

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**ERIK RYUICHI YAMAMOTO
GUSTAVO MAYSONNAVE FRANCK
JOÃO LUIZ ITHIRO SUMI BORGES**

**ANÁLISE DA MOVIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES
TEMPERATURAS BASEADA EM VÍDEOS**

CURITIBA

2022

**ERIK RYUICHI YAMAMOTO
GUSTAVO MAYSONNAVE FRANCK
JOÃO LUIZ ITHIRO SUMI BORGES**

**ANÁLISE DA MOVIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES
TEMPERATURAS BASEADA EM VÍDEOS**

Video based analysis of broilers movement in different temperatures

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação do Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Bogdan Tomoyuki Nassu

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ERIK RYUICHI YAMAMOTO
GUSTAVO MAYSONNAVE FRANCK
JOÃO LUIZ ITHIRO SUMI BORGES**

**ANÁLISE DA MOVIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES
TEMPERATURAS BASEADA EM VÍDEOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Computação do Curso de Bacharelado em
Engenharia de Computação da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 05/setembro/2022

Marcos Martinez do Vale
Professor Doutor
Universidade Federal do Paraná

Bogdan Tomoyuki Nassu
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leyza Elmeri Baldo Dorini
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Alberto Fabro
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA
2022

Dedicamos este trabalho a todos que nos suportaram e incentivaram durante todos esses anos, inclusive nós mesmos.

AGRADECIMENTOS

Muitas são as pessoas e seres a quem devemos nossa gratidão por toda nossa trajetória ao longo deste curso, desde aqueles que ficaram conosco até estes momentos de conclusão, como aqueles que acabaram partindo durante nossa jornada.

Primeiramente agradecemos aos nossos pais e mães, por nos concederem a chance de viver e desfrutar deste mundo e chegar a este momento, além de nossos irmãos e irmãs por trazerem momentos de alegria e até mesmo de divergências, tornando nossas vidas mais divertidas e proveitosas.

Também agradecemos aos nossos tios, tias, primos, primas, avôs e avós, que estiveram presentes seja para dar bronca, se divertir ou nos acompanhar em momentos de tristeza, mas que marcaram presença durante nossa jornada até este momento.

Somos gratos também aos nossos companheiros de estimação, que também formam parte de nossas famílias e que sempre estão presentes, seja para nos divertir, trazer conforto ou simplesmente nos acompanhar.

Em particular, eu, Erik, gostaria de deixar agradecimentos especiais ao Igor, que foi um dos meus primeiros e melhores amigos durante o período escolar e que infelizmente acabou partindo desta vida no início deste ano, e ao Pochi e à Satoimo pelos tempos de alegria, diversão e companheirismo, que também acabaram deixando esta vida durante essa etapa da minha vida, mas que permanecerão comigo como profundas e boas memórias.

Agradecemos também aos nossos orientadores Professor Doutor Bogdan Tomoyuki Nassu e Professor Doutor Marcos Martinez do Vale pela paciência e pelo compartilhamento de sabedoria conosco para a idealização e desenvolvimento deste trabalho.

Somos gratos também a muitos de nossos colegas que conhecemos durante nossa jornada, sejam eles do nosso próprio curso ou de outros, assim como colegas de trabalho, que acabaram nos auxiliando tanto em nosso desenvolvimento técnico como pessoal.

Somos gratos também aos funcionários e funcionárias das Secretarias e da Direção da Universidade, pela dedicação, cooperação e atendimento durante todos esses anos em que estivemos presentes e até mesmo nesses últimos em que não pudemos estar presentes.

Agradecemos também aos leitores, que dedicaram um pouco de seu tempo para dar alguma importância e relevância para o nosso trabalho, além dos diversos autores e que utilizamos como inspiração e referência.

Por fim, queremos dizer sinceros muito obrigados a todos, por todo o suporte e incentivo durante toda essa nossa caminhada.

Muitíssimo obrigado.

RESUMO

Temperaturas extremas, que induzem a prostração e a morte de frangos de corte, geram não apenas prejuízo para a vasta agropecuária brasileira, mas também sofrimento aos animais. O monitoramento automatizado de sua movimentação pode, entretanto, ajudar a evitar perdas e auxiliar na tomada de decisões dos criadores. Este trabalho teve como objetivo propor e avaliar uma abordagem para a análise e identificação de comportamento automática de vídeos de frangos em diferentes temperaturas em um ambiente controlado. Através de vídeos das aves, seguindo restrições simples, são gerados relatórios que foram aplicados em um software de visualização para analisar a diferença de movimentação dos frangos nas diferentes temperaturas de forma clara e compreensível. A técnica utilizada para a extração dos dados dos vídeos foi a detecção e rastreamento através de software de processamento de vídeo utilizando detecção por cor de manchas nas aves, e o algoritmo CSRT (*Channel and Spatial Reliability of Discriminative Correlation Filter*) para o rastreamento. Para criação de informações e a geração do relatório a partir desses dados, foram utilizados princípios básicos da estatística e análise de dados, como os conceitos de mediana, maior valor, etc. além da visualização gráfica. Os resultados mostram que há diferenças estatisticamente significativas na movimentação de acordo com a temperatura, o que é esperado e demonstra a efetividade do sistema em avaliar corretamente a movimentação de aves.

Palavras-chave: processamento de imagem; reconhecimento de padrões; controle de criadouro.

ABSTRACT

Extreme temperatures, which induce prostration and death of broiler chicken, cause not only losses to the vast Brazilian agriculture, but also suffering to the animals. Automated monitoring of their movement can, however, help avoid losses and assist in decision-making by breeders. In this work, we aim to propose and evaluate an approach for the automatic analysis and behaviour identification of videos of the chickens at different temperatures in a controlled environment. Through videos of the birds, following simple restrictions, reports are generated, then fed to a visualization software to analyze the difference in chicken movement at different temperatures in a clear and comprehensible way. The technique used to extract data from the videos was detection and tracking through video processing software using color-based detection of spots marked on the birds, and the CSRT (Channel and Spatial Reliability of Discriminative Correlation Filter) algorithm for tracking. To create information and generate a report from the data, basic principles of statistics and data analysis were used, such as the concepts of median, highest value, etc., and graph analysis. The results show that there are statistically significant differences in movement according to temperature, which is expected and demonstrates the effectiveness of the system in correctly evaluating the movement of the birds.

Keywords: image processing; pattern recognition; coop control.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 – Imagem padrão para análise do sistema. | 13 |
| Figura 2 – Diagrama de blocos do fluxo do sistema. | 19 |
| Figura 3 – Exemplo de vídeo de entrada. | 20 |
| Figura 4 – Exemplo de perspectiva ideal para o vídeo. | 21 |
| Figura 5 – Extração de máscara binária | 21 |
| Figura 6 – Retângulos envolventes das regiões detectadas. | 22 |
| Figura 7 – Re-deteção periódica de frangos. | 23 |
| Figura 8 – Rastreamento. | 24 |
| Figura 9 – Sistema retornando que houve erro no rastreamento dos frangos, o que será corrigido com uma re-execução da etapa de detecção. | 25 |
| Figura 10 – Planilha CSV contendo os dados extraídos do vídeo. | 26 |
| Figura 11 – Detecção de cores. | 27 |
| Figura 12 – Definição de áreas para rastreamento. | 28 |
| Figura 13 – Algoritmos de Rastreamento. | 29 |
| Figura 14 – Escolha do Algoritmo de Rastreamento. | 31 |
| Figura 15 – Re-deteção periódica. | 32 |
| Figura 16 – Re-deteção em caso de falha. | 33 |
| Figura 17 – Gráfico da taxa de variação entre quadros da movimentação de frangos de corte em condição de estresse por calor. | 34 |
| Figura 18 – Gráfico da taxa de variação entre quadros da movimentação de frangos de corte em condição de estresse por frio. | 35 |
| Figura 19 – Gráfico da taxa de variação entre quadros da movimentação de frangos de corte em condição de conforto térmico. | 36 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1 – Salto grande em um ponto específico do vídeo. | 33 |
| Tabela 2 – Resultado da análise dos relatórios gerados pelo processamento dos vídeos nas três condições térmicas. Médias acompanhadas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. | 37 |
| Tabela 3 – Resultados da execução do teste de Tukey utilizando as três médias normalizadas. | 37 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | TRABALHOS RELACIONADOS | 15 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 | Entrada | 19 |
| 3.2 | Detecção | 20 |
| 3.3 | Rastreamento | 23 |
| 3.4 | Extração de Dados | 25 |
| 3.5 | Apresentação de Informações | 26 |
| 4 | RESULTADOS | 27 |
| 4.1 | Software | 27 |
| 4.2 | Hardware | 27 |
| 4.3 | Dados | 28 |
| 4.4 | Detecção | 29 |
| 4.5 | Rastreamento | 29 |
| 4.6 | Testes | 31 |
| 4.7 | Resultados obtidos | 32 |
| 5 | CONCLUSÃO | 38 |
| | REFERÊNCIAS | 39 |

1 INTRODUÇÃO

A avicultura é o ramo agropecuário que produz carnes aviárias para consumo. No Brasil, essa prática é amplamente utilizada e é uma das principais fontes de alimento proteico para a população, contando com um consumo per capita de pouco mais de 45 quilogramas por habitante e uma produção de aproximadamente 14 milhões de toneladas deste tipo de carne no ano de 2020 (ABPA, 2021).

Apesar desta produção de milhões de toneladas, há também uma quantidade significativa de perdas deste tipo de aves, sendo as condições térmicas desfavoráveis uma das principais causas disto. Uma das consequências destas perdas é o encarecimento das carnes aviárias. Este problema afeta diferentes tipos de produtores desse tipo de animais. Segundo uma notícia do UOL (CASAGRANDE, 2020), 6 mil aves morreram devido a uma temperatura acima de 40°, gerando um prejuízo estimado de 60 mil Reais. Em uma notícia do Globo Rural (BARBOSA, 2020), a temperatura acima de 40° teria sido responsável pela morte de cerca de 40 mil frangos em uma semana e é relatado que, segundo o produtor da granja, as frangos podem até mesmo entrar em fadiga à noite e falecer neste período, além de ressaltar que isso pode influenciar nos preços dos ovos que chegam ao consumidor final. Além disso, a Embrapa, empresa de pesquisa vinculada ao Ministério da Agricultura, relata em um artigo (EMBRAPA, 2008) que a temperatura inadequada é uma das causas reais de morte das aves e que merece atenção. Ainda nesse artigo, é relatado que a hipertermia das aves é detectada pelas asas e bico abertos e também são passadas algumas orientações em relação ao cuidado com as aves, mesmo para aqueles que não dispõem de tecnologia avançada nas granjas. Uma das soluções existentes para este problema com a temperatura é a utilização de um sistema para controle térmico, entretanto isso demanda um investimento elevado em equipamentos, além de gerar um custo energético maior.

Um dos sintomas que os animais podem apresentar devido às temperaturas elevadas é a entrada em um estado de prostração, o qual pode levar a óbito caso seja mantido por um longo tempo. Sabendo-se disso, é possível identificar essa situação pela variação da movimentação dos frangos conforme a temperatura e assim tentar prevenir a perda destes.

Este trabalho aborda a detecção e o rastreamento de frangos em determinadas condições térmicas através de técnicas de visão computacional, a realização da análise dos dados obtidos para quantificar a movimentação dos animais conforme a temperatura e a geração de relatórios com dados relacionados a esta movimentação ao longo do tempo. O escopo do trabalho é composto por processar vídeos de frangos, detectando e rastreando sua movimentação em três diferentes condições de temperatura, gerar relatórios com a quantidade de animais detectados e a quantificação da movimentação deles, para gerar gráficos com informações importantes para auxiliar no cuidado destes animais por seus criadores. A Figura 1 exemplifica o tipo de imagem analisada pelo sistema. As condições de luminosidade, angulação da câmera e qualidade da imagem não foram alteradas.

Figura 1 – Imagem padrão para análise do sistema.



Fonte: Autoria própria.

Os vídeos utilizados foram dos experimentos realizados em (KLEIN, 2016), os quais utilizaram câmaras com dimensões de 80 centímetros de largura, 110 centímetros de comprimento e 110 centímetros de altura e uma quantidade fixa de nove frangos em cada câmara. Os frangos teriam sido marcados em partes diferentes do corpo para facilitar a identificação individual ao serem realizadas as análises visuais dos vídeos.

Os objetivos deste trabalho envolvem propor uma metodologia utilizando técnicas de visão computacional para realizar a análise de vídeos de frangos de corte. Através dessa análise esperava-se quantificar a movimentação das aves, de tal forma que fosse possível gerar dados para uma possível análise futura e então, criar relatórios que poderiam servir como suporte para a tomada de decisões.

Através deste projeto, foi encontrada uma possível alternativa para evitar a morte de frangos por prostração excessiva em determinadas temperaturas. Em relação aos objetivos acadêmicos, procurou-se utilizar diferentes técnicas e métodos de rastreamento e detecção de objetos em vídeos capturados de experimentos, como forma de obter a melhor aproximação para a solução do problema. Com os dados do rastreamento, foi possível analisar a movimentação das aves de acordo com a temperatura para então gerar relatórios.

Por fim, neste relatório, foi feita uma análise sobre a movimentação de um determinado grupo de frangos em diferentes temperaturas, como forma de aproximar uma quantidade de

movimento adequada conforme a temperatura. Essa análise pode ser utilizada para alertar de alguma forma o produtor de que as aves podem estar em risco, possibilitando que este possa agir antes que ocorram fatalidades.

Ao final do trabalho, conseguimos abordar o problema do monitoramento de frangos em um ambiente controlado, de tal forma que foi possível processar vídeos, gerar dados, relatórios e gráficos da movimentação dos frangos e apontar valores de interesse. Também foi possível verificar a diferença no comportamento das aves em relação à temperatura, indicando a possibilidade da utilização da visão computacional na avicultura.

Nos capítulos seguintes, iremos desenvolver o tema da seguinte forma: No Capítulo 2, Trabalhos Relacionados, iremos analisar outros trabalhos relacionados ao nosso, comparando conceitos compartilhados e ideias úteis ao nosso; No Capítulo 3, Materiais e Métodos, iremos descrever em detalhes toda a funcionalidade geral e lógica do sistema, e o corpo de regras e diligências estabelecidas para realizá-lo; No Capítulo 4, Resultados, iremos descrever então todos os sistemas e tecnologias que de fato usamos para implementar o nosso, e demonstraremos o produto final à que chegamos usando os dados experimentais desse projeto e o nosso sistema; No Capítulo 5, Conclusão, iremos dar nossa conclusão final sobre os resultados que foram obtidos, e outras considerações finais, como possíveis estudos futuros.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

A abordagem de temas relacionados aos animais vinculados às atividades agropecuárias não é incomum. Existem artigos com objetivos que variam desde observação, experimentação e até mesmo soluções para diferentes tipos de problemas envolvendo esses animais.

(TAKANO; ALMEIDA; SILVA, 2021) abordaram o monitoramento de animais em áreas amplas, tendo como objetivo realizar a detecção de bovinos por meio de imagens aéreas e analisar o desempenho obtido após essas detecções. Segundo os autores, o monitoramento de grupos de animais com o uso da visão computacional possibilita a redução de custos e de serviços considerados exaustivos, além da obtenção de mais dados sobre as operações de negócio. Para alcançar este objetivo os autores utilizaram imagens aéreas obtidas por um drone para treinamento e validação de modelos de redes neurais convolucionais. Para obtenção de melhores resultados foram aplicadas algumas técnicas de pré-processamento de imagens, como recorte das imagens em tamanhos menores, a seleção de regiões de interesse e a retirada de imagens com sombras, e o *data augmentation*, que consiste em aumentar a quantidade de imagens a partir de pequenas modificações nas imagens já obtidas. Foram utilizadas duas redes diferentes, a YOLOv3 e a YOLOv4, treinadas com um mesmo conjunto de imagens. Um dos problemas apontados pelos autores foi a detecção de falsos-positivos, em que sombras e carros em algumas imagens teriam sido classificadas como animais bovinos, apesar da quantidade ter sido baixa. Com isso, foi concluído que ambas as redes tiveram um bom desempenho para detecção de objetos pequenos, sendo a YOLOv4 relativamente superior a YOLOv3 no quesito acurácia.

Para a execução deste trabalho também havia a possibilidade da utilização de redes neurais para a realização da detecção dos frangos, entretanto pelo fato de não se possuir um conjunto de imagens que pudesse ser considerado adequado para a realização do treinamento e validação de uma rede neural, foi descartada a opção de utilizar esse método para a detecção dos animais.

Um segundo trabalho com um contexto semelhante ao deste abordava a utilização da visão de máquina para a obtenção e análise de dados para o levantamento das condições de ambiência mais ideais para a criação de frangos (SALTORATTO *et al.*, 2013). Ambiência nada mais é que o espaço utilizado para o desenvolvimento desses animais, mas além de fatores físicos e arquitetônicos, a organização, a dinamicidade e até mesmo fatores psicológicos são levados em conta para a providência de um melhor desempenho daqueles que o habitam. Para os autores o bem-estar das aves poderia ser qualificado e identificado, sendo que as sequências de ações e comportamentos dos animais constituiriam uma importante forma de obtenção de informações e verificação de suas respostas ao ambiente. Entretanto tentar obter informações através de meras observações visuais demandariam uma grande quantidade de tempo, além de que a própria intervenção ou até mesmo presença humana poderiam interferir na naturalidade do comportamento dos animais. Para a realização do trabalho citado, foi instalada uma câmera

no teto de um aviário com o objetivo de se filmar e capturar imagens durante o processo de criação das aves. A ideia foi analisar os quadros obtidos para verificar o comportamento das aves conforme as condições da ambiência e assim chegar a uma conclusão sobre a adequação do ambiente para uma boa criação dos animais. Em relação ao processamento do vídeo, em cada um dos quadros foi realizado o recorte da área de interesse, que nada mais seria que o local onde as aves foram criadas. O passo seguinte foi localizar as aves, para o qual foram utilizadas técnicas como a realização da conversão do espaço de cores RGB (*Red, Green, Blue*) para HSI (*Hue, Saturation, Intensity*) e a diminuição da intensidade da iluminação em determinados locais, com o intuito de corrigir variações de iluminação observadas no cenário real. Depois desse tratamento da iluminação, foi aplicada uma transformação das imagens em suas formas negativas para um realçamento de detalhes mais próximos ao branco. Com isso, foi subtraída de cada quadro a imagem do fundo, obtida anteriormente sem a presença dos animais, também transformada em sua versão negativa. Foram então realizadas operações morfológicas de fechamento, como forma de se eliminar possíveis elementos que não representassem as aves. Por fim, foi realizada a limiarização, de maneira que as formas em branco representavam os frangos. Para a determinação do local em que os animais se situavam em cada quadro, foi realizada uma divisão na baía em três regiões: bebedouro, luz de aquecimento e comedouro. A ideia por trás disso era determinar as áreas de interesse dos frangos, quantificando-se as frequências em que as aves permaneciam em cada parte. Para isso, foi utilizado um algoritmo de inundação como forma de mapeamento da imagem. Esse algoritmo consistia em realizar o preenchimento dos pixels em branco com uma cor relativa à área em que o frango se encontrava. Realizado o mapeamento da região de cada ave, eram quantificadas as aves em cada área. Então, ao final, era possível realizar o somatório das frequências obtidas para cada uma das áreas ao longo do tempo. Lembrando que o trabalho não consistia em realizar experimentos com animais, mas apenas monitorar por algum tempo a criação dos frangos. Como conclusão, os autores chegaram ao consenso de que a utilização de recursos computacionais na avicultura podem ser de grande valia para análise e monitoramento de animais. Em relação ao comportamento das aves, foi observada uma preferência destas pela região que possibilitasse uma forma de aquecimento, ou seja, aquela em que a fonte de luz era mais incidente, possivelmente pelo fato da temperatura estar mais baixa no dia da gravação.

O trabalho explanado há pouco possui bastantes semelhanças com este. O grupo de animais analisados foi o mesmo, o de frangos de corte. A ideia também foi analisar vídeos como forma de obtenção de dados sobre as aves, diferindo, no entanto, na questão de que, no presente trabalho, almejou-se quantificar a movimentação delas ao invés da frequência em que permaneciam em determinadas regiões. No trabalho citado houve uma preocupação maior na detecção dos frangos, no sentido de que foram feitos tratamentos utilizando-se de algoritmos mais específicos envolvendo técnicas básicas no processo, como as operações morfológicas e a limiarização, enquanto que neste, a ideia foi testar alguns algoritmos já conhecidos e encapsulados, para então, pela observação, definir aquele que mais parecesse adequado para ser

utilizado e então possibilitasse o rastreamento das aves. Apesar dessa diferença na metodologia, foi possível o aproveitamento da técnica para conversão do espaço de cores de RGB para HSI, a qual foi essencial para a realização da detecção neste trabalho.

Uma terceira referência também envolve a criação avícola, esta, no entanto, envolve o uso de etiquetas RFID (*Radio-Frequency Identification*) (MAIA *et al.*, 2015). A RFID é apenas uma de muitas outras ferramentas utilizadas na produção avícola, tais como geoestatística (CURI *et al.*, 2014), sistemas Fuzzy (PONCIANO *et al.*, 2012), redes sem fio (OLIVEIRA, 2016), inteligência artificial (SILVA *et al.*, 2021), termografia (NASCIMENTO *et al.*, 2014) e CFD (*Computational Fluid Dynamics*) (CORDEIRO *et al.*, 2016), além das já abordadas nas outras referências, redes neurais e visão computacional. Independentemente do tipo de ferramenta, os autores apontam a ideia de que a principal metodologia para avaliar o grau de satisfação do animais seria o próprio comportamento destes. Os sistemas de RFID podem ser utilizados, em conjunto com outros equipamentos, para monitorar variáveis térmicas, aéreas, físicas, biológicas, acústicas e sociais, sendo geralmente implementados por meio de etiquetas adaptadas ao ser ou objeto de estudo. Entre as aplicações desse tipo de sistema na agropecuária é possível apontar a obtenção de dados sobre temperatura corporal interna, parâmetros fisiológicos, manejo reprodutivo e sanitário, pesagem, distribuição de alimentos, monitoramento ingestivo através da contagem de movimentos mandibulares e acústicos e captação de dados sobre as variáveis do ambiente, além de possibilitar análises de comportamentos e preferências dos animais. Os autores desenvolveram um sistema de RFID com o intuito de avaliar o desempenho deste em relação à detecção dos movimentos de frangos de corte. Para isto, primeiramente foi utilizado um frango-robô para se determinar o alcance aproximado das antenas e os pontos de detecção e não-deteção das etiquetas. Mapeados esses pontos, a ideia era rastrear os movimentos dos frangos entre os compartimentos de uma câmara desenvolvida para o trabalho. Nessa câmara haviam diversos tipos de sensores, controladores de temperatura e umidade e uma câmera para a realização das filmagens. Foram colocadas duas etiquetas em cada ave, uma em cada pata, como tentativa de se obter um maior campo de detecção. Os autores realizaram a análise dos dados dos vídeos e então compararam com os obtidos pelo sistema RFID. Foi avaliado que o sistema não funcionou como deveria, sendo apontado como possíveis fatores contribuintes para isso o fato das aves passarem pelas portas em grupos e correndo na maioria das vezes, as etiquetas ficarem úmidas com o tempo, os frangos serem muito pequenos em relação ao tamanho da porta e a possibilidade das aves estarem fora do alcance das antenas ao transitarem. Por fim, foi concluído que para a realização do rastreamento individual destes animais seria necessário um replanejamento desse sistema ou até mesmo uma substituição dessa tecnologia.

A referência abordada possui pontos em comum com este trabalho, em ambos foram utilizados frangos de corte como objeto de estudo e foram feitas tentativas de se obter dados relacionados à movimentação dos animais. A diferença é que neste trabalho, não era necessária a obtenção da movimentação individual das aves e também não se tinha em mãos outros dados

além dos vídeos fornecidos. Portanto, acabou que o uso de um sistema RFID ou semelhante foi desnecessário e, por isso, descartado.

Há uma última referência que vale a pena citar, pois foi o trabalho pelo qual os vídeos que utilizamos neste foram captados (KLEIN, 2016). Nessa referência foram analisados os comportamentos das aves em três diferentes condições térmicas, frio, conforto e calor. Enquanto nessa referência procurou-se analisar visualmente algumas horas de vídeo para se verificar o comportamento e o desempenho produtivo e então, descrever os padrões de comportamento das aves com o auxílio de ferramentas para mineração de dados, neste trabalho o objetivo foi utilizar os mesmos vídeos captados e, através de algoritmos de visão computacional, quantificar e analisar a movimentação dos frangos. Nos experimentos dessa referência foram utilizadas câmaras com dimensões de 80 centímetros de largura, 110 centímetros de comprimento e 110 centímetros de altura e uma quantidade fixa de nove frangos em cada câmara. Marcações foram feitas em partes diferentes do corpo de cada frango, como forma de facilitar a identificação individual ao serem realizadas as análises visuais dos vídeos.

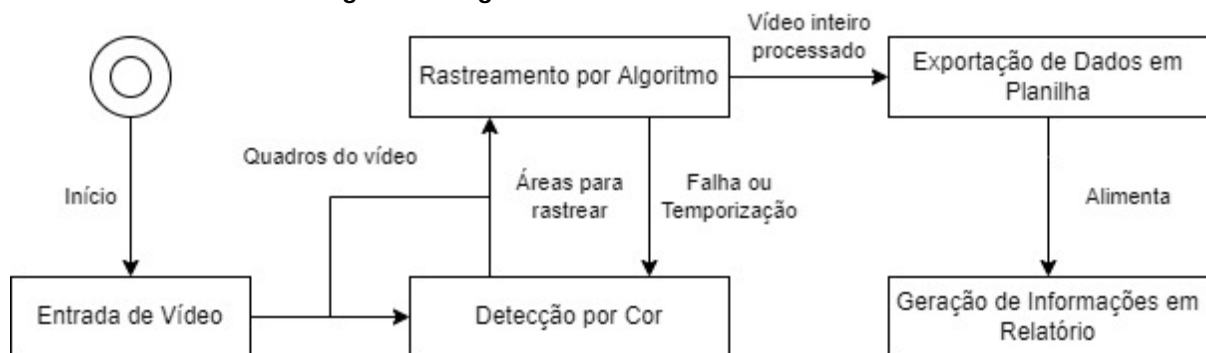
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os passos seguidos pelo sistema proposto, desde a sua entrada, o vídeo do grupo de aves a ser analisado; passando pelos diversos passos de processamento e extração de dados; até a saída final, o relatório contendo as informações necessárias.

Os vídeos foram obtidos a partir de um experimento que avaliou o comportamento de frangos de corte em diferentes condições térmicas: estresse térmico de frio, conforto térmico, e estresse por calor (KLEIN, 2016). As gravações coletadas para o estudo de comportamento foram compartilhadas para o desenvolvimento do sistema de visão computacional deste estudo.

A Figura 2 mostra o fluxo do sistema proposto. Providencia-se, como entrada para o sistema, um vídeo que mostra vários frangos marcados com manchas de uma cor distintiva para permitir a detecção e rastreamento de seus movimentos. O sistema realiza a detecção das aves a serem rastreadas com base nesta cor, e inicia o rastreamento a partir destas posições iniciais. Assim, o vídeo inteiro é processado pelo sistema de rastreamento, extraindo as informações de posicionamento e movimento com o auxílio de re-detecções periódicas e em caso de erro, para atualizar as regiões sendo rastreadas e detectar novas aves que venham a aparecer no vídeo. Quando o vídeo termina de ser processado, os dados extraídos dele são salvos em disco, para serem então apresentados em relatórios com informações úteis ao usuário final.

Figura 2 – Diagrama de blocos do fluxo do sistema.



Fonte: Autoria própria.

A seguir, cada um desses passos é descrito em detalhes

3.1 Entrada

A entrada do sistema é um vídeo, que deve conter aves marcadas com manchas de uma cor distintiva (usamos neste trabalho um tom de roxo) em uma região visível do ponto de vista da câmera, preferencialmente as costas (como na Figura 3). Idealmente o vídeo também não deve mostrar objetos de cores muito semelhantes, especialmente se forem o chão ou paredes.

Figura 3 – Exemplo de vídeo de entrada.



Fonte: Autoria própria.

Se o vídeo conter aves sem as manchas coloridas, ou estas estiverem obscurecidas, então o animal não será detectado e rastreado.

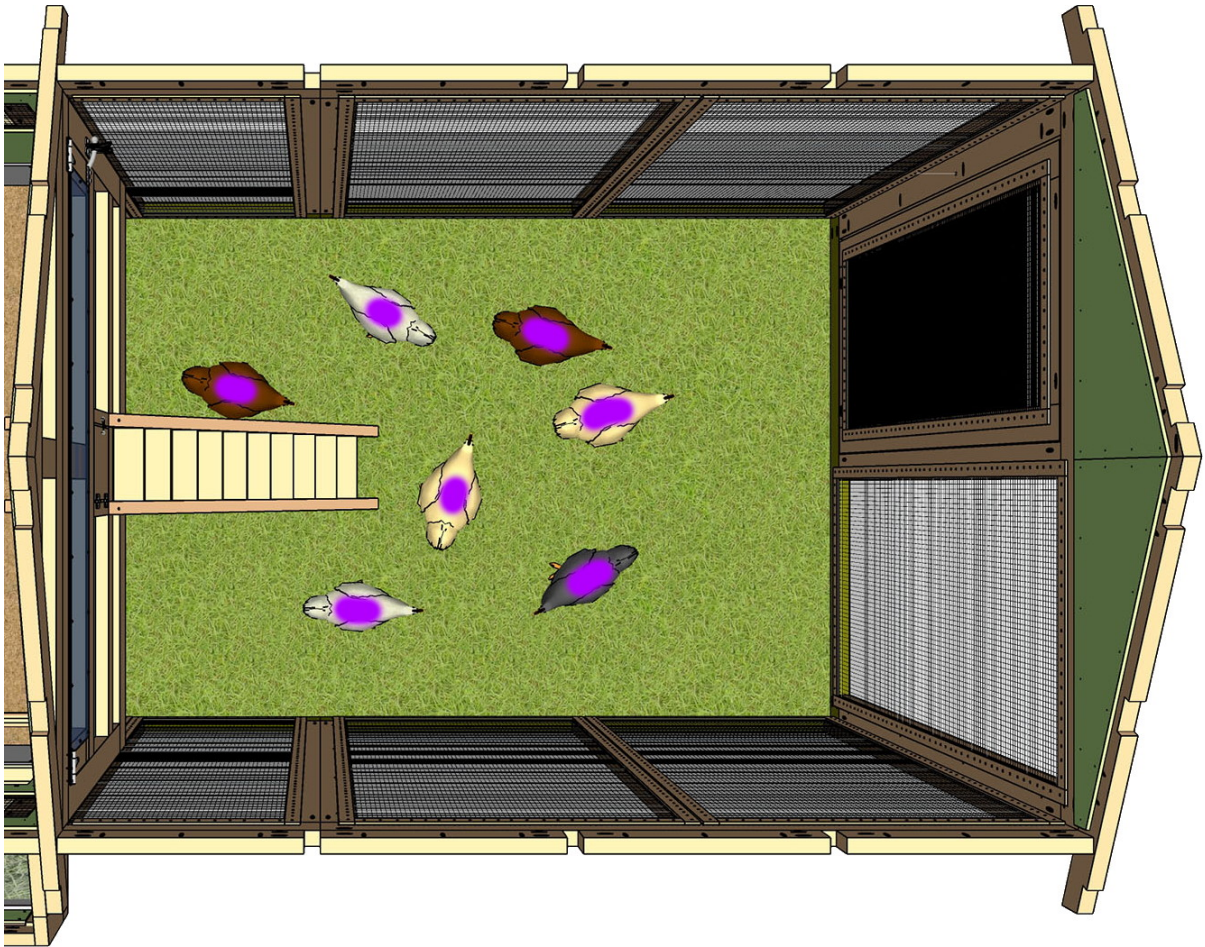
Os vídeos utilizados como entradas do sistema foram dos experimentos realizados em (KLEIN, 2016), nos quais foram utilizadas câmaras com dimensões de 80 centímetros de largura, 110 centímetros de comprimento e 110 centímetros de altura e uma quantidade fixa de nove frangos em cada câmara, sendo que os frangos teriam sido marcados em partes diferentes do corpo para facilitar a identificação individual ao serem realizadas as análises visuais dos vídeos.

O vídeo pode ter qualquer resolução, contanto que as manchas nas aves que devem ser analisadas sejam claramente visíveis (neste trabalho utilizamos entradas com 352×240 pixels). Além disso, é necessária iluminação suficiente para que essas possam ser distinguidas do resto da imagem. Para resultados mais precisos, quanto mais estática estiver a câmera usada para a gravação, e mais acima do grupo de animais, melhor (como na Figura 4).

3.2 Detecção

Inicialmente, o sistema detecta a presença e a localização de frangos no vídeo, baseado na técnica apresentada por (ROSEBROCK, 2021). Esta detecção é bastante simples, e é baseada em converter uma imagem, retirada de um quadro do vídeo, para o espaço de cores HSV

Figura 4 – Exemplo de perspectiva ideal para o vídeo.



Fonte: (DUBOISE, 2021) (Editado).

Figura 5 – Extração de máscara binária



Fonte: Autoria própria.

(*Hue, Saturation and Value*: Matiz, Saturação e Valor). Isso faz com que a seleção baseada em um faixa de cor seja mais simples e alinhada com a forma como cores realmente são percebidas e descritas por seres humanos. Como os animais possuem manchas de uma cor distintiva, é possível detectá-los simplesmente definindo uma faixa de valores que separe as manchas de outros elementos da imagem. Neste trabalho, considerando um ângulo para o canal H e valores

entre 0 e 255 para os canais S e V, a faixa de cor que produziu os melhores resultados para o nosso caso foi de (H: 210°, S: 64, V: 64) até (H: 270°, S: 255, V: 255). Esta faixa é usada para extrair uma máscara da imagem, contendo apenas as áreas com cores dentro da faixa selecionada (ver a Figura 5).

Figura 6 – Retângulos envolventes das regiões detectadas.



Fonte: Autorial própria.

Em seguida, o retângulo envolvente de cada componente conexo da máscara é obtido. Isso pode ser feito através da detecção de contornos ou da segmentação de componentes conexos (GONZALEZ; WOODS, 2002). Descartam-se os retângulos pequenos demais, para filtrar ruídos, especificamente com área menor que 1/8192 do tamanho do quadro do vídeo em pixels, e os demais são alimentados ao sistema de rastreamento como áreas iniciais. Estas áreas iniciais idealmente contêm os objetos a serem rastreados: as aves (ver a Figura 6).

Esta detecção deve ser feita periodicamente, na nossa implementação, a cada 900 quadros de vídeo, o que corresponde a 1 minuto (já que o vídeo é convertido para 15 quadros por segundo) ou em caso de falha no rastreamento, gerando novos retângulos para o sistema de rastreamento tomar como áreas para serem rastreadas (como mostra a Figura 7). Esta re-detecção periódica é feita para que o programa se recupere de eventuais falhas não detectadas no rastreamento, e também detecte novas aves que podem ter entrado no campo de visão da câmera.

Figura 7 – Re-deteção periódica de frangos.



Fonte: Autoria própria.

3.3 Rastreamento

O rastreamento é necessário pois a execução da detecção a cada quadro do vídeo tornaria o sistema muito lento, e propício a erros, já que focaria exclusivamente nas cores das manchas nos frangos ao invés do movimento destes. Este rastreamento é feito através do algoritmo CSRT (*Channel and Spatial Reliability of Discriminative Correlation Filter*) (LUKEŽIČ *et al.*, 2018). Ele usa um mapa de confiança espacial para ajustar o suporte do filtro para a parte da região inicialmente detectada como contendo o objeto. Isto faz com que a área de rastreamento seja ajustada conforme o objeto se move, impedindo que aproximações, distanciamentos ou outras deformações de sua silhueta original causem falhas no rastreamento. O algoritmo é executado a cada quadro do vídeo, tomando também os valores anteriores das regiões rastreadas como entrada, gerando com eles o mapa de confiança espacial que dita quais regiões do quadro atual possuem a maior chance de serem a nova posição do objeto que estava dentro das áreas anteriores, e retornando-as. Caso o mapa de confiança mostre que a área com a maior chance de ser a nova posição de um objeto possui uma chance muito baixa de contê-lo, o algoritmo retorna erro e encerra a sua execução. Informações detalhadas quanto ao funcionamento exato do algoritmo podem ser encontradas em (LUKEŽIČ *et al.*, 2018).

Portanto, dadas as regiões iniciais a serem rastreadas, o sistema automaticamente atualiza as posições detectadas dos objetos durante toda a duração do vídeo, incluindo seu tamanho

Figura 8 – Rastreamento.



Fonte: Autoria própria.

e forma. Estes dados estão na forma de coordenadas que definem um retângulo, mas que são usados primeiramente para extrair informações sobre a movimentação das aves (vide a Figura 8). Em suma, para cada quadro do vídeo, o algoritmo recebe como entrada uma lista de retângulos que correspondem à posição anterior das aves (e todas as listas produzidas anteriormente, que são usadas para aprimorar sua detecção nesta execução), e, se não detectar erro de rastreamento, produz uma outra lista de retângulos que definem a nova posição dos objetos dentro destas áreas conforme o quadro atual. Cada par de retângulos (posição anterior e atual) é reconhecido e tratado independentemente, e realimentado à entrada, sem uso de estado interno além da manutenção dessas listas de áreas, o vídeo em si, e a lista e o quadro atual dele.

Figura 9 – Sistema retornando que houve erro no rastreamento dos frangos, o que será corrigido com uma re-execução da etapa de detecção.



Fonte: Autoria própria.

Como o algoritmo também é capaz de detectar quando a movimentação da região rastreada não pode ser confiavelmente determinada (quando, por exemplo, o objeto sai do quadro do vídeo), e retorna erros, estes são tratados com uma nova execução da etapa de detecção usando o quadro atual do vídeo (como mostra a Figura 9). Isto gera novas áreas para serem dadas como as atuais para o sistema de rastreamento, que retoma a sua execução com essas novas regiões. Mesmo se o algoritmo não detectar quando estiver rastreando um objeto incorretamente, ou se uma nova ave aparecer no vídeo (o que não é detectável pelo rastreamento), a re-deteção periódica descrita acima na Seção 3.2 irá corrigir estas falhas.

3.4 Extração de Dados

A cada quadro processado do vídeo, dois dados são obtidos e acumulados: o número de objetos sendo rastreados, ou seja, o número de aves detectadas; e a diferença total entre as posições destas em relação às anteriores, definidas como o centro do retângulo que define a região rastreada do objeto. Preferimos usar o centro do retângulo ao invés do centroide do *blob*, pois sistemas de rastreamento padronizam o uso de retângulos para maior velocidade de processamento versus uma pequena melhoria de precisão.

Então, a cada intervalo de tempo de 1 segundo no vídeo (independente da taxa de quadros), estes dados acumulados são transformados em uma linha de texto na forma do primeiro valor e o segundo valor, separados por um ponto-vírgula (;). Esta linha é então concatenada a linhas geradas anteriormente, para posteriormente serem exportadas. Os dados salvos são então zerados e volta-se a acumular dados obtidos do processamento do vídeo, repetindo o ciclo até que o último quadro do vídeo seja processado.

Assim que o programa termina de processar todo o vídeo, as informações acumuladas em linhas de texto são salvas em formato de planilha CSV para o disco (como mostra a Figura 10). Estas informações já são legíveis a usuários comuns, mas serão transformadas em estatísticas mais informativas conforme descrito a seguir.

Figura 10 – Planilha CSV contendo os dados extraídos do vídeo.

| 1 | Galinhas Detectadas; | Movimento Total; |
|----|----------------------|---------------------|
| 2 | 7; | 1.1956704025140465; |
| 3 | 7; | 2.0091230133194604; |
| 4 | 7; | 1.7430757354715718; |
| 5 | 7; | 1.5015378165640563; |
| 6 | 7; | 2.408864625849668; |
| 7 | 7; | 1.7148684974980093; |
| 8 | 7; | 2.3576696814998526; |
| 9 | 7; | 2.0435566460419516; |
| 10 | 7; | 2.0750928174599297; |
| 11 | 7; | 2.216682024930499; |
| 12 | 7; | 1.7351428263543467; |

Fonte: Autoria própria.

3.5 Apresentação de Informações

A partir dos dados gerados e salvos na planilha CSV, foi criado um software que traça os pontos em um gráfico de linha para facilitar a visualização. O gráfico nos mostra no eixo X o tempo e no eixo Y a quantidade de movimento dividida pela quantidade de galinhas detectadas naquele momento, assim retiramos o ruído de alguma possível ave não detectada.

4 RESULTADOS

Este capítulo descreve os equipamentos, métodos específicos usados para o desenvolvimento do projeto, experimentos para validar o sistema e resultados obtidos.

4.1 Software

Para implementar o sistema de detecção, rastreamento e geração de dados, foi utilizada a linguagem de programação Python, versão 2.7.18, com o uso da biblioteca OpenCV, versão 4.2. O sistema de análise de dados foi implementado utilizando JavaScript e HTML, com o uso da biblioteca ChartJs, versão 3.8.0. O sistema é multiplataforma, e pode ser executado em qualquer computador que suporte a linguagem Python.

4.2 Hardware

O seguinte hardware foi utilizado para desenvolver e testar o sistema, e pode executá-lo de forma satisfatória sem travamentos ou demora excessiva:

- **Tipo:** Laptop
- **RAM:** 8192 MB DDR4
- **Processador:** Quad-Core Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz
- **Disco:** SSD (de 256 GB)
- **Placa de Vídeo:** Intel(R) HD Graphics 520 (8 GB)
- **Sistema Operacional:** Ubuntu 20.04.3 LTS

Figura 11 – Detecção de cores.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Definição de áreas para rastreamento.



Fonte: Autoria própria.

4.3 Dados

Foram alimentados 4 vídeos distintos de aproximadamente 1 hora cada ao programa (um corte de 30 segundos de um destes foi utilizado para testes durante o desenvolvimento). Os vídeos estavam no formato AVI, possuíam resolução de 352×240 pixels, taxa de quadros de 29,97 quadros por segundo, e Bit rate de 471 kbps.

O conteúdo dos vídeos é o que é mostrado nas imagens reais usadas no Capítulo 3: Uma gravação de uma granja vista por cima onde podem-se ver as aves se movimentando perto de um alimentador, incluindo estas entrando e saindo do raio de visão da câmera. Há também um pouco de texto branco sobreposto ao vídeo mostrando alguns dados relevantes, como qual câmera é, e a data, que não são utilizados pelo sistema, mas também não atrapalham a sua execução.

Os vídeos utilizados no experimento seguem os padrões que definimos no Capítulo 3, entretanto eles possuem uma baixa qualidade de cores (um tom não-natural de roxo) e uma resolução abaixo da ideal. Apesar das adversidades foi possível obter resultados adequados.

4.4 Detecção

A detecção das aves foi feita baseada nas cores das manchas roxas destas em nossos vídeos de entrada, conforme explicado no capítulo anterior. As Figuras 11 (cores detectadas do quadro original à esquerda) e 12 (retângulos que representam as áreas de rastreamento extraídas) mostram a saída visual que foi codificada no programa para podermos acompanhar e observar o seu funcionamento. A faixa de cor que representa as manchas nos frangos foi ajustada manualmente até que pudéssemos observar empiricamente que esta produzia a máscara mais próxima às manchas de fato.

4.5 Rastreamento

Para realizar o rastreamento, foi utilizada a implementação do algoritmo CSRT presente na biblioteca OpenCV. Foi utilizado o modo *Multi-Tracker* desta, para rastrear vários objetos ao mesmo tempo. Vários outros algoritmos foram considerados e testados, conforme mostra a Figura 13. Nela, são denotadas as características relevantes de cada um (dado o escopo, função e requisitos do nosso sistema como descrito no Capítulo 3): Em vermelho as desvantagens mais significativas, em roxo as menos significativas, em verde as vantagens mais significativas, e em azul as menos significativas. O algoritmo escolhido está destacado com etiqueta em amarelo.

Segue uma breve descrição dos outros algoritmos para rastreamento disponíveis na biblioteca, e que foram considerados e testados. Suas características negativas e positivas foram extraídas dos próprios trabalhos que os descrevem, a seguir:

Figura 13 – Algoritmos de Rastreamento.

| | | | |
|--|---|--|--|
| <p>BOOSTING</p> <p>- Precisão baixa - Velocidade baixa - Detecção de falhas não-confiável</p> <p>* Mais antigo</p> | <p>MIL</p> <p>* Precisão mediana * Velocidade mediana</p> <p>- Detecção de falhas não-confiável - Não se recupera de oclusões</p> | <p>KCF</p> <p>+ Precisão alta + Velocidade alta</p> <p>- Não se recupera de oclusões</p> | <p>TLD</p> <p>+ Melhor resistência à oclusão + Melhor rastreamento de aproximação/distanciamento + Bom rastreamento de grandes movimentos + Alta precisão e velocidade</p> <p>- Muitos falsos positivos</p> |
| <p>MEDIANFLOW</p> <p>+ Melhor detecção de falhas + Alta precisão e velocidade + Melhor precisão em movimentos previsíveis e sem oclusão</p> <p>- Grandes movimentos causam falhas</p> | <p>GOTURN</p> <p>+ Bom rastreamento em condições variantes de luz, perspectiva e deformações + Alta precisão e velocidade</p> <p>- Difícil implementação e configuração - Baixa resistência à oclusões</p> | <p>MOSSE</p> <p>+ Bom rastreamento em condições variantes de luz, deformações e aproximação/deformação + Boa resistência a oclusões + Alta precisão + Fácil implementação</p> <p>- Altos requisitos de hardware</p> | <p>CSRT</p> <p>+ Melhor precisão + Bom rastreamento de deformações + Baixos requisitos de hardware</p> <p>- Baixa velocidade</p> |

Fonte: Autoria própria.

- **Boosting:** Baseado em auto-treinamento em tempo real, funciona da seguinte forma: dado um exemplo de área positiva (que contém o objeto a ser rastreado), o algoritmo toma todas as outras áreas como negativas. A cada quadro, as áreas próximas da

anterior são avaliadas, e a que tiver maior semelhança com a anterior é escolhida como a nova posição do objeto. Esta região escolhida é então adicionada como um novo exemplo de área positiva, e assim sucessivamente (GRABNER; GRABNER; BISCHOF, 2006);

- **MIL:** Similar ao Boosting, este algoritmo funciona usando conjuntos de imagens potencialmente positivas, ao invés de só uma, próximas da área onde o objeto foi anteriormente detectado. Estas áreas próximas da correta então são usadas em conjunto com a central para achar a nova área onde o objeto está (BABENKO; YANG; BELONGIE, 2009);
- **KCF:** Baseado tanto no Boosting quanto no MIL, este algoritmo se aproveita da possível sobreposição de regiões no conjunto de imagens para aplicar propriedades matemáticas que tornam o rastreamento mais ágil e preciso (HENRIQUES *et al.*, 2014);
- **TLD:** Este algoritmo separa seu funcionamento em três atividades: rastreamento, aprendizado e detecção. Ou seja, além de rastrear o objeto, ele constantemente atualiza suas definições dele baseado em resultados anteriores, e soma a isso uma nova re-identificação do objeto periodicamente, para se recuperar de falhas ou caso o objeto seja temporariamente obscurecido (RAMESH *et al.*, 2020);
- **Median Flow:** Funciona rastreando o objeto tanto na direção correta quanto na oposta, constantemente medindo a diferença entre as duas trajetórias. Isto torna-o bastante eficiente quando a trajetória do objeto é pequena e previsível, além de facilmente identificar falhas (KALAL; MIKOLAJCZYK; MATAS, 2010);
- **GOTURN:** Baseado em *Deep Learning*, é diferente da maioria dos algoritmos de rastreamento pois não "aprende" a aparência e o comportamento dos objetos em tempo real, e sim baseado em treinamento com diversos exemplos antes de sua execução efetiva. Isto permite que ele possua velocidade maior de execução em tempo real, mas requer grande potência de hardware para executar suas instruções complexas. Além disso, sua efetividade varia conforme a similaridade entre os vídeos usados em seu treinamento e os vídeos reais, requerendo maiores custos para aquisição de vários e bons exemplos para seu desenvolvimento. (HELD; THRUN; SAVARESE, 2016);
- **MOSSE:** Realiza o rastreamento através da soma da saída mínima do erro ao quadrado, ou seja, usa uma correlação adaptativa que produz filtros de correlação estáveis a partir de um único quadro, podendo detectar a oclusão do objeto e pausar a sua execução até que o objeto re-emerja (BOLME *et al.*, 2010);

Caso seja necessário ou desejável, o programa pode ser facilmente alterado para usar qualquer um destes algoritmos para o rastreamento.

Figura 14 – Escolha do Algoritmo de Rastreamento.



Fonte: Autoria própria.

A escolha do algoritmo se deu baseada em observações empíricas sobre um trecho de vídeo, o mesmo que foi usado para os testes do Capítulo 4.7. Foram avaliadas não apenas a *performance* e as características específicas de cada algoritmo, mas especialmente o que podíamos observar de como cada um de fato seguia as aves presentes no vídeo. As características mais importantes e relevantes ao sistema são descritas sucintamente na Figura 14.

Para auxiliar nessas observações, foi programada uma saída em vídeo no programa que mostrava as áreas que estavam sendo rastreadas sobrepostas ao vídeo de entrada, como mostram as Figuras 15 e 16, que também ilustram a resposta visual do sistema em caso de re-deteção periódica e em caso de falha, respectivamente. Como o algoritmo CSRT foi o que nos deu as áreas mais próximas às das aves que podíamos observar a olho nu, além de suas outras características desejáveis, este foi o escolhido para a parte de rastreamento do sistema.

4.6 Testes

Durante o desenvolvimento do projeto, vários parâmetros e estratégias foram testados inicialmente em um corte de 30 segundos de um dos nossos vídeos. Quando os resultados se

Figura 15 – Re-deteccção periódica.



Fonte: Autoria própria.

mostraram satisfatórios neste pequeno corte, trocamos a entrada do programa para os vídeos reais, com duração bem maior. Mesmo após horas de execução, o programa conseguiu concluir com resultados compatíveis com o que era observado diretamente neles, e não sofreu com travamentos, falta de memória e outros problemas de hardware.

Analisando os casos anormais, como grandes aumentos nos números em algumas partes dos dados, podemos observar que sempre eram compatíveis com o que era observado nos vídeos: grande movimentação das aves. Há alguns pulos excessivos, como mostrado na Tabela 1, devido a re-deteccções ocorrendo no mesmo instante que os animais se movem significativamente. Porém, estes valores são bastante pontuais e são tratados na hora de gerar os resultados, pois é feita a divisão do valor da movimentação pela quantidade de frangos detectados, diminuindo assim o erro gerado pela re-deteccção. Além disso, ocorrem bastante esporadicamente, sendo menos de 0.1% dos números obtidos em todos os 3 vídeos (aproximadamente, apenas 5 de mais de 6000 números obtidos tinham valor 4 vezes maior que o anterior e o seguinte).

4.7 Resultados obtidos

Para a apresentação dos resultados foi desenvolvida uma aplicação *web* que importa os dados gerados e traça dois gráficos de linha cujos eixos das abscissas representam a quan-

Figura 16 – Re-deteccção em caso de falha.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 – Salto grande em um ponto específico do vídeo.

| Instante | Frangos | Movimentação |
|----------|---------|--------------|
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 1255 | 6 | 2.88930 |
| 1256 | 6 | 3.04777 |
| 1257 | 6 | 3.88098 |
| 1258 | 6 | 20.76079 |
| 1259 | 6 | 7.44458 |
| 1260 | 6 | 3.06066 |
| 1261 | 6 | 3.19133 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |

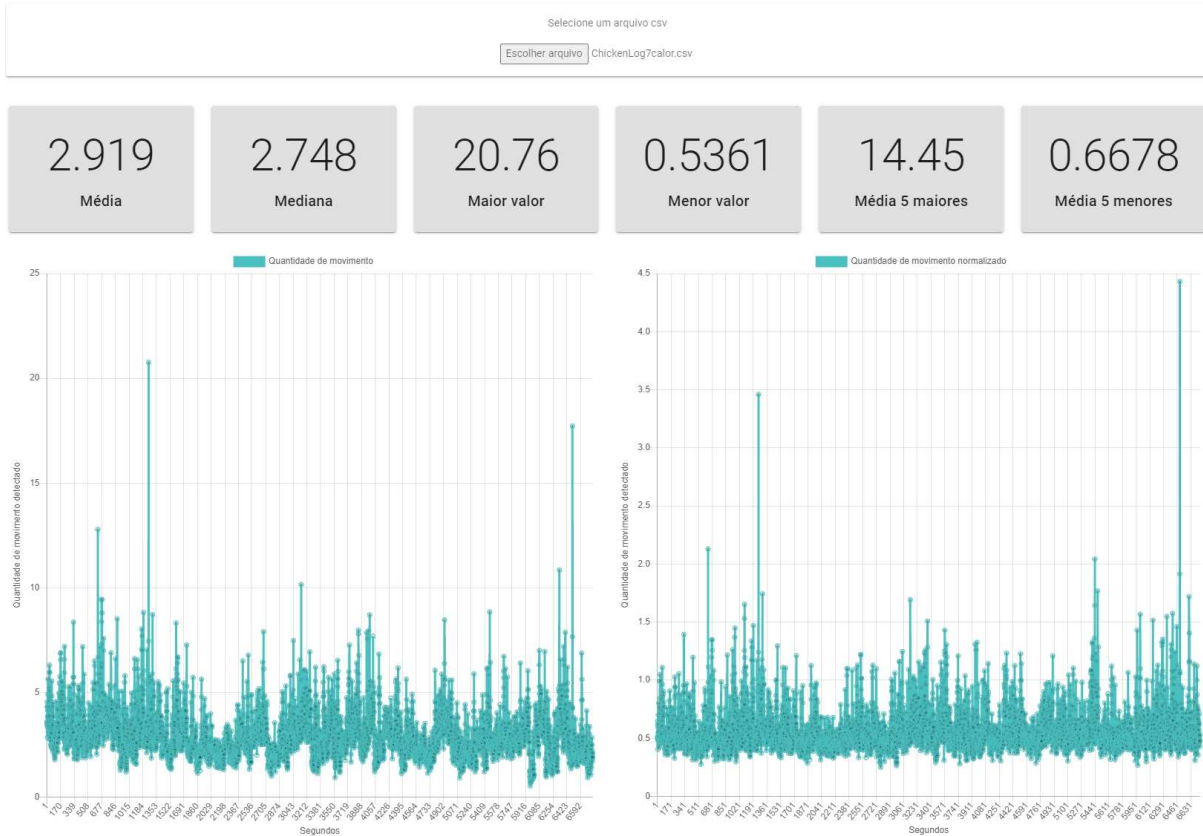
Fonte: Autoria própria.

tidade de movimento detectada e os eixos das ordenadas representam o tempo, com a única diferença que o gráfico gerado na parte esquerda possui seus valores de quantidade de movimento divididos pela quantidade de galinhas detectadas naquele instante para remover possíveis discrepâncias geradas pela perda de uma galinha identificada. Além disso o programa obtém informações relevantes de média e picos superiores e inferiores.

Os resultados obtidos mostram a quantidade de movimentação das galinhas nas três diferentes condições térmicas: 12°C para uma sensação térmica de desconforto frio, 20°C para simular uma temperatura de conforto para os animais e 28°C para uma condição de estresse por calor.

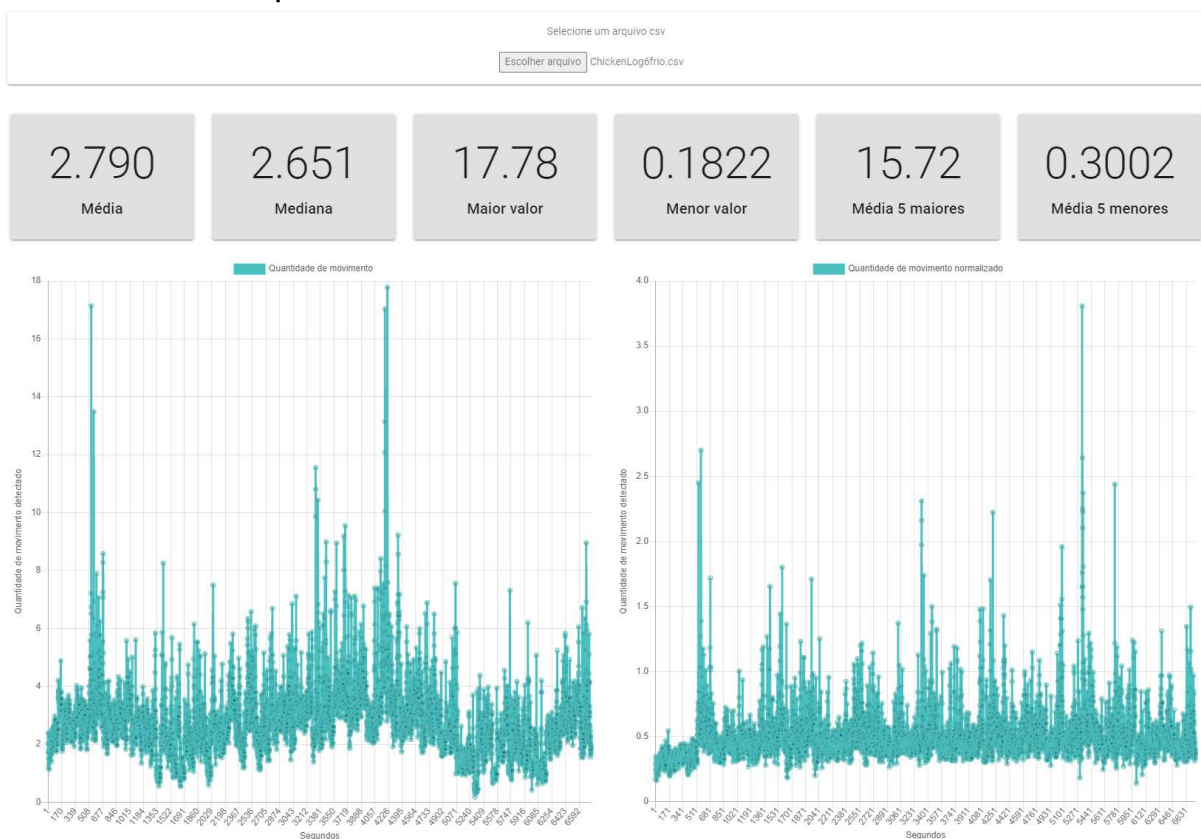
Os gráficos obtidos ao processar os dados gerados pela movimentação das galinhas são apresentados nas Figuras 17, 18 e 19:

Figura 17 – Gráfico da taxa de variação entre quadros da movimentação de frangos de corte em condição de estresse por calor.



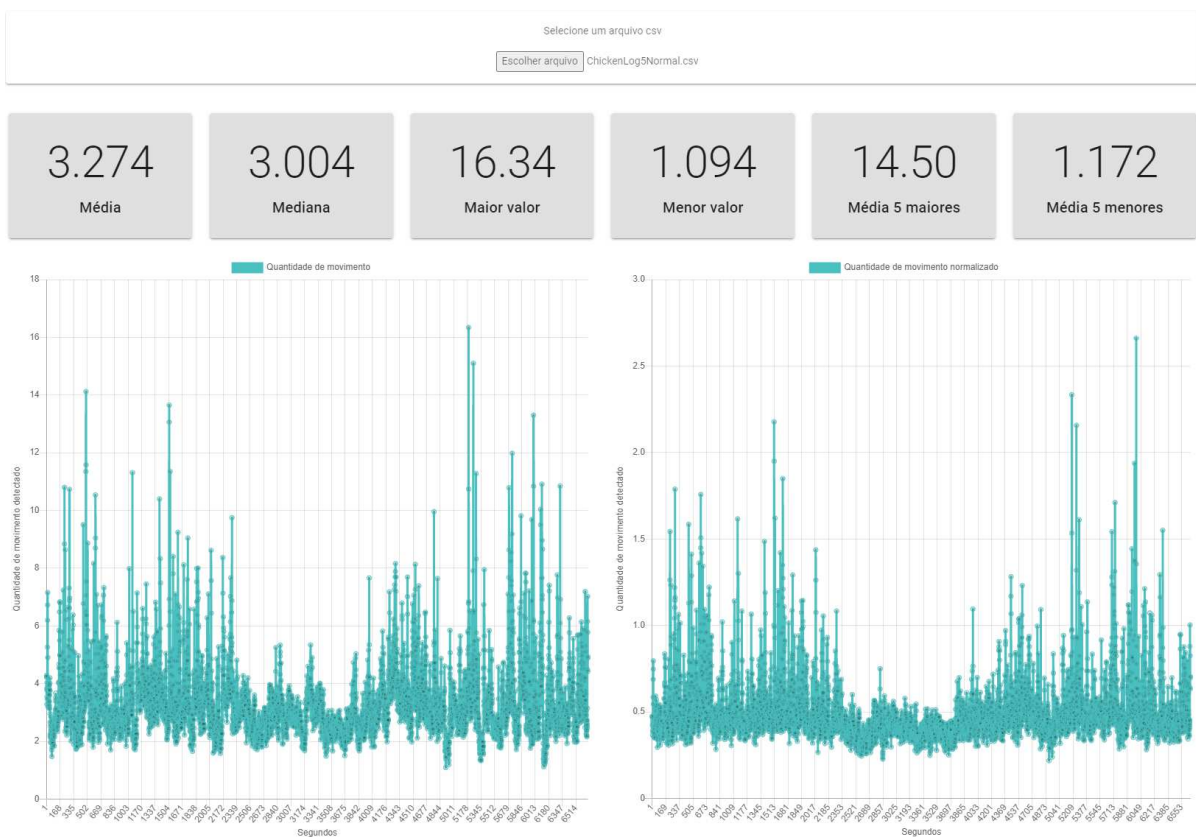
Fonte: Autoria própria.

Figura 18 – Gráfico da taxa de variação entre quadros da movimentação de frangos de corte em condição de estresse por frio.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 – Gráfico da taxa de variação entre quadros da movimentação de frangos de corte em condição de conforto térmico.



Fonte: Autoria própria.

A partir da análise dos gráficos gerados podemos interpretar que, à medida que o animal estiver em uma condição mais confortável, os frangos terão um repertório maior de comportamentos (movimentos). Ademais foi possível adquirir valores de interesse para melhor descrever as situações, foram obtidos então os valores de média, mediana, picos superiores e inferiores e, para remover o ruído, a média dos 5 maiores valores e a média dos 5 menores valores (valores de médias definidos empiricamente). Estes valores são obtidos do gráfico normalizado.

Tabela 2 – Resultado da análise dos relatórios gerados pelo processamento dos vídeos nas três condições térmicas. Médias acompanhadas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

| | Desconforto quente | Desconforto frio | Conforto térmico |
|-----------------|--------------------|------------------|------------------|
| Média | 2.919a | 2.790b | 3.274c |
| Mediana | 2.748 | 2.651 | 3.004 |
| Maior | 20.76 | 17.78 | 16.34 |
| Menor | 0.5361 | 0.1822 | 1.094 |
| Média 5 maiores | 14.45 | 15.72 | 14.50 |
| Média 5 Menores | 0.6678 | 0.3002 | 1.172 |

Fonte: Autoria própria.

Analisando a Tabela 2 podemos concluir que, tanto na temperatura quente como na fria, as aves se movimentaram menos do que na temperatura ideal, um resultado esperado, visto que esse é o problema das temperaturas extremas, as galinhas deixam de se movimentar e acabam falecendo por prostração no caso de calor excessivo; e no caso da condição de frio, as aves se amontoam, podendo gerar mortalidade por asfixia, ou em casos mais extremos, morte por hipotermia. Nota-se que na sensação térmica fria, os animais são muito mais inconstantes na movimentação e ainda assim se movimentam relativamente pouco e na temperatura elevada os resultados são mais constantes mas efetivamente estão muito próximos da situação gelada.

Estes resultados favorecem o sistema, pois indicam uma correta leitura do ambiente, sendo assim, futuramente poder-se-ia utilizar-se dos resultados de uma execução do sistema para tomar decisões que evitem fatalidades sem a necessidade de termômetros e calibrações, pois os próprios animais seriam a fonte de informação para o controlador de ambiência.

Para concluirmos o estudo foram inseridos em um sistema online os resultados das três condições térmicas a fim de fazer uma análise das variâncias, desse modo, com um nível de significância de 5% é possível afirmar que há diferença estatística significativa entre as três médias, pois executando o teste de Tukey foi obtido o *p-value* menor que 0,05. O resultado completo da análise se encontra na Tabela 3

Tabela 3 – Resultados da execução do teste de Tukey utilizando as três médias normalizadas.

| Par | Conforto - Calor | Conforto - Frio | Calor - Frio |
|--------------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Diferença | 0.3554 | 0.4841 | 0.1287 |
| Intervalo crítico superior | 0.4024 | 0.5312 | 0.1757 |
| Intervalo crítico inferior | 0.3083 | 0.437 | 0.08178 |
| Diferença mínima significativa | 0.0142 | 0.0142 | 0.01416 |
| <i>p-value</i> | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, abordamos o problema de monitorar, com base na análise automática de vídeos, frangos de corte em um ambiente controlado com a temperatura sendo variada. O sistema proposto foi capaz de processar um vídeo com frangos de corte, gerar um relatório da movimentação dos animais, traçar gráficos a partir dos relatórios gerados e apontar valores de interesse. Este estudo foi capaz de identificar, por meio da visão computacional, diferenças comportamentais de frangos de corte em função de condições de frio, conforto e calor, o que indica a possibilidade do desenvolvimento de ferramentas utilizando essa tecnologia para a avicultura moderna. Os resultados obtidos são consoantes ao que a literatura nos informa e, portanto, pode ser dito que o trabalho concluiu seus objetivos, que eram criar um sistema que pudesse analisar a movimentação de frangos de corte através de vídeos, e testar sua eficácia com vídeos conhecidos sobre diferentes temperaturas. Possíveis estudos futuros incluem implementar um sistema de escolhas em tempo real a partir dos dados obtidos, a fim de tomar decisões para evitar a perda de aves e analisar imagens em tempo real, retirando a necessidade de gravar previamente um vídeo dos animais.

REFERÊNCIAS

- ABPA, A. B. de P. A. Relatório anual ABPA 2021. 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-lanca-relatorio-anual-2021>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- BABENKO, B.; YANG, M.-H.; BELONGIE, S. Visual tracking with online multiple instance learning. **2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, p. 983–990, 2009.
- BARBOSA, F. Calor acima de 40°C causa morte de mais de 40 mil galinhas, em Bastos (SP). 2020. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Empresas-e-Negocios/noticia/2020/10/calor-acima-de-40c-causa-morte-de-mais-de-40-mil-galinhas-em-bastos-sp.html>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- BOLME, D. *et al.* Visual object tracking using adaptive correlation filters. *In: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. [s.n.], 2010. p. 2544–2550. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221362729_Visual_object_tracking_using_adaptive_correlation_filters. Acesso em: 01 ago. 2022.
- CASAGRANDE, M. Calor de 41,5°C mata mais de 6 mil frangos após queda de energia em SP. 2020. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2020/10/01/calor-de-415-c-mata-mais-de-6-mil-frangos-apos-queda-de-energia-em-sp.htm>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- CORDEIRO, E. A. R. *et al.* Simulação CFD do ambiente de instalações para frangos de corte visando o conforto térmico. **Energia na Agricultura**, 2016. ISSN 808-8759 (cd-rom) 2359-6562 (on-line). Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2584/pdf>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- CURI, T. *et al.* Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. **Engenharia Agrícola [online]**, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/6rNFGbWHHD84fQ3wHHSgN3x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- DUBOISE, M. Carolina Coops. 2021. Disponível em: <https://carolinacoops.com/>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- EMBRAPA. Cuidados com o manejo das aves no verão. 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18023076/cuidados-com-o-manejo-das-aves-no-verao>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- GONZALEZ, R.; WOODS, R. **Digital Image Processing**. [S.l.]: Prentice Hall, 2002. ISBN 9780201180756.
- GRABNER, H.; GRABNER, M.; BISCHOF, H. Real-time tracking via on-line boosting. **Proceedings of British Machine Vision Conference (BMVC)**, v. 1, p. 47–56, 01 2006.
- HELD, D.; THRUN, S.; SAVARESE, S. Learning to track at 100 FPS with deep regression networks. 2016. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1604.01802.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- HENRIQUES, J. F. *et al.* High-speed tracking with kernelized correlation filters. **CoRR**, abs/1404.7584, 2014. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1404.7584>. Acesso em: 01 ago. 2022.

KALAL, Z.; MIKOLAJCZYK, K.; MATAS, J. Forward-backward error: Automatic detection of tracking failures. *In: 2010 20th International Conference on Pattern Recognition*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 2756–2759.

KLEIN, D. R. **Comportamento de Frangos de Corte em Diferentes Condições Térmicas**. 2016. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/10906/KLEIN%2c%20DANIELA%20REGINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 jul. 2022.

LUKEŽIČ, A. *et al.* Discriminative correlation filter tracker with channel and spatial reliability. **International Journal of Computer Vision**, Springer Science and Business Media LLC, v. 126, n. 7, p. 671–688, jan 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007%2Fs11263-017-1061-3>. Acesso em: 21 out. 2021.

MAIA, A. *et al.* Avaliação do desempenho do sistema de rastreamento por rádio frequência instalado em câmara de preferência. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 4, p. 312–319, Dec. 2015. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/327>. Acesso em: 02 jul. 2022.

NASCIMENTO, G. R. do *et al.* Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]**, v. 18, n. 6, p. 658–663, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CGHwkM6NMmyqX6CDjddNyMr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 ago. 2022.

OLIVEIRA, M. E. de. **Desenvolvimento de sistema automatizado de monitoramento de ambientes de produção animal, utilizando uma rede de sensores sem fio**. 2016. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74134/tde-01062016-102252/publico/ME5582191COR.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2022.

PONCIANO, P. F. *et al.* Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Engenharia Agrícola [online]**, p. 446–458, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/55GvxHXCKwXnsfmTKtTPtcc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 ago. 2022.

RAMESH, B. *et al.* e-TLD: Event-based framework for dynamic object tracking. **CoRR**, abs/2009.00855, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2009.00855>. Acesso em: 01 ago. 2022.

ROSEBROCK, A. OpenCV and Python color detection. 2021. Disponível em: <https://www.pyimagesearch.com/2014/08/04/opencv-python-color-detection/>. Acesso em: 21 out. 2021.

SALTORATTO, A. Y. K. *et al.* Monitoramento de avicultura a partir de técnicas de visão computacional. **Colloquium Exactarum**, p. 47–66, 2013. ISSN 2178-8332. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/940/996>. Acesso em: 21 jun. 2022.

SILVA, L. *et al.* Desenvolvimentos em inteligência artificial na avicultura de frangos de corte. *In: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agroinformática*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2021. p. 71–79. ISSN 2177-9724. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbiagro/article/view/18377>. Acesso em: 01 ago. 2022.

TAKANO, W. H.; ALMEIDA, L. L.; SILVA, F. A. d. Detecção de animais bovinos utilizando imagens aéreas por meio de redes neurais. **Colloquium Exactarum**, v. 13, n. 2, p. 47–56, set.

2021. ISSN 2178-8332. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/4147>. Acesso em: 09 jun. 2022.