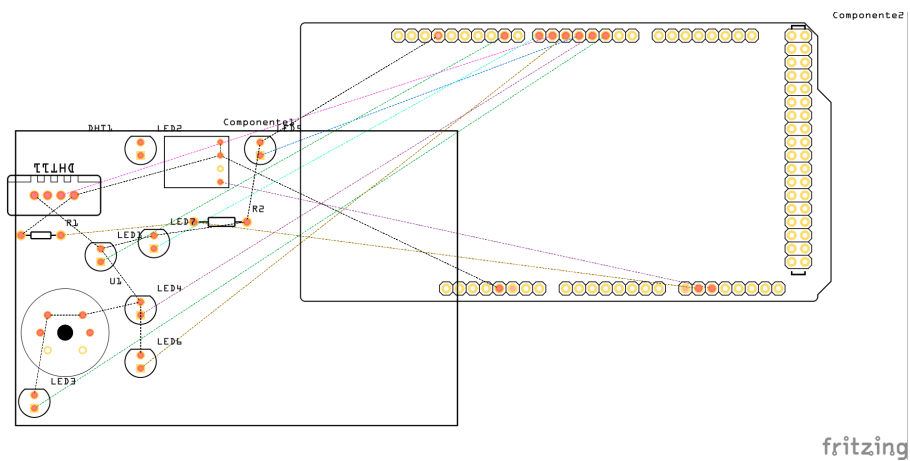


Figura 25: Protótipo - *printed circuit board* Fonte: (AUTOR).

APÊNDICE B – Aplicação *Web*

Neste capítulo se encontram imagens das principais páginas da aplicação *web* juntamente com suas respectivas descrições.

B.1 Página de *Login*

A página de *login* é uma das principais páginas da aplicação *web*, pois todo acesso ao sistema é bloqueado por ela, é por meio dela que o usuário consegue interagir com as demais páginas, bastando apenas ser um usuário cadastrado. A figura 26 mostra a página de *login* sendo acessada por meio de um *smartphone*.

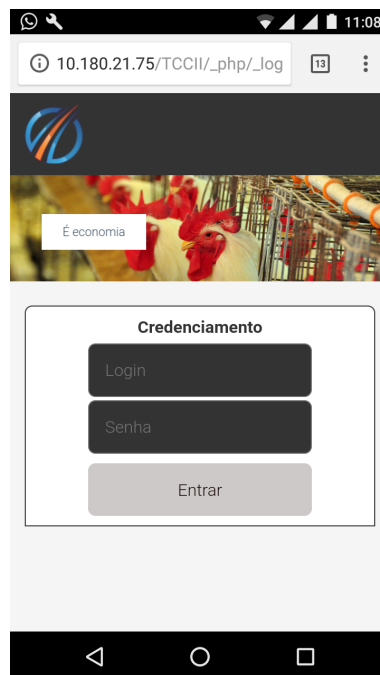


Figura 26: Página de *login* Fonte: (AUTOR).

B.2 Página de Monitoramento

Após o usuário efetuar o credenciamento na página de *login* ele é redirecionado para a página de monitoramento, nela o usuário pode acompanhar a variação do clima no interior dos aviários em tempo real através de um computador ou *smartphone* com acesso a *internet*. A figura 27 mostra a página de monitoramento sendo executada em um computador.

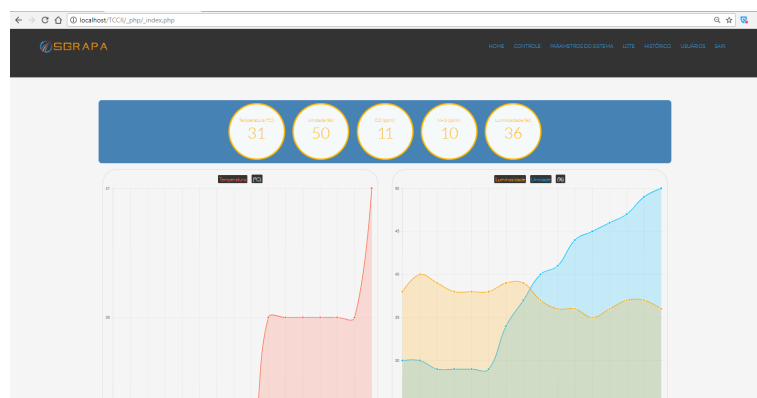


Figura 27: Página de Monitoramento Fonte: (AUTOR).

B.3 Página de Controle

A finalidade da página de controle é para que o usuário possa visualizar o estado dos atuadores e/ou alterá-los, o usuário pode também definir o modo do sistema como automático (onde dependendo do nível das variáveis climáticas o próprio sistema altera ou não estado dos atuadores) e manual (onde o usuário intervêm podendo alterar o estado dos atuadores manualmente através da página *web*).

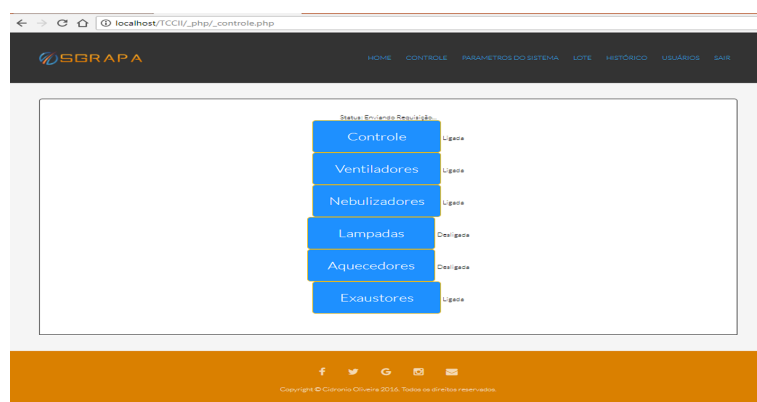


Figura 28: Página de Controle Fonte: (AUTOR).

B.3.1 Página de Alterar Parâmetros do Sistema

No protótipo, por padrão os parâmetros das variáveis climáticas são predefinidos para as aves de 0 a 6 dias de idade. Como as necessidades dos animais são diferentes dependendo da idade, o valor padrão previamente existente no protótipo deve ser alterado. Um exemplo seria a umidade máxima e mínima tolerada que por padrão é 30% e 50% e no momento em que as aves ultrapassarem 6 dias de idade esse valor deve ser alterado para 40% e 50% como mostra a tabela 2. É nessa página que o usuário poderá fazer a alteração dos parâmetros de acordo com a faixa etária das aves.

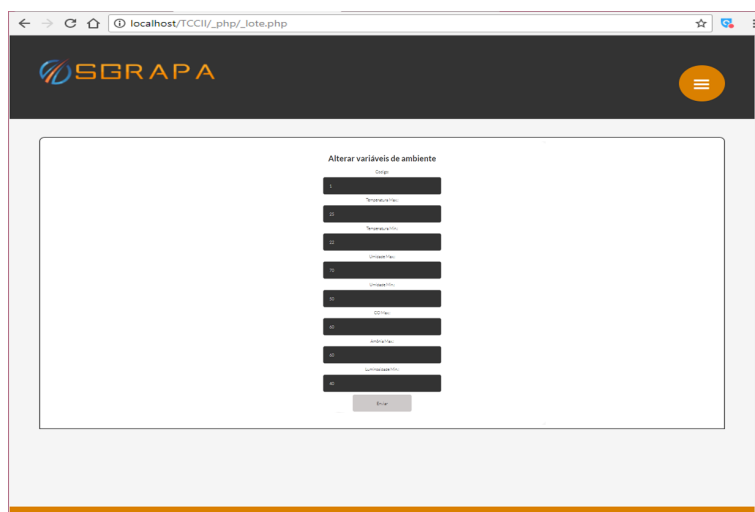


Figura 29: Página de Alterar Parâmetros do Sistema Fonte: (AUTOR).

B.3.2 Página de Alterar Dados do Usuário

A página de alterar os dados do usuário tem um papel muito importante no contexto do trabalho, pois além da questão da segurança permitindo alterar login e senha ela permite o cadastrar um número de telefone celular o qual será usado pelo *shield* GSM para envio de mensagens de alerta no tratamento de falhas.

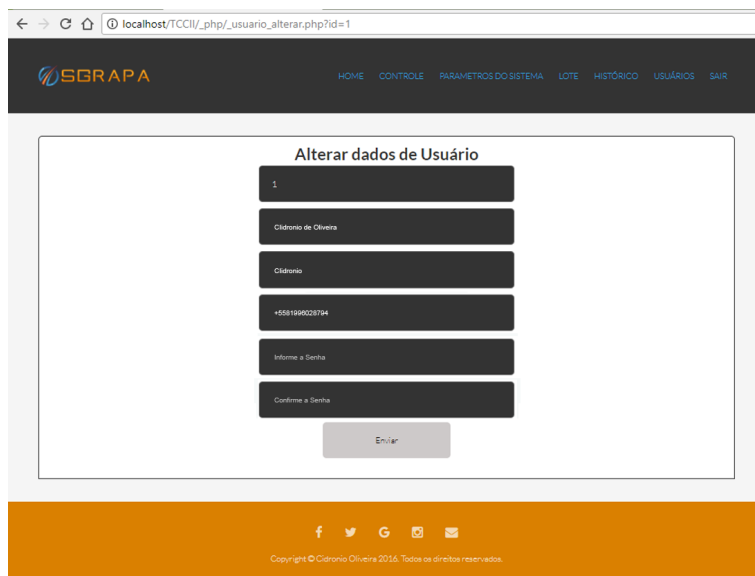


Figura 30: Página de Alterar Dados do Usuário Fonte: (AUTOR).

Estas foram apenas as principais páginas da aplicação *web*.

APÊNDICE C – Teste de Usabilidade

C.1 Questionário

Segue o questionário utilizado no teste de usabilidade com os resultados em forma de gráficos.

1. - Já usou um sistema de automação com interface *web*?
 Sim.
 Não.
2. - Quanto ao uso da aplicação o que você achou?
 Fácil.
 Tive dificuldades.
 Não sei opinar.
3. - A necessidade de conhecimento avançado para fazer uso da ferramenta?
 Sim.
 Não.
4. - Quanto as cores empregadas na aplicação o que você achou?
 As cores são agradáveis.
 As cores incomodam minha visão.
 Não sei opinar.
5. - Quanto a disposição dos botões o que você achou coerente?
 Sim.
 Não.
6. - Quanto a utilização de ícones ou outras imagens para navegação, seu significado é claro?
 Sim.
 Não.
7. - Você sugere alguma melhoria?

C.2 Resultado das Respostas em Forma de Gráficos

Os gráficos a seguir representam o resultado das respostas dos participantes do teste de usabilidade da aplicação *web*, onde o eixo *y* representa a quantidade de participantes e o eixo *x* representa as respostas, lembrando que participaram 26 pessoas.

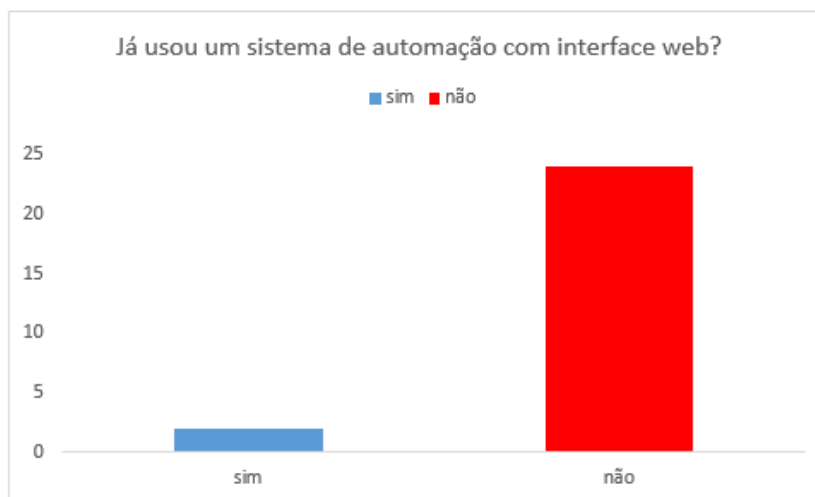


Figura 31: Gráfico referente a pergunta 1 Fonte: (AUTOR).

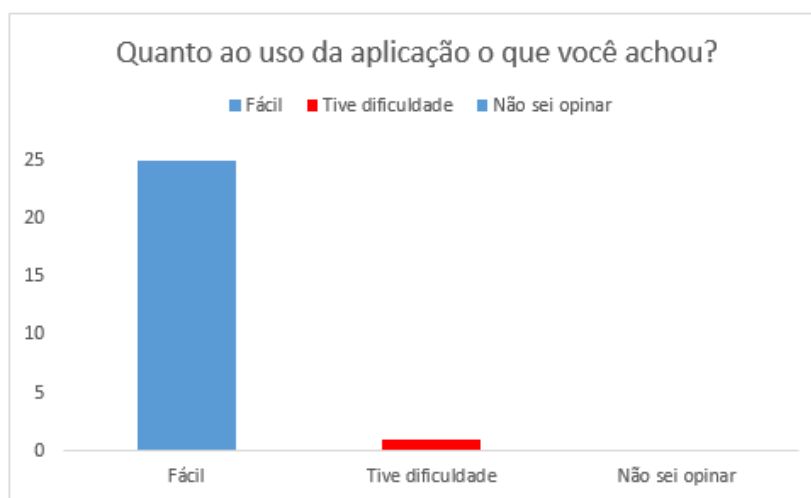


Figura 32: Gráfico referente a pergunta 2 Fonte: (AUTOR).

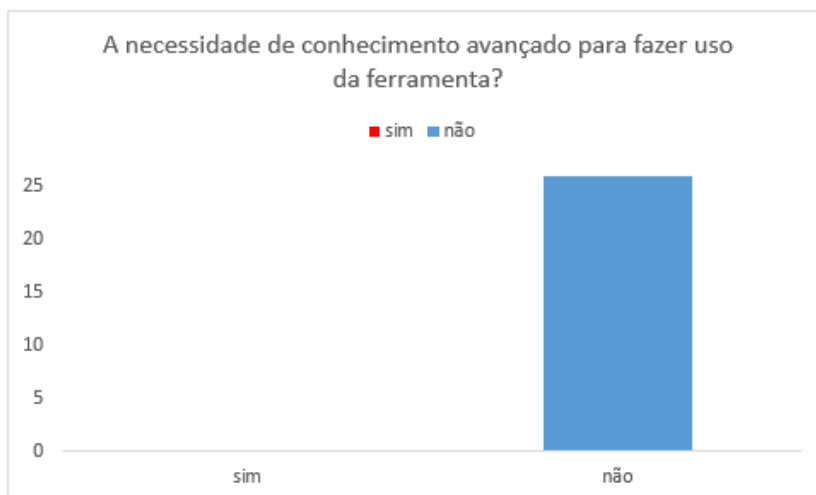


Figura 33: Gráfico referente a pergunta 3 Fonte: (AUTOR).

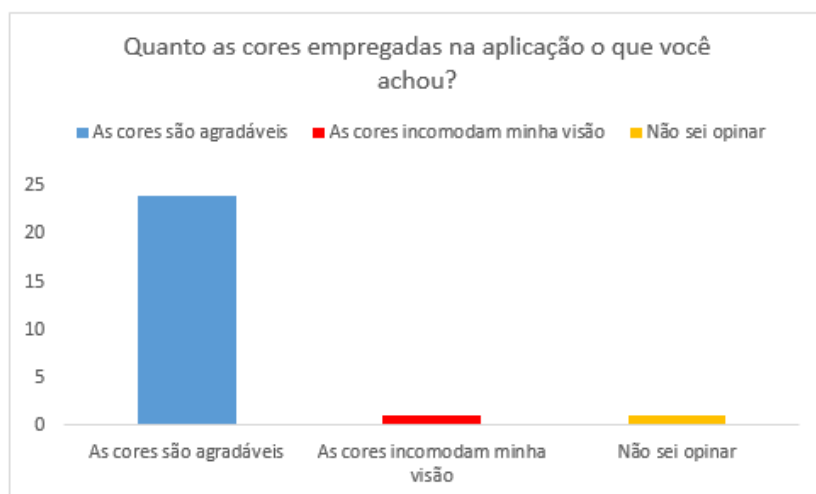


Figura 34: Gráfico referente a pergunta 4 Fonte: (AUTOR).

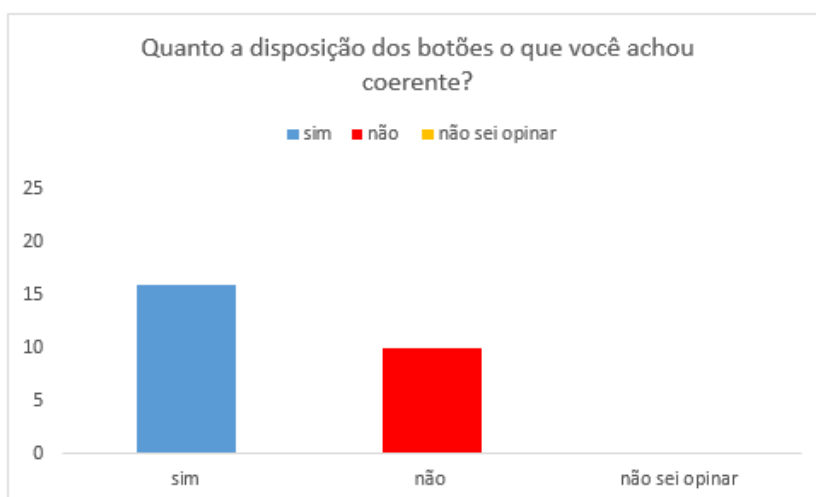


Figura 35: Gráfico referente a pergunta 5 Fonte: (AUTOR).

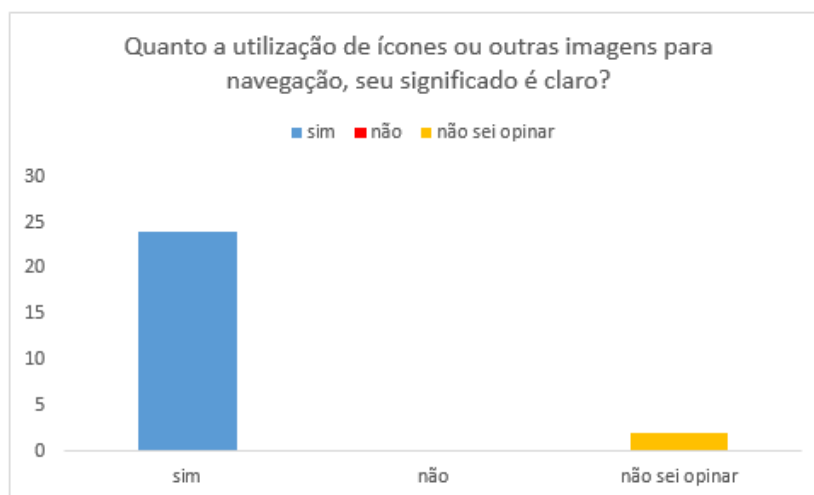


Figura 36: Gráfico referente a pergunta 6 Fonte: (AUTOR).



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA
“JOSÉ ALBANO DE MACEDO”**

Identificação do Tipo de Documento

- () Tese
() Dissertação
(x) Monografia
() Artigo

Eu, Cidronio de Oliveira da Silva,
autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de
02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar,
gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação
Automação com monitoramento de variáveis climáticas para
conforto e bem estar animal na avicultura
de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título
de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 14 de Janeiro de 20 18.

Cidronio de Oliveira da Silva
Assinatura

Cidronio de Oliveira da Silva
Assinatura