

# **PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA CONTROLE E MONITORAMENTO DA AMBIÊNCIA DE UM AVIÁRIO REMOTAMENTE**

## **RESUMO**

A ambiência e o conforto de animais criados comercialmente para a produção de proteína animal para alimentação humana afeta diretamente os índices zootécnicos e a qualidade da carne, além de influenciar no bem-estar animal. Para se atingir bons resultados, as produções avícolas vêm utilizando cada vez mais soluções tecnológicas, como por exemplo os sistemas de monitoramento de ambiente em tempo real, atuadores automáticos para homogeneidade de temperatura e umidade ambiental, aliado a uma economia energética para a redução dos custos. Durante a etapa de pesquisa bibliográfica não foram encontrados sistemas que controlem a temperatura da água de bebida consumida pelos frangos de corte criados em galpões. O uso dessas tecnologias de controle ambiental nem sempre são financeiramente viáveis aos avicultores de pequeno porte. Neste contexto, o artigo apresenta a implementação de um protótipo de sistema de monitoramento e controle das condições ambientais de aviários de frangos de corte, focado no baixo custo material, com o propósito de auxiliar o pequeno avicultor a elevar a produtividade e bem-estar animal dentro do aviário. O acesso ao sistema é feito por meio de uma página Web hospedada no microcontrolador, podendo ser feito localmente ou pela Internet com uso de celulares, *tablets* e/ou computadores. Para desenvolvimento do protótipo, inicialmente foram realizadas pesquisas sobre condições ideais para criações de frangos, incluindo a zona de conforto térmico ideal para a máxima produtividade e conforto destes animais. Após determinar os requisitos necessários para desenvolvimento do sistema e análise do material necessário, foi realizada a implementação do *hardware* e *software* do protótipo. O protótipo desenvolvido foi submetido a testes no Aviário de Corte 1, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí, na cidade de Bambuí - MG. O protótipo foi capaz de realizar um monitoramento em tempo real da temperatura e umidade do ambiente, da temperatura da água dentro da tubulação para distribuição nos bebedouros tipo *nipple* e dentro da caixa para distribuição desta no aviário. Para controle das condições, o sistema se mostrou apto a acionar dispositivos responsáveis por ventilação, nebulização e troca da água do bebedouro. O protótipo final atendeu ao requisito financeiro, pois apresentou custo total de desenvolvimento inferior a cem dólares, valor muito abaixo dos equivalentes disponíveis no mercado.

**Palavras-chave:** Microcontrolador. Criação de Frango de Corte. Conforto Animal.

## **LOW COST PROTOTYPE OF AN EMBEDDED SYSTEM FOR REMOTE CONTROL AND MONITORING OF THE ENVIRONMENT OF AN AVIAN**

## **ABSTRACT**

The ambience and comfort of animals raised commercially for human production directly affect zootechnical indices and meat quality, in addition to influencing animal welfare. In order to achieve good results, poultry production has been increasingly using technological solutions,

such as real-time environment monitoring systems, automatic actuators for temperature and humidity homogeneity, combined with energy savings to reduce costs. During the bibliographic research stage, no systems were found to control the temperature of the drinking water consumed by broilers raised in sheds. The use of these environmental control technologies are not always financially viable for small poultry farmers. In this context, the paper presents the implementation of a prototype system for monitoring and controlling the environmental conditions of broiler aviaries, focused on low material cost, with the purpose of helping the small poultry farmer to increase productivity and animal welfare. inside the aviary. Access to the system is done through a web page hosted on the microcontroller, which can be done locally or via the Internet using cell phones, tablets and/or computers. For the development of the prototype, initially research was carried out on ideal conditions for raising chickens, including the ideal thermal comfort zone for maximum productivity and comfort of these animals. After determining the necessary requirements for system development and analysis of the necessary material, the hardware and software of the prototype were implemented. The prototype developed was tested at the broiler aviary number one, at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais - Campus Bambuí, in the city of Bambuí - MG. The prototype was able to perform a real-time monitoring of the temperature and humidity of the environment, the temperature of the water inside the pipe for distribution in nipple drinkers and inside the box for distribution in the aviary. To control the conditions, the system proved to be able to trigger devices responsible for ventilation, nebulization and exchange of water in the drinking fountain. The final prototype met the financial requirement, as it had a total development cost of less than one hundred dollars, a value far below the equivalents available on the market.

**Keywords:** Microcontroller. Broiler Chicken Farming. Animal Comfort.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescente consumo da carne de frango, projeções indicam que, até 2030, a humanidade irá comer mais aves do que qualquer outra proteína animal, ultrapassando a carne suína ([BETHÔNICO, 2022](#)). No Brasil, a produção avícola tem uma grande relevância econômica e geração de divisas para o país, como mostra o relatório anual da ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal) ([ABPA, 2022](#)) na qual o Brasil fechou o ano de 2021 como o maior exportador de carne de frango do mundo, com 4,231 milhões de toneladas exportadas, e o terceiro maior produtor, com 13,845 milhões de toneladas de carne produzidas. Diante de um cenário tão propício ao país, deve-se estar sempre atento em adotar um sistema de criação voltado à uma produção eficiente e de qualidade para continuar liderando a exportação desse setor que afeta positivamente a economia. Para uma criação de frangos obter alta produtividade, é necessário ficar atento a todas as necessidades básicas do animal. [Fontes \(2020\)](#) fomenta que para elevar a produtividade na criação das aves, é necessário que o aviário esteja em condições ideais de temperatura e umidade.

Utilizando a tecnologia a favor da produção e bem-estar das aves, pode-se destacar os sistemas de monitoramento de ambiente em tempo real, acionadores automáticos para homoge-

neidade de temperatura e economia de energia, e captura de dados para gerar análises ([CONNOLLY, 2018](#)). Em contrapartida, um sistema desse porte ainda gera um custo inicial relativamente alto para implantação, devido às suas inúmeras funções. O que há na literatura atual é o sistema desenvolvido na pesquisa de doutorado de [Oliveira \(2019\)](#). Em uma complementação ao trabalho anterior, [Fontes \(2020\)](#) declara que esse sistema é considerado de baixo-custo e que sua implantação teria um preço em torno de R\$ 3000,00.

Neste contexto, objetiva-se com o estudo proposto neste artigo desenvolver um protótipo de um sistema embarcado para monitoramento e controle da ambiência do aviário. O protótipo desenvolvido teve seu foco no afunilamento das funções do sistema, deixando apenas as mais relevantes, que são dados pelo controle da ambiência e a temperatura da água do bebedouro, e também visou adotar materiais com menores custos sem afetar a eficiência da melhora na produtividade da criação de frangos de corte. Os usuários alvo do sistema embarcado são os pequenos produtores avícolas que ainda adotam a forma tradicional de controle, podendo ter esse processo automatizado por um custo de implantação reduzido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Conforto animal

[Alves, Silva e Junior \(2019\)](#) descreve a ambiência animal como o conjunto de condições e influências externas que atuam direta ou indiretamente sobre os animais sem a necessidade do envolvimento de fatores genéticos. O autor acrescenta que essa definição pode ser estendida como o espaço físico e social e tudo o que nele se encontra incluído.

No Brasil, o ambiente para criação de animais nem sempre apresenta condições ambientais ideais compatíveis com suas necessidades fisiológicas, como por exemplo a temperatura e a umidade do ar e o estado da água que esses animais consomem ([BARBOSA et al., 2014; SOUZA, 2005](#)). Criadouros com essas incompatibilidades, além de manter os animais em condições precárias, sofrem perdas de produtividade, pois, segundo [Braga et al. \(2018\)](#), o bem-estar dos animais está diretamente relacionado à qualidade e produtividade em um sistema de criação. [Hötzl e Filho \(2004\)](#) acrescenta outros motivos que levam os produtores a se preocuparem com o bem-estar de animais: inquietações de origem ética; o potencial efeito que o bem-estar animal possa causar na qualidade da carne; as conexões entre o bem-estar animal e a comercialização internacional de seus produtos de origem animal.

[Cavalcanti \(2019\)](#) fundamenta a relação entre a produtividade e o bem-estar animal em questão de temperaturas elevadas na criação de frangos de corte:

Em altas temperaturas, frangos de corte consomem menos ração e perdem eficiência na conversão alimentar. Os mecanismos biológicos de resfriamento que as aves usam em altas temperaturas necessitam de muita energia e não são eficientes. Além disso, quando as aves consomem alimentos balanceados, sua

temperatura corporal aumenta devido aos processos metabólicos que ocorrem durante a digestão. Por essa razão o consumo é baixo nas horas mais quentes do dia e devemos dar todas as condições possíveis para as aves se alimentarem nos horários mais frescos, como: início do dia e da noite. Esse manejo, em conjunto com bons equipamentos para ambiência, ajuda a melhorar a conversão alimentar e diminuir a taxa de mortalidade.

Como a água é uma saída que esses animais têm para reduzir a temperatura corporal, é de grande importância ficar atento à temperatura da água dos bebedouros. Apesar desse parâmetro ser levemente ignorado pelos galpões de criação de aves, [Barbosa et al. \(2014\)](#) declara que, devido ao fato de as aves não possuírem glândulas sudoríparas para uma maior perda de calor pelo suor, o consumo de água fria é a alternativa que esses animais têm de diminuir a temperatura corporal em casos de estresse calórico e, por consequência, uma melhora no desempenho.

Para o regulamento da temperatura interna do galpão, uma técnica muito comum é a utilização de ventiladores. O uso desses equipamentos tem uma função extra de renovar o ar do ambiente para adequar a umidade e diminuir concentrações de poeira e gases tóxicos no ambiente ([MARANGONI, 2012](#)). Além disso, eles também têm um papel importante para o resfriamento evaporativo, visto que, no caso dos sistemas de nebulização, esse fenômeno é induzido no aviário utilizando ventiladores e nebulizadores. [Cobb \(2009\)](#) esclarece como acontece o resfriamento evaporativo:

A evaporação se dá pelo calor e pela velocidade do ar. A energia cinética de uma molécula é proporcional à sua temperatura; a evaporação ocorre mais rapidamente em temperaturas mais altas. Conforme as moléculas mais rápidas escapam, as moléculas remanescentes possuem energia cinética média mais baixa e, consequentemente, a temperatura do líquido diminui. Esse fenômeno é chamado resfriamento evaporativo. A energia liberada durante a evaporação reduz a temperatura do ar. Isso ocorre com extrema eficiência quando a umidade relativa é baixa.

Com o intuito de atingir o melhor cenário desses ambientes, os produtores avícolas usufruem de várias tecnologias, dentre elas, a automatização do aviário. Essa automatização pode ser feita em um sistema embarcado que tem uma lógica introduzida para este fim. A subseção a seguir apresenta esse dispositivo e suas principais características.

## 2.2 Sistemas embarcados

"Os Sistemas Embarcados encontram-se cada vez mais presentes em nosso dia-a-dia, e com uma utilização e importância crescente, tornam-se necessários estudos nas áreas de projeto em *hardware*, *software* e interfaceamento com base em sistemas embarcados."([CHASE, 2007](#), p. 01).

Um *software* embarcado é executado em dispositivos que não são verdadeiramente computadores de uso pessoal. Esta categoria de *software* é executado em sistemas microprocessados

dentro de carros, aviões, máquinas, etc (STADZISZ; RENAUX, 2007). Os autores declaram que a própria expressão "embarcado" vem exatamente do fato do *software* embarcado ser executado sobre um sistema microprocessado interno, ou seja, embarcado em um equipamento, máquina ou sistema maior.

Programadores de sistemas embarcados geralmente pensam nesses dispositivos como entradas, saídas, processamento, memórias, ambiente, etc., como apresenta a Figura 1. O usuário final se preocupa apenas com a usabilidade e o valor de agregação que ele traz a um produto, seja em redução de custos, aumento de funcionalidade, aumento de desempenho, etc (CUNHA, 2007).

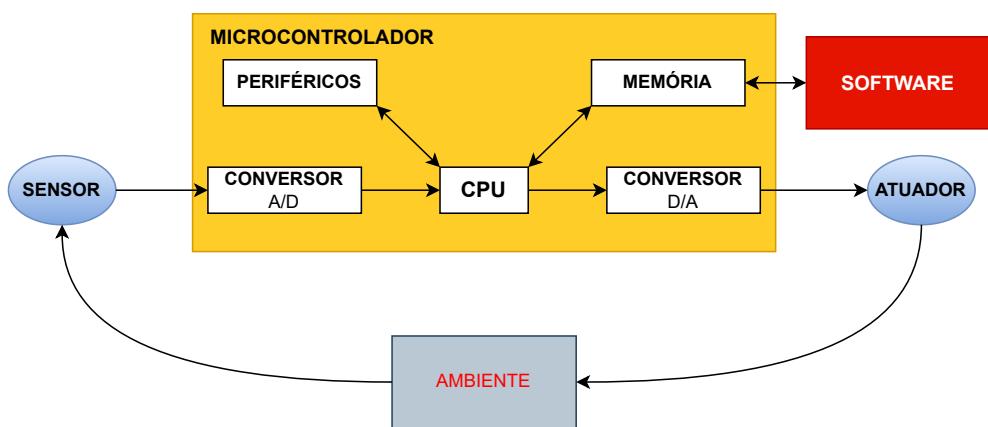


Figura 1 – Elementos básicos de um sistema embarcado  
Fonte: Adaptado de Cunha (2007)

Observando a Figura 1, pode-se perceber que um sistema embarcado precisa de um componente controlador para realizar todo o gerenciamento das funções do sistema embarcado. Para Cunha (2007), o ideal seria utilizar um microcontrolador para suprir essa necessidade, uma vez que ele facilita o controle e, possivelmente, aumenta a funcionalidade do sistema.

Júnior (2013) declara que utiliza o termo "Microcomputador-de-um-só-chip" para definir os microcontroladores desde o seu primeiro livro. O autor acrescenta que a principal característica do dispositivo está em reunir, em um único chip, todos os periféricos necessários para o projeto e fabricação de dispositivos eletrônicos dos mais diversos tipos, desde simples sinalizadores e luzes pisca-pisca até equipamentos médicos sofisticados.

Um exemplo de microcontrolador é o ESP32, que foi criado pela Espressif, uma empresa multinacional de semicondutores. Muito utilizado para aplicações em Internet das Coisas devido ao seu módulo *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) integrado, um custo relativamente baixo e a adoção da IDE Arduino<sup>1</sup> como plataforma de desenvolvimento de aplicações para o microcon-

<sup>1</sup> <https://www.arduino.cc/en/software>

trolador.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 2, a seguir, ilustra a representação esquemática do modelo proposto para auxiliar pequenos produtores a ter um maior controle do ambiente dos aviários, tanto na parte de monitoramento quanto no acionamento de equipamentos. Todo o controle e monitoramento do sistema é feita pelo usuário, podendo optar por um controle automático ou manual através de uma página *Web* hospedada no microcontrolador. O ESP32 armazena uma interface *Web* que é acessada através do endereço de IP (*Internet Protocol* - Protocolo de Internet) responsável por identificar o microcontrolador dentro da rede.

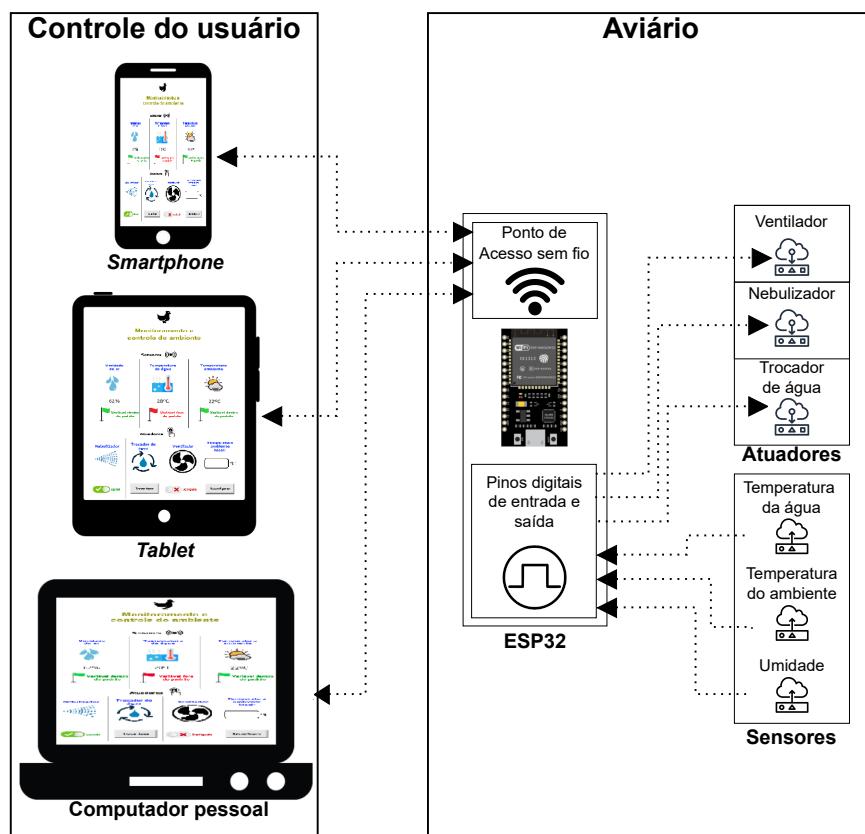


Figura 2 – Esquemático da conexão do microcontrolador com a rede local.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Para monitorar a temperatura e umidade do ambiente aviário, e a temperatura da água do bebedouro das aves, o sistema utiliza três sensores digitais. Sensores do tipo DS18B20 à prova d'água são responsáveis por medir a temperatura da água localizada dentro da caixa d'água do aviário e o outro da água presente no cano do bebedouro das aves. O terceiro é um sensor do

tipo DHT11, que tem a finalidade de medir a temperatura e a umidade do ambiente aviário. Esse sensor DHT11 deve ficar localizado no meio do aviário, na altura das aves para uma medição eficiente do ambiente. A Figura 3 apresenta os dois sensores, sendo (a) o sensor DHT11 e (b) o sensor DS18B20 com a proteção à prova d'água.

Os dois tipos de sensores adotados pelo sistema utilizam o protocolo *One-Wire* para comunicação entre o sensor e o microcontrolador. Esse protocolo de comunicação permite que o microcontrolador faça a comunicação com vários sensores do mesmo tipo numa única linha de dados, facilitando uma melhoria de aumentar o número de sensores no sistema ([SACCO, 2015](#)).

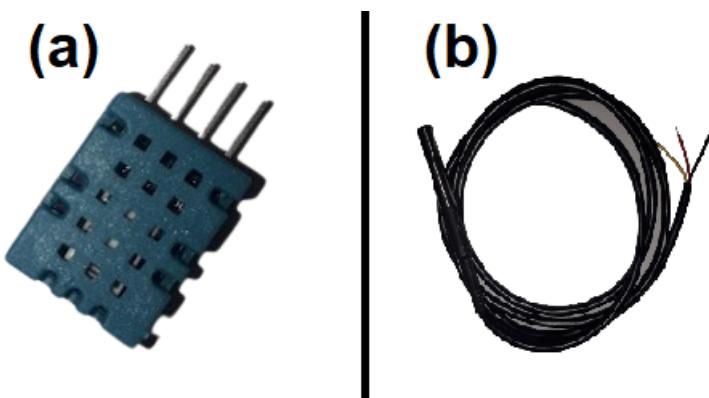


Figura 3 – Sensores do sistema embarcado.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Para tentar resolver uma irregularidade detectada pelo microcontrolador no ambiente aviário, o sistema conta com o auxílio dos atuadores. No âmbito da automação de sistemas industriais, [Thomazini e Albuquerque \(2020\)](#) argumenta que os atuadores são dispositivos que modificam uma variável controlada. Essa modificação ocorre depois do atuador de receber um sinal de comando do controlador, uma mudança normalmente mecânica, como uma alteração de posição ou velocidade ([GROOVER, 2011](#)).

Os atuadores do sistema podem necessitar de outros dispositivos para funcionarem corretamente. A válvula solenoide para água, por exemplo, que é um dispositivo eletromecânico que tem a finalidade de controlar o fluxo da água, abrindo ou fechando a passagem dela.

Como os atuadores do aviário são alimentados por diferentes tensões, faz-se necessário o uso de relés e contatores para que possam ser acionados de forma segura.

A Figura 4 apresenta dois dispositivos eletromecânicos do sistema:(a) a válvula solenoide para água 127V e (b) o módulo relé 5 V DC 4 canais.

O dispositivo de controle adotado pelo sistema foi o microcontrolador ESP32. Mais especificadamente, a placa de desenvolvimento ESP32 Devkit v1, que é responsável por controlar todo sistema e fazer papel de servidor *Web*.

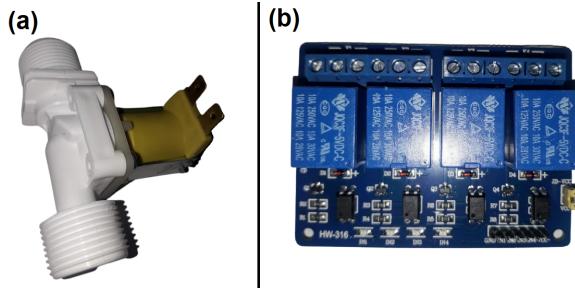


Figura 4 – Dispositivos eletromecânicos do sistema embarcado.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

## 4 DESENVOLVIMENTO

O sistema embarcado pode ser dividido em quatro maiores partes que interagem entre elas para realizar o funcionamento correto do sistema:

- **Sensor:** realiza medidas das condições presentes no aviário e encaminha essa informação ao controlador quando requisitado;
- **Controlador:** requisita e recebe informações dos sensores, interage com o usuário através da interface e realiza o acionamento dos atuadores;
- **Atuador:** equipamento que atua de acordo com o sinal dado do controlador, tem a finalidade de tentar modificar uma condição presente no aviário;
- **Interface:** permite o avicultor monitorar, controlar e configurar o sistema embarcado do aviário.

O diagrama de caso de uso apresentado na Figura 5 demonstra como essas partes do sistema se interagem, sendo que cada uma delas representam um ator. Os casos de uso do diagrama são esclarecidos ao longo deste capítulo. A Seção 4.1 apresenta a interface do sistema, seu funcionamento e sua implementação. Em seguida, a Seção 4.2 apresenta o funcionamento do modo automático do ventilador e nebulizador para tentar atingir a melhor condição climática possível no aviário. A Seção 4.3 demonstra o mecanismo desenvolvido para trocar a água de consumo das aves. Por último, a Seção 4.4 mensura o valor material do protótipo desenvolvido neste trabalho.

### 4.1 Interface do usuário

Para desenvolver a interface *web* foram utilizada as linguagens HTML, JavaScript e CSS. O usuário faz o acesso à interface utilizando um computador, celular *smartphone*, *tablet*, etc.

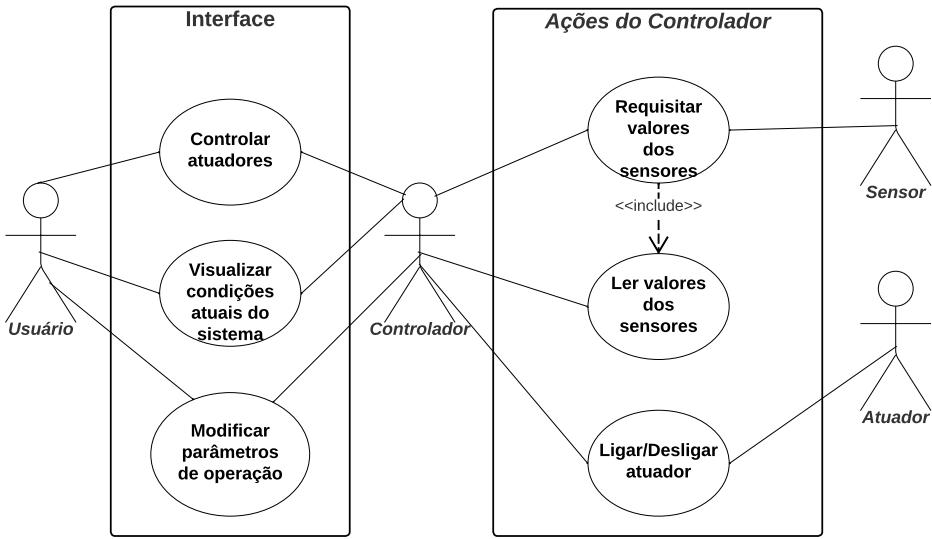
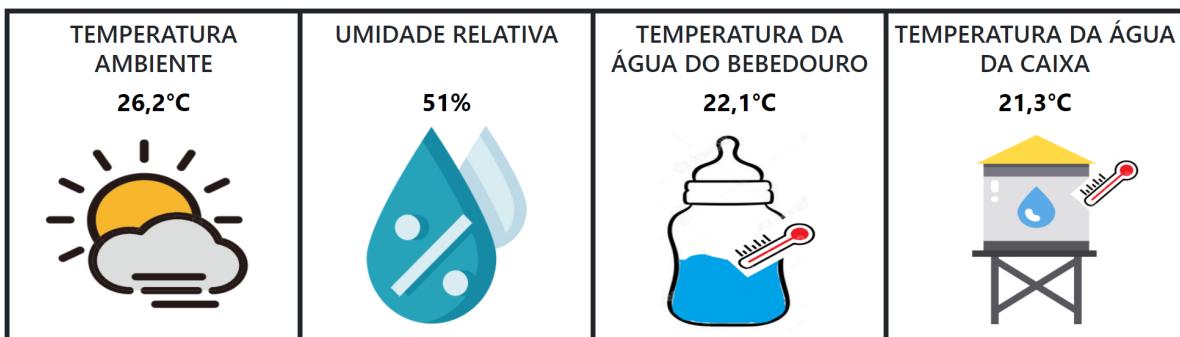


Figura 5 – Diagrama de caso de uso do funcionamento geral do sistema embarcado.  
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

A página *Web* é dividida em duas partes: atuadores e sensores (Figura 6). Na parte dos sensores é informado o valor atual de cada sensor. Na parte dos atuadores é apresentado o status atual e o modo de operação de cada atuador. Quando um atuador está no modo automático, a interface apresenta os parâmetros responsáveis pela lógica de acionamento na sua parte inferior, tanto para ligar quanto para desligar o atuador. Caso esse atuador estiver no modo manual, essa parte inferior do atuador apresenta ao usuário a opção de ligar ou desligá-lo.

## SENSORES (•)



## ATUADORES (•)



Figura 6 – Captura de tela da página Web.  
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

## 4.2 Climatização do aviário

O funcionamento do ventilador no modo automático opera de acordo com dois parâmetros configurado no sistema embarcado. Os parâmetros podem ser modificado por meio da interface Web, informando os parâmetros de temperatura, em °C, para ligar e desligar o ventilador. O equipamento será ligado quando a temperatura ambiente informada pelo controlador

estiver acima do valor do parâmetro responsável por ligar. Para desligar, a temperatura ambiente deve estar abaixo do outro parâmetro que tem essa finalidade.

Como o nebulizador depende do ventilador, toda vez que o nebulizador for acionado e o ventilador estiver desligado naquele momento, esse equipamento será ligado consequentemente para realizar o funcionamento de forma correta. A lógica de acionamento do nebulizador no modo automático depende de dois parâmetros para ligar e dois para desligar, que podem ser configurados na interface *Web*. Como dito na subseção 2.1, o resfriamento evaporativo funciona melhor em umidades baixas. Nesse caso, os parâmetros de acionamento do nebulizador consistem na temperatura mínima de acionamento, em °C, e a umidade relativa máxima, em porcentagem.

A lógica de acionamento do nebulizador é demonstrada na Figura 7 por meio de um fluxograma, em que o nebulizador começa desligado. Segundo a figura, o equipamento apenas será acionado quando os sensores estiverem informando valores que suprem as duas condições. Para ser desligado, basta a temperatura ambiente ou a umidade relativa do ar apresentar um valor que satisfaça a condição de acordo com o valor do parâmetro que está em vigência.

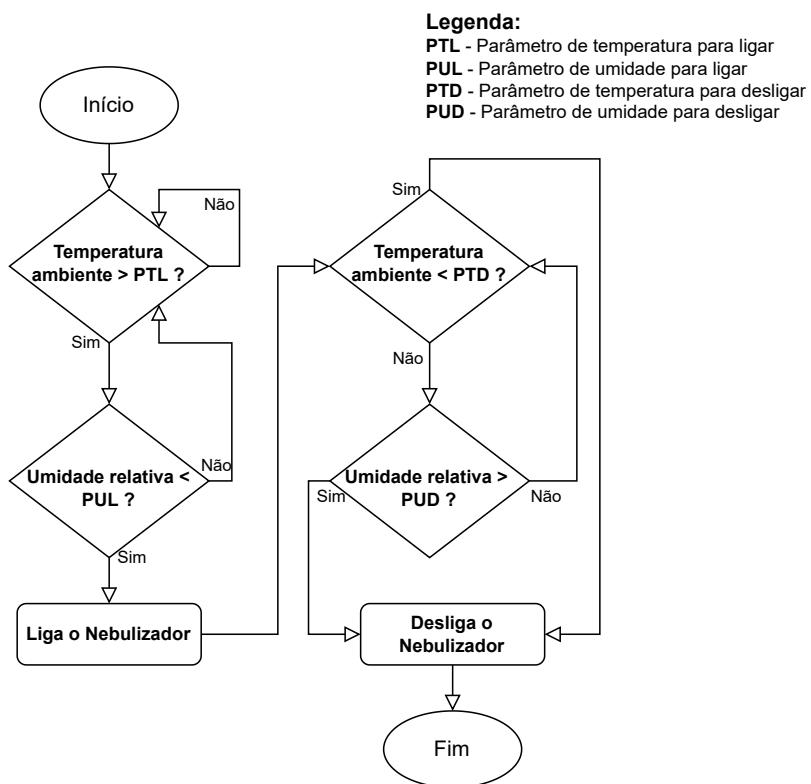


Figura 7 – Lógica de acionamento do nebulizador em modo automático.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

### 4.3 Trocador de água

Apesar de mencionado a importância da temperatura da água para o consumo dos frangos na Seção 2.1, não foi encontrado nenhum sistema que tenha implementado algum tipo de mecanismo para controle dessa variável. A seguir, é apresentado um mecanismo simples que utiliza dois sensores e uma válvula solenoide para tentar manter a temperatura da água em uma melhor condição.

Como a caixa de água do aviário deve ser instalada em locais fora da exposição do sol, existe uma chance considerável dela estar um pouco mais fresca que a água localizada nos canos dos bebedouros que sofrem ação da radiação emitida pelo ambiente e pelos corpos das aves. A automatização foi desenvolvida em um bebedouro tipo *nipple*<sup>2</sup>. Foi adicionado uma válvula solenoide (VA) que tem o objetivo de trocar a água "velha" pela "nova". Para o controle da troca, um sensor DS18B20 a prova d'água foi instalado dentro da água do bebedouro (S1) e outro do mesmo modelo dentro da água da caixa d'água (S2). A Figura 8 ilustra esse funcionamento, de forma que a entrada de água do bebedouro fica sempre aberta, deixando a água presente dentro dos canos pressurizada. Quando a válvula VA abre, a água presente no bebedouro cai dentro do recipiente, podendo ser reaproveitada para outra atividade, e, em seguida, a água que estava na caixa chega aos canos.

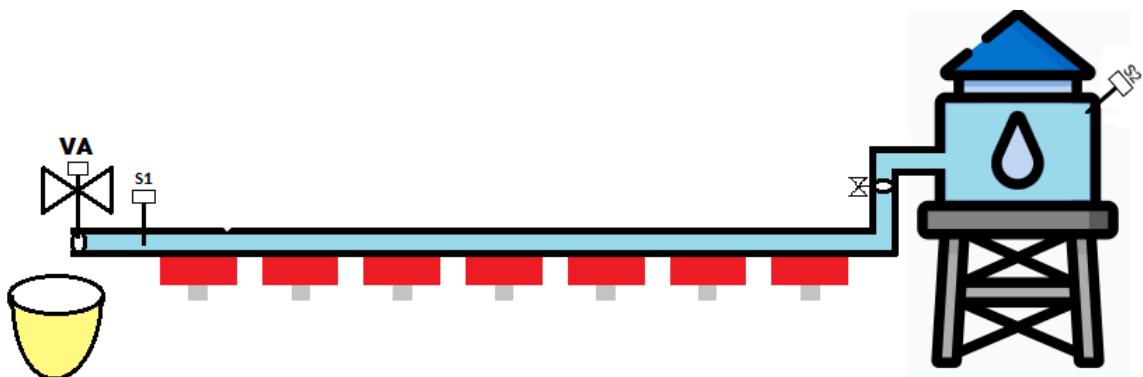


Figura 8 – Ilustração do trocador de água implementado no bebedouro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

No fluxograma que apresenta sua lógica de acionamento (Figura 9), o trocador de água tem seu estado inicial com a válvula fechada. Se a temperatura medida em S1 exceder a temperatura medida em S2 mais o valor do parâmetro de temperatura para ligar (PTL), o trocador abrirá a válvula VA. A válvula apenas fechará se o usuário interromper a troca de água via interface Web, ou após a troca de água ter sido concluída. Essa conclusão da troca de água acontece

<sup>2</sup> Bebedouro que possui vários bicos para ingestão da água que fica contida dentro de um cano instalado de forma longitudinal.

após o tempo, em segundos, que a válvula VA for aberta, conforme o valor do parâmetro responsável (PTD).

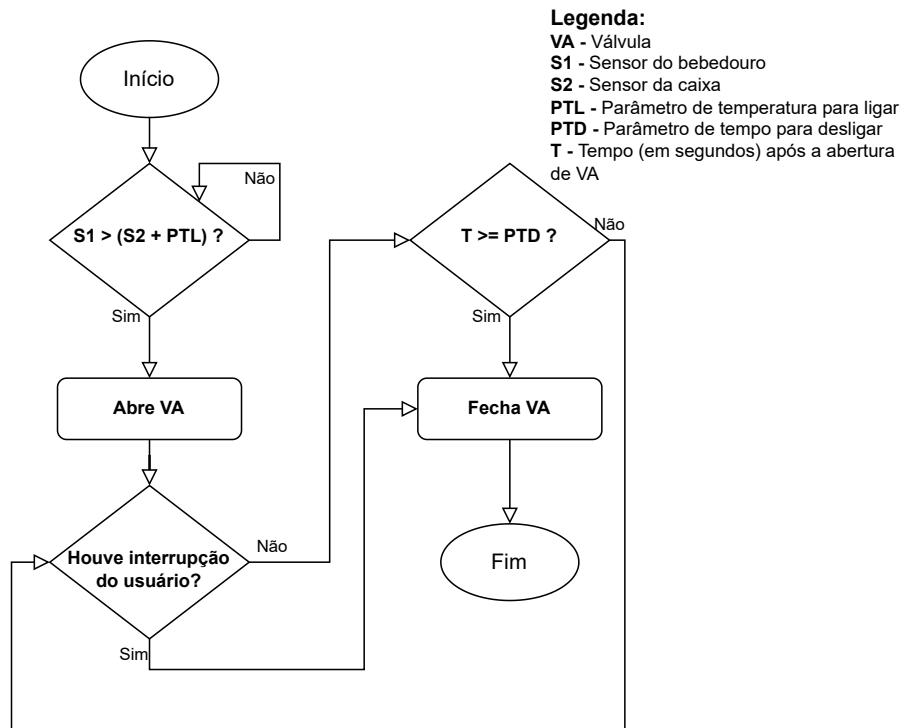


Figura 9 – Lógica de acionamento do trocador de água em modo automático.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

#### 4.4 Custo material do protótipo

Para mensurar o valor dos materiais presentes no sistema embarcado, foi levantado o preço de cada dispositivo e componente em lojas online, no mercado brasileiro, obtendo-se um valor médio. A Tabela 1 a seguir, apresenta o custo médio encontrado no levantamento e a quantidade em unidades gasto do material.

Tabela 1 – Preços do protótipo

| Item  | Quantidade  | Valor (\$)   |
|---|-------------|--------------|
| ESP32 - Devkit v1                             | 1 unidade   | 7,90         |
| Válvula Solenoide para Água 127 V AC          | 1 unidade   | 11,50        |
| Sensor de temperatura a prova de água DS18B20 | 2 unidades  | 7,44         |
| Jumpers de 20 cm                              | 30 unidades | 2,49         |
| Módulo Relé 5 V DC - 4 canais                 | 1 unidade   | 5,72         |
| Cabo Flexível Paralelo 300V (2 X 1,5mm)       | 30 metros   | 20,33        |
| Sensor de Umidade e Temperatura DHT11         | 1 unidade   | 2,82         |
| Fonte 5 V DC                                  | 1 unidade   | 6,48         |
| Cabo blindado CAT5                            | 40 metros   | 20,18        |
| Caixa de montagem                             | 1 unidade   | 12,32        |
| Borne p/ Plug Banana                          | 5 unidades  | 2,06         |
| <b>TOTAL</b>                                  | -           | <b>99,22</b> |

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o desenvolvimento do protótipo, o mesmo foi submetido a testes no Aviário de Corte 1, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Bambuí*, na cidade de Bambuí/MG. O experimento foi feito sem a presença de animais no ambiente, e tinha o objetivo de avaliar o sistema para monitorar e controlar as condições apresentadas no aviário. Para isso os ventiladores e o nebulizador eram acionados por meio de contatores elétricos instalados dentro do painel de comando do aviário (Figura 10).



Figura 10 – Painel de comando do aviário com o protótipo instalado.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

A Figura 11 apresenta os componentes do sistema instalados em seus devidos lugares no aviário de experimento, sendo dividida em quatro partes: a imagem (a) apresenta o sensor DHT11 instalado paralelamente ao cano do bebedouro; já a (b) mostra a caixa d'água juntamente com o sensor responsável por medir a temperatura de sua água; a imagem (c) apresenta a instalação da válvula solenoide responsável por retirar a água presente no cano do bebedouro tipo *nipple*; e a imagem (d) apresenta o sensor à prova d'água introduzido no cano do bebedouro.

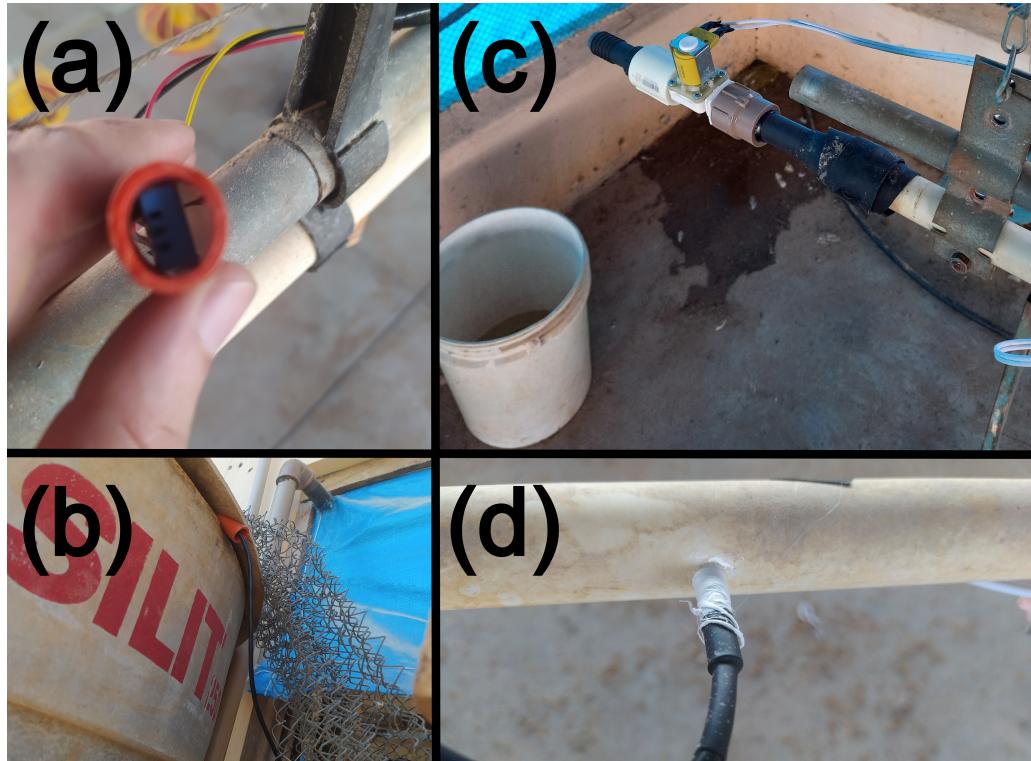


Figura 11 – Componentes do sistema instalados no aviário.  
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

O protótipo foi capaz de realizar um monitoramento em tempo real da temperatura e umidade do ambiente, da temperatura da água do bebedouro e da caixa. Para controle das condições, o sistema se mostrou apto a acionar dispositivos responsáveis por ventilação, nebulização e troca da água do bebedouro.

O protótipo desenvolvido e implementado no aviário do pequeno produtor pode trazer algumas mudanças em relação ao manuseio do aviário comparado aos produtores que ainda não utilizam sistemas para controle. O Quadro 1 a seguir apresenta essas mudanças separada em vantagens e desvantagens.

| Vantagens   | Desvantagens   |
|---|--|
| Acionamento de equipamentos de forma automática ou remota | Ausência de interface em casos da rede local perder a conexão com a Internet |
| Monitoramento remoto da ambiência                         | Pequeno número de testes realizados para uma maior confiança do produto      |
| Precisão nas medições de condições climáticas             | Falta de notificação em casos de falha                                       |
| Homogeneidade térmica                                     |  |
| Redução do custo de energia referente aos equipamentos    |  |

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do sistema

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

## 6 CONCLUSÃO

O modelo de sistema proposto e desenvolvido neste artigo representa uma possível solução aos aviários de pequeno porte que ainda adotam a forma tradicional de controle. Após a instalação do sistema no aviário, o avicultor pode esperar uma melhor condição do ambiente aviário, aumento da produção e bem-estar das aves, e menor mão de obra. Para esse intuito, o estudo atingiu as expectativas, visto que o sistema conseguiu visualizar os dados dos sensores por um aparelho eletrônico e acionar os atuadores automaticamente de modo funcional. O protótipo final também atendeu ao requisito financeiro, pois apresentou custo total de desenvolvimento inferior a cem dólares, sendo um valor muito abaixo dos equivalentes disponíveis no mercado. Com isso, aumenta-se a chance do avicultor ter condições financeiras de instalar o sistema em seu galpão de criação.

O mecanismo do trocador de água deve ser passado por experimentos para avaliar a sua eficiência em diminuir a temperatura da água do bebedouro, analisando a temperatura da água antes e depois do acionamento do atuador. A validação do mecanismo pode trazer contribuições relevantes ao campo de pesquisa, visto que não foi encontrado um sistema que faz essa troca de modo automático.

É característico deste trabalho que o mesmo continue em expansão, pois ainda podem ser incrementadas diversas outras funcionalidades. Desta forma, o sistema desenvolvido pode servir como início para outros trabalhos, permitindo melhorias e avanços. Como sugestão, pode-se fazer o uso de uma versão do *software* (publicada no repositório<sup>3</sup>) que salva os valores dos sensores em uma planilha online para realizar análises de dados e auxiliar em futuras tomadas de decisões.

---

<sup>3</sup> <<https://github.com/fabiotempesta/SistemaAviario>>

## REFERÊNCIAS

- ALVES, F. V.; SILVA, V. Porfírio-da; JUNIOR, N. K. Bem-estar animal e ambiência na ilpf. In: \_\_\_\_\_. **Gado de Corte**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 209–223.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2022**. 2022. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2022.
- BARBOSA, T. M. et al. A importância da água na avicultura. **Revista PUBVET**, Londrina, n. 19, 2014.
- BETHÔNICO, T. **Religião e inflação abrem caminho para frango dominar o consumo de carne**. Folha de São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/06/religiao-e-inflacao-abrem-caminho-para-frango-dominar-o-consumo-de-carne.shtml>>. Acesso em: 11 set. 2022.
- BRAGA, J. da S. et al. O modelo dos “cinco domínios” do bem-estar animal aplicado em sistemas intensivos de produção de bovinos, suínos e aves. **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 19, n. 2, p. 204–226, 2018.
- CAVALCANTI, F. A. V. R. **Avicultura Caipira**: estudo de mercado para a cadeia da galinha caipira. Natal: Editora Sebrae, 2019.
- CHASE, O. **Sistemas embarcados**. 2007. Disponível em: <[http://www.maxpezzin.com.br/aulas/6\\_EAC\\_Sistemas\\_Embarcados/1\\_SE\\_Introducao.pdf](http://www.maxpezzin.com.br/aulas/6_EAC_Sistemas_Embarcados/1_SE_Introducao.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2022.
- COBB. **Manual de Manejo de Frangos de Corte**. 2009. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2022.
- CONNOLLY, A. **Era digital: o futuro da tecnologia avícola**. Avicultura Industrial, 2018. Disponível em: <<https://www.aviculturainustrial.com.br/imprensa/era-digital-o-futuro-da-tecnologia-avicola/20180522-093843-w047>>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- CUNHA, A. F. O que são sistemas embarcados. **Revista Saber Eletrônica**, v. 43, n. 414, p. 39–43, 2007. Disponível em: <[https://files.comunidades.net/mutcom/ARTIGO\\_SIST\\_EMB.pdf](https://files.comunidades.net/mutcom/ARTIGO_SIST_EMB.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2022.
- FONTES, H. **Sistema que controla clima de aviário pode evitar perdas na produção de frangos**. Jornal da USP, 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/sistema-que-controla-clima-de-aviario-pode-evitar-perdas-na-producao-de-frangos/>>. Acesso em: 4 ago. 2021.
- GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2011.

HÖTZEL, M. J.; FILHO, L. C. P. M. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. **Revista de Etiologia**, São Paulo, v. 6, p. 3 – 15, jun. 2004.

JÚNIOR, V. P. d. S. **Microcontroladores PIC 16F e 18F–Teoria e Prática**. São Paulo: Instituto Newton C Braga, 2013.

MARANGONI. **Ventilação para conforto térmico animal: qual a importância e como escolher os equipamentos ideais?** 2012. Disponível em: <<https://www.marangoni.com.br/conforto-animal/2018/08/30/ventilacao-para-conforto-termico-animal-qual-a-importancia-e-como-escolher-os-equipamentos-ideais-2/>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

OLIVEIRA, M. E. d. **Implementação e avaliação de um sistema automatizado de monitoramento e controle térmico em um aviário convencional utilizando tecnologia IoT**. 2019. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Universidade de São Paulo, 2019.

SACCO, F. **Módulo Tiny RTC 1-Wire – Parte 3**. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/modulo-tiny-rtc-1-wire-parte-3/>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

SOUZA, P. de. Avicultura e clima quente: Como administrar o bem-estar às aves? **Refresque: Indústria e Comércio Ltda.**, São Paulo, 2005.

STADZISZ, P. C.; RENAUX, D. P. B. Software embarcado. **XIV Escola Regional de Informática SBC**, v. 1, p. 107–155, 2007.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. d. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. 9. ed. Bela Vista: Editora Saraiva Educação, 2020.