

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

RESUMO

O consumo da carne de frango se encontra em um crescente aumento e a tendência é que ultrapasse a carne suína a partir de 2022, tornando a carne mais consumida mundialmente. O conforto dos animais criados para alimentação é um assunto que vem ganhando força cada vez mais, uma vez que, além das questões éticas, esse fato está ligado diretamente com a qualidade da carne e uma melhor produção, não deixando de fora a cobrança do mercado consumidor sobre o bem-estar animal. Para atingir essa finalidade, as produções avícolas vêm usufruindo cada vez mais de tecnologias de ponta. Em contrapartida, essas tecnologias não são viáveis financeiramente para todos os produtores. O artigo apresenta a implementação de um protótipo de um sistema de monitoramento e controle de aviários de frangos de corte, focado em atingir um custo material relativamente baixo, com o propósito de auxiliar o pequeno avicultor elevar a produtividade e bem-estar animal do aviário. Para alcançar os resultados esperados, foi utilizado um microcontrolador ESP32 para controlar todo o sistema. Ele é responsável por hospedar o servidor *Web* que apresenta a interface entre a aplicação e o usuário, podendo ser acessado por celulares, *tablets* e computadores. Essa interface consegue ler as condições ambientais medidas pelos sensores e controlar os acionadores de forma autônoma, ou por comando realizado remotamente.

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 consumption of chicken meat is increasing and the trend is that it will surpass pork meat as of 2022, making meat the most consumed worldwide. The comfort of animals raised for food is an issue that has been gaining more and more strength, since, in addition to ethical issues, this fact is directly related to the quality of the meat and better production, without neglecting the market demand. consumer on animal welfare. To achieve this purpose, poultry production has increasingly taken advantage of state-of-the-art technologies. On the other hand, these technologies are not economically viable for all producers. The article presents the implementation of a prototype monitoring and control system for broiler aviaries, focused on achieving a relatively low material cost, with the purpose of helping the small poultry farmer to increase the productivity and animal welfare of the aviary. To achieve the expected results, an ESP32 microcontroller was used to control the entire system. It is responsible for hosting the web server that presents the interface between the application and the user, which can be accessed from cell phones, tablets and computers. This interface can read the environmental conditions measured by the sensors and control the triggers autonomously or through a remote command.

Keywords: Microcontroller. Broiler Chicken Farming. Animal Comfort.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento constante da produção avícola, espera-se que o consumo mundial de carne de frango em 2022 ultrapasse a carne suína ([CONNOLLY, 2018](#)). No Brasil, a carne tem uma grande relevância econômica, como o relatório anual da ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal) (ABPA, 2021) mostra que o Brasil fechou o ano de 2021 sendo 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.

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 homogeneidade 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 \(2019\)](#). [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, o estudo proposto neste artigo está relacionado ao desenvolvimento de um protótipo de um sistema embarcado para monitoramento e controle da ambiência do aviário. O protótipo desenvolvido foi focado em afunilar as funções do sistema, deixando apenas as principais, e 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 fazem todo o manuseamento do aviário de maneira manual, podendo ter esse processo automatizado por um custo de implantação menor.

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. Acrescenta o autor 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 uma área compatível com suas necessidades fisiológicas, como a temperatura do ambiente, 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 de animais está diretamente relacionado à qualidade e produtividade em um sistema de criação. Hötzel e Filho (2004) acrescenta outros motivos que levam as pessoas a se preocuparem com o bem-estar de animais: inquietações de origem ética; o potencial efeito que o bem-estar animal possa ter na qualidade dos alimentos; as conexões entre bem-estar animal e comercialização internacional de seus produtos de origem animal.

Fontes (2020) fundamenta a relação entre a produtividade e o bem-estar animal em questão de temperaturas elevadas na criação de frangos de corte:

Quando a temperatura ambiente sobe acima da zona de conforto térmico, o animal começa a buscar alternativas para perder calor realizando alguns ajustes funcionais rápidos, como a vasodilatação e o aumento da frequência respiratória. No entanto, se a temperatura continuar aumentando, a ave reduz seu metabolismo, aumenta o consumo de água e tenta maximizar a perda de calor pelo suor. Se mesmo assim a temperatura não parar de subir, essas ações deixam de surtir efeito e, sem opções para aumentar a perda de calor, o animal pode morrer de hipertermia.

Como a água é uma possibilidade que esses animais têm para reduzir a temperatura corporal, deve-se ficar atento na temperatura da água dos bebedouros. Apesar desse parâmetro ser um pouco esquecido pelos ambientes 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 para diminuir a temperatura corporal em casos de estresse calórico e, por consequência, uma melhora no desempenho.

Uma técnica muito comum para auxiliar no regulamento da temperatura interna do galpão 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 tem 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, conseqüentemente, 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 pensa nesses dispositivos como entradas, saídas, processamento, memórias, ambiente, etc., como apresenta a Figura 1. O usuário final 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).

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

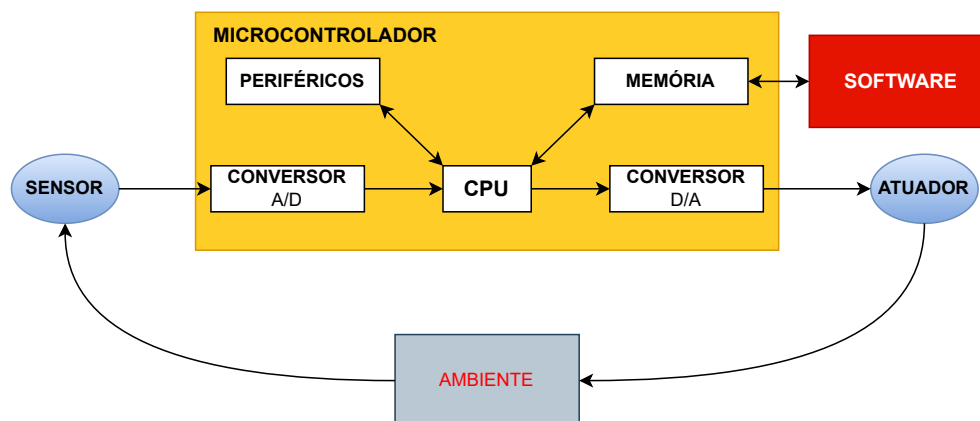


Figura 1 – Elementos básicos de um sistema embarcado
 Fonte: Adaptado de Cunha (2007)

adoção da IDE Arduino¹ como plataforma de desenvolvimento de aplicações para o microcontrolador.

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. Toda a parte de 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 consegue ser programado para construir uma interface *Web* que tem potencial de ser acessado através do *Internet Protocol* (IP) que identifica o microcontrolador dentro da rede.

Espera-se que o avicultor já tenha os equipamentos básicos para o manejo do ambiente, como o ventilador e nebulizador. Caso o avicultor não tenha os equipamentos, terá a opção de ficar apenas com a parte de monitoramento que avisará da irregularidade, tendo que tomar medidas por conta própria.

Para monitorar a temperatura e umidade do ambiente aviário, e a temperatura da água do bebedouro das aves o sistema utiliza três sensores digitais. Dois sensores DS18B20 a prova d'água, um responsável por medir a temperatura da água localizada dentro da caixa d'água do aviário e o outro introduzido no cano do bebedouro das aves. E um sensor DHT11 que mede a temperatura e a umidade do ambiente aviário. O sensor deve ficar localizado no meio do aviário e na altura das aves para uma medição eficiente do ambiente. A Figura 3 apresenta os dois sensores, sendo (a) Sensor DHT11 e (b) Sensor DS18B20 com a proteção a prova d'água.

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

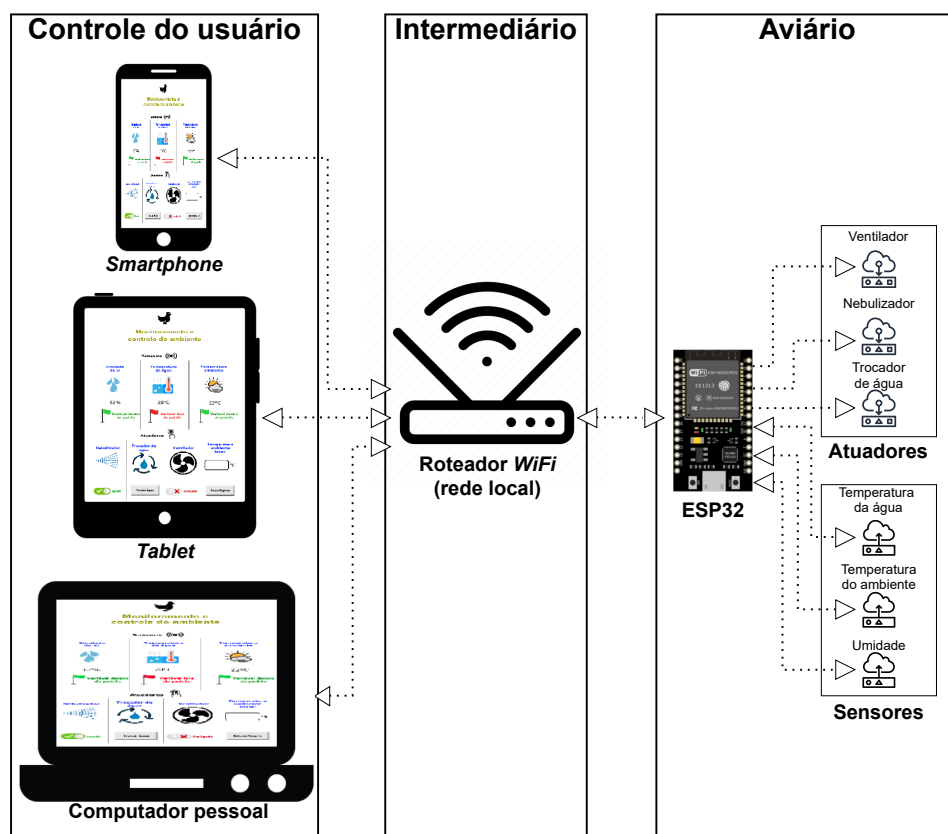


Figura 2 – Esquemático da conexão do microcontrolador com a rede local.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

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.

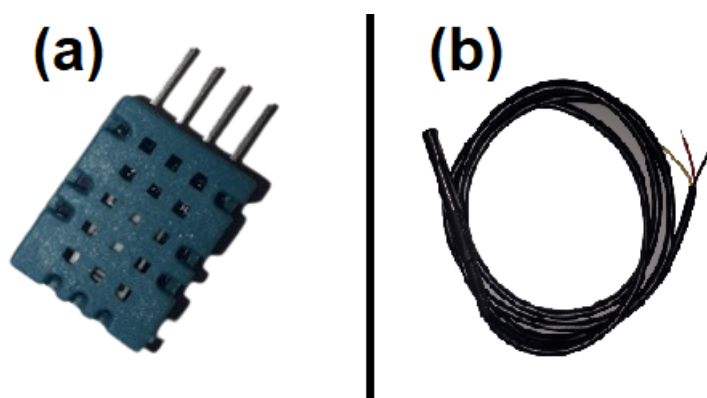


Figura 3 – Sensores do sistema embarcado.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

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 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 necessitarem 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 contadoras para que possam ser acionados de forma segura.

A Figura 4 apresenta parte dos dispositivos eletromecânicos do sistema, sendo (a) Válvula Solenoide para água 127V e (b) Módulo Relé 5 V 4 Canais.

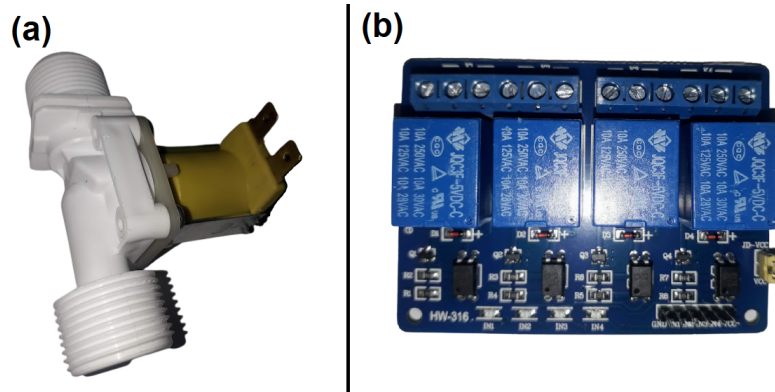


Figura 4 – Dispositivos eletromecânicos do sistema embarcado.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

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*.

4 DESENVOLVIMENTO





4.1 Interface do usuário

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

A página *Web* é dividida em duas partes: atuadores e sensores (Figura 5). 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 (●)

<p>TEMPERATURA AMBIENTE</p> <p>26,2°C</p> 	<p>UMIDADE RELATIVA</p> <p>51%</p> 	<p>TEMPERATURA DA ÁGUA DO BEBEDOURO</p> <p>22,1°C</p> 	<p>TEMPERATURA DA ÁGUA DA CAIXA</p> <p>21,3°C</p> 
--	---	---	--

ATUADORES (●)

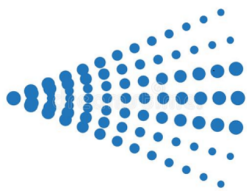


<p>NEBULIZADOR</p>  <p>► Status: DESLIGADO</p> <p>⚙️ Modo de operação</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> Automático Manual </div> <p>⚙️ Parâmetros do modo automático</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="radio"/> Ligar quando: </div> <div> <input checked="" type="radio"/> Desligar quando: </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div> A umidade relativa do ar estiver maior que <input type="text" value="90"/> % </div> <div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; border-radius: 5px;">Salvar</div> </div> <p style="text-align: center; margin: 10px 0;">ou</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div> A temperatura ambiente estiver menor que <input type="text" value="20,00"/> °C </div> <div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; border-radius: 5px;">Salvar</div> </div>	<p>TROCADOR DE ÁGUA</p>  <p>► Status: DESLIGADO</p> <p>⚙️ Modo de operação</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> Automático Manual </div> <p>⚙️ Parâmetros do modo automático</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="radio"/> Ligar quando: </div> <div> <input type="radio"/> Desligar após: </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div> A diferença de temperatura entre o bebedouro e a caixa estiver maior que <input type="text" value="5,40"/> °C </div> <div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; border-radius: 5px;">Salvar</div> </div>	<p>VENTILADOR</p>  <p>► Status: LIGADO</p> <p>⚙️ Modo de operação</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> Automático Manual </div> <p>► Acionamento do atuador</p> <div style="background-color: #FFD700; padding: 10px; border-radius: 10px; margin: 10px auto; width: 80px; text-align: center;"> Desligar </div>
---	---	--

Figura 5 – 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 modificados 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 a finalidade de desligar o equipamento.

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 6 por meio de um fluxograma, em que o nebulizador começa desligado. Seguindo 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.

4.3 Trocador de água

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. A automatização foi desenvolvida em um bebedouro tipo *nipple*, que, de modo geral, é um bebedor que possui vários bicos de ingestão da água contida dentro de um cano instalado de forma longitudinal. Foi adicionada 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 7 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.

No fluxograma que apresenta sua lógica de acionamento (Figura 8), 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

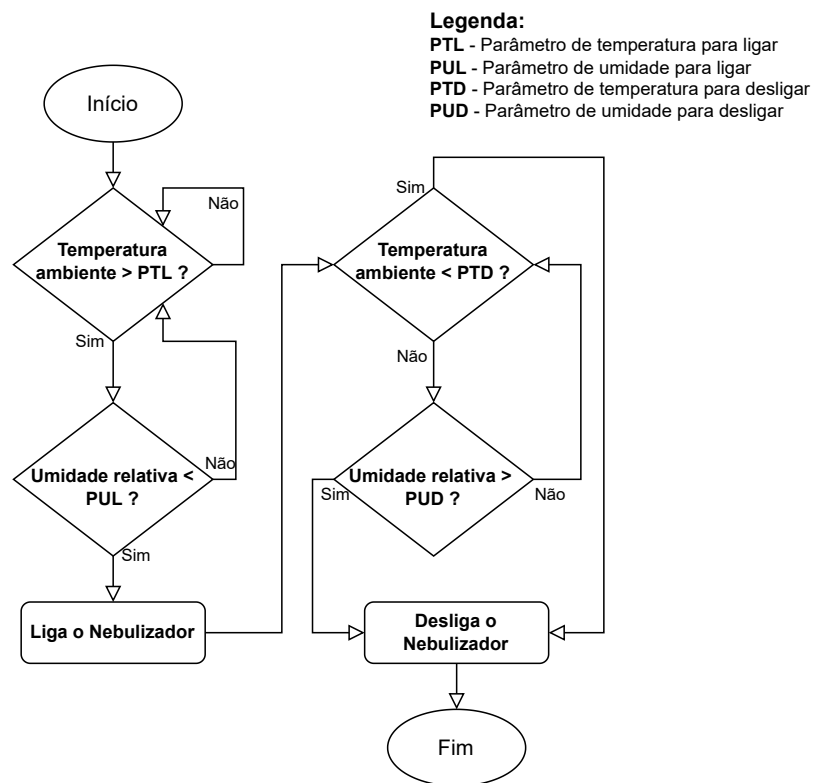


Figura 6 – Lógica de acionamento do nebulizador em modo automático.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

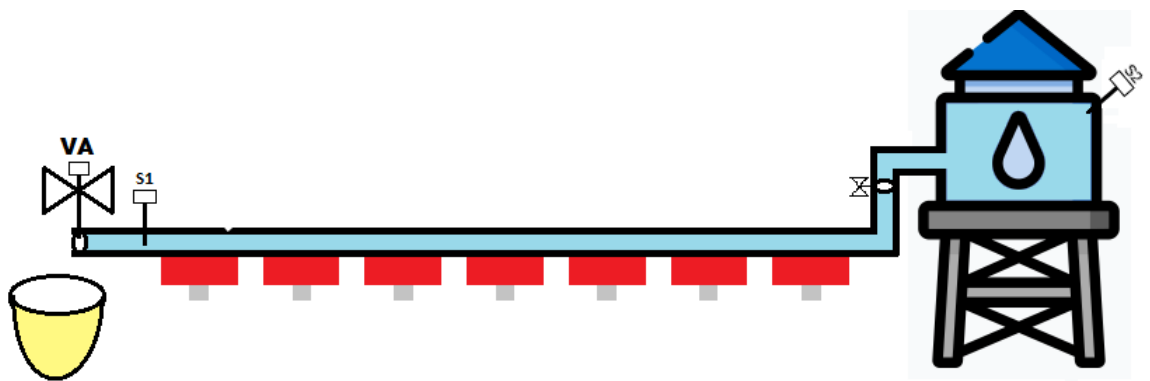


Figura 7 – Ilustração do trocador de água implementado no bebedouro.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

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

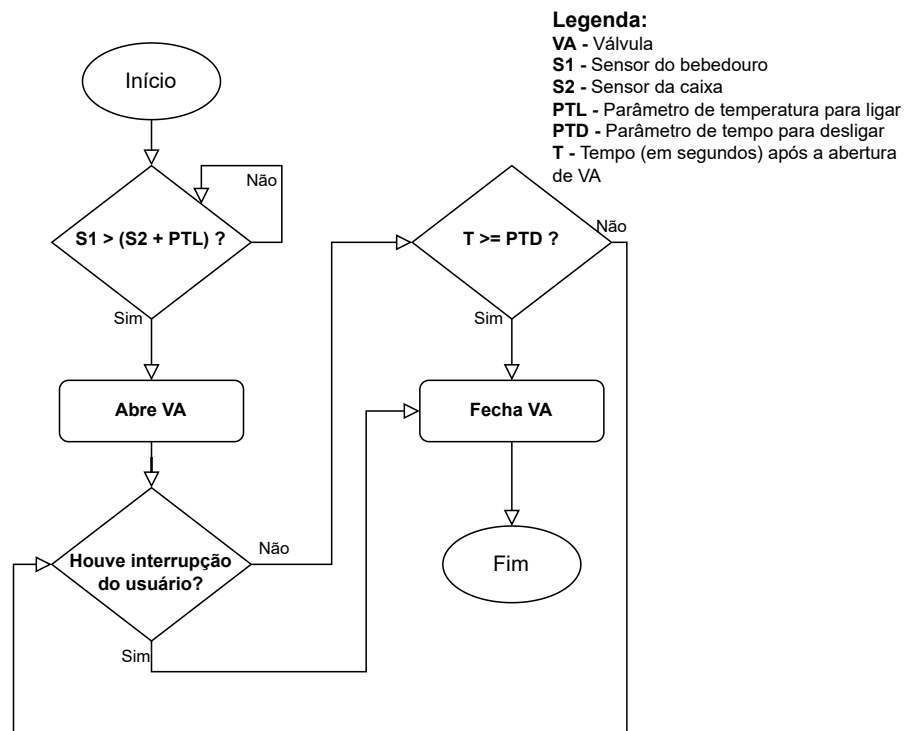


Figura 8 – Lógica de acionamento do trocador de água em modo automático.

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 (R\$)
ESP32 - Devkit v1	1	40,70
Válvula Solenoide para Água 127V	2	118,40
Sensor de temperatura a prova de água DS18B20	2	38,30
Jumpers de 20 cm	30	12,80
Módulo Relé 5 V - 4 canais	1	29,45
Cabo Flexível Paralelo 300V (2 X 4,0mm) / Por Metro	3	26,85
Sensor de Umidade e Temperatura DHT11	1	14,50
Fonte 5 V DC	1	33,39
TOTAL	-	314,39

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este artigo tinha como objetivo desenvolver um protótipo de sistema embarcado para monitorar e automatizar a ambiência de um aviário, sendo que ele seja voltado aos produtores que faz essas tarefas manualmente, com pouco uso de tecnologia. Para esse intuito, o protótipo pode ter atingido as expectativas, visto que o sistema consegue visualizar os dados dos sensores por um aparelho eletrônico e acionar os atuadores automaticamente de modo funcional.

O protótipo desenvolvido e implementado no aviário do pequeno produtor pode trazer algumas mudanças em relação ao manuseamento do aviário. O Quadro 1 a seguir apresenta essas mudanças separada em vantagens e desvantagens.

Vantagens	Desvantagens
Manuseamento de equipamentos de forma automática ou de forma remota	Ausência de interface em casos da rede local perder conexão
Monitoramento remoto da ambiência	Número pequeno de testes feitos
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 protótipo descrito no presente artigo representa uma possível solução para aviários de pequeno porte que não usufruem de sistemas de automatização e monitoramento remoto, dado que o produtor terá uma maior precisão e disponibilidade de acompanhar as condições de ambiência do aviário. Com isso, poderá ajustar os parâmetros do acionamento automático e também acionar os equipamentos manualmente pela rede, do jeito que considerar melhor. O sistema implantado no local servirá como um auxiliador de controle e manejo com a finalidade de aumentar a produção e o bem-estar das aves.

Para uma comparação mais justa, o trabalho visará a implantação do sistema em um aviário real. Consistirá em captar os valores dos sensores a cada hora durante dias. Na primeira instância, o aviário terá seu funcionamento de forma tradicional, sem o auxílio do sistema. Na outra instância, o aviário funcionará de forma automática, sendo controlada pela aplicação. No final das captações, será comparado os resultados dos sensores com e sem o auxílio do sistema embarcado.

Como trabalhos futuros, o modelo proposto pode ter uma facilidade de ser aprimorado para este fim. Um exemplo disso é o armazenamento dos dados do ambiente capturados pelos

sensores a fim de fazer análises e processamentos, podendo gerar informações úteis para uma tomada de decisão e aprimoramento da lógica de acionamento do sistema.

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.

BARBOSA, T. M. et al. A importância da água na avicultura. **Revista PUBVET**, Londrina, n. 19, 2014.

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 Zootecias**, Juiz de Fora, v. 19, n. 2, p. 204–226, 2018.

CHASE, O. **Sistemas embarcados**. 2007. Disponível em: <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**. 2018. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/era-digital-o-futuro-da-tecnologia-avicola/20180522-093843-w047>>. Acesso em: 2021-08-03.

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>. 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 Etologia**, 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. Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental — Universidade de São Paulo, 2019.

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.