

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA**

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

**FRANCISCO AUGUSTO ALVES LOPES**

**VISÃO COMPUTACIONAL PARA ESTIMATIVA DE COMPORTAMENTO DE  
AGLOMERAÇÃO DE GALINHAS POEDEIRAS**

**TUPÃ - SP**

**2018**

**FRANCISCO AUGUSTO ALVES LOPES**

**VISÃO COMPUTACIONAL PARA ESTIMATIVA DE COMPORTAMENTO DE  
AGLOMERAÇÃO DE GALINHAS POEDEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Tupã, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

**Área de Concentração:** Agronegócio e Desenvolvimento.

**Linha de Pesquisa:** Competitividade de Sistemas Agroindustriais.

**Orientador:** Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira

**Co-orientadores:** Prof. Dr. Mario Mollo Neto

Prof. Dr. Luiz Fernando Sommaggio Coletta

**TUPÃ - SP**

Ficha catalográfica

L881v      Lopes, Francisco Augusto Alves.  
Visão computacional para estimativa de comportamento de  
aglomeração de galinhas poedeiras / Francisco Augusto Alves  
Lopes. - Tupã, 2019.  
73 f.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) –  
Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2019.

Orientador Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira  
Orientador Prof. Dr. Mario Mollo Neto  
Orientador Prof. Luiz Fernando Sommaggio Coletta

1. Análise de imagem. 2. Bem-estar animal. 3. Conforto  
térmico. 4. Zootecnia de precisão. I. Título. II. Autor.



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Visão computacional para Estimativa de Comportamento de Aglomeração de Galinhas Poedeiras

**AUTOR:** FRANCISCO AUGUSTO ALVES LOPES

**ORIENTADOR:** DANILO FLORENTINO PEREIRA

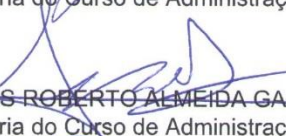
**COORIENTADOR:** MARIO MOLLO NETO

**COORIENTADOR:** LUIZ FERNANDO SOMMAGGIO COLETTA

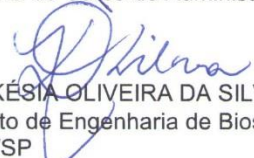
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. DANILO FLORENTINO PEREIRA

Coordenadoria do Curso de Administração / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP

  
Prof. Dr. LUIS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

Coordenadoria do Curso de Administração / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP

  
Profa. Dra. KÉSIA OLIVEIRA DA SILVA MIRANDA

Departamento de Engenharia de Biosistemas / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz - ESALQ - USP - Piracicaba/SP

Tupã, 22 de fevereiro de 2019

***Dedico este trabalho a Yone Suzuki Silva, minha noiva e futura esposa, amorosa, companheira e fiel torcedora que me acompanha nesta trajetória importante.***

***A minha família, pilar e base de tudo que tenho e sou (Francisco Carlos Lopes – meu pai, herói e espelho; Rosangela Alves Lopes – mãe amada, integra e protetora; Celso Ricardo Alves Lopes – irmão, amigo e companheiro; meus Avós paternos Geni Galã Lopes e Francisco Lopes Gutierrez(in memorian); Avós maternos Carmem Castilho Alves e Eliseu Alves Ferreira.***

***Aos professores que orientaram este trabalho***

***Dr. Danilo Florentino Pereira***

***Dr. Mario Mollo Neto***

***Dr. Luiz Fernando Sommaggio Coletta***

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus que me ampara e guia pelos caminhos que sigo, em qualquer que seja a dificuldade.

Ao professor Danilo Florentino Pereira por ter confiado em mim e na minha capacidade para realização desse trabalho, pela paciência em todas as dúvidas que tive e por me fazer abrir os olhos para o conhecimento científico.

Ao Professor Mario Mollo Neto, pela colaboração no desenvolvimento de algoritmos para processamento de imagens e apoio.

Ao professor Luiz Fernando Sommaggio Coletta, pela contribuição valiosa no desenvolvimento da fundamentação teórica, e elaboração de estratégia de segmentação para imagens utilizado no trabalho.

Ao veterinário Márcio Roberto Visintin, proprietário da granja Recanto Alegre por fornecer as aves e insumos para o desenvolvimento do segundo experimento.

À Unesp, Campus de Tupã através do PGAD pela oportunidade de estudar e aprimorar os conhecimentos científicos.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento.

Aos colegas de turma do PGAD de 2017.

## Resumo

As aves são animais homeotérmicos e manter a temperatura corporal dentro de limites da termoneutralidade proporcionam maior produtividade e melhor bem-estar. Quando a temperatura do ambiente está fora da zona de termoneutralidade, as aves expressam comportamentos individuais e de grupo que acusam esse desconforto. A hipótese deste trabalho é que o comportamento de aglomeração das aves possa ser utilizado para expressar seu nível de conforto térmico. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um algoritmo computacional para processamento e análise de imagens de poedeiras criadas sobre cama de maravalha capaz de identificar o grau de aglomeração das aves em diferentes condições de conforto térmico. Foram objetivos específicos propor um índice de aglomeração baseado em medidas obtidas na análise das imagens e confirmar as diferenças deste índice de aglomeração em diferentes condições de temperatura do ambiente de criação. O algoritmo foi desenvolvido em ambiente MatLab® e foi dividido em duas etapas: processamento e análise da imagem. Foi realizado um experimento em três aviários de escala reduzida e distorcida com grupos de 10 aves em cada aviário. As aves foram monitoradas por câmeras de vídeo instaladas no teto dos aviários. Os vídeos foram processados *frame a frame* pelo algoritmo e medidas de área, perímetro e distâncias entre os centros de massa dos aglomerados de aves foram obtidas na análise das imagens. A partir dessas medidas foi proposto um índice de aglomeração que foi usado para calcular o nível de aglomeração de cada *frame* de dois vídeos obtidos em condições térmicas distintas: 21°C e 32°C. Os resultados obtidos de índice de aglomeração nas duas condições de temperatura foram submetidos ao teste *T-student* que confirmou diferença nas duas situações, validando dessa forma o índice de aglomeração proposto. Foi feita a repetição do experimento em condições de ambiente térmico diferentes e constatou-se que o algoritmo desenvolvido não respondeu adequadamente à troca da cama e às variações de iluminação que se apresentaram, o que demonstra que mais ajustes deverão ser realizados. Conclui-se que o algoritmo desenvolvido foi capaz de identificar as aves do restante da imagem por meio do processamento digital das imagens, o Índice de Aglomeração, pode ser aplicado em sistemas de visão computacional para estimar o conforto térmico de um grupo de galinhas poedeiras e que técnicas de visão computacional para a análise de comportamento de grupo são promissoras para monitorar e indicar o bem-estar térmico de galinhas poedeiras.

**Palavras-chave:** análise de imagens, bem-estar animal, conforto térmico, zootecnia de precisão.

## **Abstract**

Birds are homeothermic animals and maintaining body temperature within the limits of thermoneutrality provide greater productivity and better well-being. When the ambient temperature is outside the thermoneutral zone, the birds express individual and group behaviors that accuse this discomfort. The hypothesis of this work is that the agglomeration behavior of the birds can be used to express their level of thermal comfort. The objective of this work was to develop a computational algorithm for image processing and analysis of laying hens on a bed of marbles capable of identifying the degree of agglomeration of the birds in different conditions of thermal comfort. Specific objectives were to propose an agglomeration index based on measurements obtained in the analysis of the images and to confirm the differences of this agglomeration index in different temperature conditions of the breeding environment. The algorithm was developed in MatLab® environment and was divided into two stages: image processing and analysis. An experiment was carried out on three small scale and distorted aviaries with groups of 10 birds in each aviary. The birds were monitored by video cameras installed on the ceiling of the aviaries. The videos were processed frame by frame by the algorithm and measurements of area, perimeter and distances between the centers of mass of birds were obtained in the analysis of the images. From these measurements an agglomeration index was proposed that was used to calculate the level of agglomeration of each frame of two videos obtained under different thermal conditions: 21°C and 32°C. The results of agglomeration index in the two temperature conditions were submitted to the T-student test, which confirmed the difference in the two situations, thus validating the proposed agglomeration index. The experiment was repeated in different thermal environment conditions and it was found that the developed algorithm did not respond adequately to the bed change and the lighting variations that were presented, which shows that more adjustments should be made. It is concluded that the developed algorithm was able to identify the birds of the rest of the image by means of the digital image processing, the Agglomeration Index. can be applied in computer vision systems to estimate the thermal comfort of a group of laying hens and that computer vision techniques for group behavior analysis are promising to monitor and indicate the thermal well-being of laying hens.

**Keywords:** image analysis, animal welfare, thermal comfort, precision animal husbandry.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Zonas de temperatura ambiente, temperatura corporal e taxa metabólica, para animais homeotérmicos. ....                                | 20 |
| Figure 2. Galpões em escala reduzida e distorcida utilizados no experimento. ....                                                                | 24 |
| Figura 3. <i>Datalogger</i> HOBO® utilizado para medição de temperatura e umidade relativa do ar. ....                                           | 24 |
| Figura 4. Câmeras instaladas nos tetos do (A) galpão 1, (B) galpão 2 e (C) galpão 3. ....                                                        | 25 |
| Figura 5. Fluxograma de etapas de construção do algoritmo. ....                                                                                  | 27 |
| Figura 6. Área de interesse na imagem a ser processada. ....                                                                                     | 29 |
| Figura 7. Exemplo de processamento de uma imagem. A) Imagem recortada, B) imagem binarizada com ruído e C) imagem binarizada sem ruído. ....     | 32 |
| Figura 8. Galpão e equipamento DVR preparado para o experimento. ....                                                                            | 35 |
| Figura 9. Fluxograma de etapas do algoritmo com destaque para as alterações inseridas. ....                                                      | 37 |
| Figura 10. Imagem original e imagem com corte de área de interesse. ....                                                                         | 38 |
| Figura 11. Imagem colorida transformada em escala de cinza. ....                                                                                 | 39 |
| Figura 12. Aplicação de filtros para destacar aves do cenário: A) Aumento de contraste, B) Equalização de histograma, C) redução de brilho. .... | 40 |
| Figura 13. Imagem binarizada com ruídos pertinentes. ....                                                                                        | 41 |
| Figura 14. Aplicação de filtro para remover ruídos pertinentes. ....                                                                             | 41 |
| Figura 15. Gráfico de temperatura e umidade relativa A) galpão 1, B) galpão 2, C) galpão 3. ....                                                 | 42 |
| Figura 16. Imagem em escala de cinza A), subtraída para ajuste de brilho B). ....                                                                | 44 |
| Figura 17. Imagem com ajuste de brilho A), e com aplicação do filtro Gaussiano B). ....                                                          | 45 |
| Figura 18. Imagem binarizada. ....                                                                                                               | 45 |
| Figure 19. Imagem com aplicação de filtros para limpar ruídos. ....                                                                              | 45 |
| Figure 20. Aplicação em cascata de filtro de mediana. ....                                                                                       | 46 |
| Figure 21. Imagem com centro de massa e distância entre os centroides. ....                                                                      | 46 |
| Figure 22. Intervalo de confiança dos índices de aglomeração obtidos nos vídeos para temperaturas de 21°C e 32°C. ....                           | 48 |
| Figure 23. Gráfico de temperatura e umidade relativa do ar e suas máximas e mínimas. ....                                                        | 49 |
| Figure 24. Imagem com excesso de brilho refletido na serragem. ....                                                                              | 50 |
| Figure 25. Imagem em escala de cinza e imagem binária com perda de dados. ....                                                                   | 50 |
| Figure 26. Aplicação do comando edge para realçar contornos de objetos na imagem. ....                                                           | 51 |
| Figure 27. Imagens recortadas com diferença de luminosidade. ....                                                                                | 54 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Medidas extraídas na análise de cada frame processado. .... | 34 |
|-----------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

°C – grau Celsius

CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono

NO<sub>x</sub> - óxido de nitrogênio

CH<sub>4</sub> – metano

EU – União Europeia

MTD – tecido adiposo

HSI - *Hue, Saturation, Intensity*

FCE – Faculdade de Ciências e Engenharia

UNESP - Universidade Estadual Paulista

PGAD – Programa de Pós Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

RGB – *Red, Green, Blue*

TCI – Temperatura Crítica Inferior

TCS – Temperatura Crítica Superior

NTSC - *National Television System Committee*

FPS - *Frames Per Second*

CCD – *Charge Coupled Device*

GUI – *Graphical User Interface*

## SUMÁRIO

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                   | 14 |
| 1.1 Objetivo geral .....                                                                             | 15 |
| 1.2 Objetivos Específicos .....                                                                      | 15 |
| 1.3 Justificativa .....                                                                              | 15 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                                                        | 17 |
| 2.1 Bem-Estar Animal .....                                                                           | 17 |
| 2.2 Termoneutralidade .....                                                                          | 18 |
| 2.3 Visão Computacional.....                                                                         | 20 |
| 2.4 Processamento de Imagem.....                                                                     | 21 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....                                                                           | 23 |
| 3.1 Experimento Piloto .....                                                                         | 23 |
| 3.1.1 Elaboração do Experimento Piloto .....                                                         | 23 |
| 3.1.2 Coleta de Imagens de Vídeo .....                                                               | 25 |
| 3.1.3 Processamento e Análise das Imagens do Experimento Piloto .....                                | 26 |
| 3.2 EXPERIMENTO DE VALIDAÇÃO .....                                                                   | 34 |
| 3.2.1 Montagem do experimento de validação .....                                                     | 34 |
| 3.2.2 Processamento e análise das imagens do experimento de validação .....                          | 36 |
| 4 RESULTADOS .....                                                                                   | 42 |
| 4.1 Experimento Piloto .....                                                                         | 42 |
| 4.1.1 Análise do ambiente térmico no interior dos aviários .....                                     | 42 |
| 4.1.2 Teste do algoritmo de processamento e análise de imagens para o experimento piloto .....       | 44 |
| 4.1.3 Proposta de Índice de Aglomeração .....                                                        | 46 |
| A proposta do índice de aglomeração é apresentada pela Equação 10, composta por: .....               | 46 |
| 4.1.4 Teste do índice de aglomeração para o experimento piloto.....                                  | 47 |
| 4.2 Experimento de Validação.....                                                                    | 48 |
| 4.2.1 Análise do ambiente térmico no interior do galpão no experimento de validação .....            | 48 |
| 4.2.2 Teste do algoritmo de processamento e análise de imagens para o experimento de validação ..... | 49 |
| 5. DISCUSSÃO .....                                                                                   | 51 |
| 5.1. PROBLEMAS ENCONTRADOS.....                                                                      | 53 |
| 6. TRABALHOS FUTUROS .....                                                                           | 54 |
| 7. CONCLUSÕES .....                                                                                  | 55 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 8. REFERÊNCIAS ..... | 56 |
| 9. ANEXO I.....      | 64 |
| 10. ANEXO II .....   | 67 |
| 11. ANEXO III .....  | 69 |

## 1 INTRODUÇÃO

A avaliação do bem-estar de aves de postura é um desafio. Considerando a ideologia das cinco liberdades (FAWC, 2009), a liberdade para expressão dos comportamentos naturais é a mais restrita em sistemas convencionais (gaiolas). Contudo, as necessidades de espaço e enriquecimento ambiental como caixas de ninho, poleiros, caixa de areia, são pouco conhecidos para poedeiras (Linares e Martin, 2010; Hester, 2017). Ludtke et al. (2016) apontam para a questão de bem-estar animal ser uma condição exigida mundialmente a muito tempo, na Europa existem leis específicas e amplas para garantir a qualidade de vida animal. A observação comportamental pode inferir sobre diversos estados de bem-estar das aves (Broom, 2017; Linares e Martin, 2010; Bergmann et al., 2017; Guinebretière et al., 2014). Pandorfi & Silva (2005) observaram que leitões submetidos a temperaturas mais frias tendem a se aglomerar e em temperaturas mais elevadas se separam, como estratégia de grupo para reduzir ou aumentar a área corporal para trocas de calor com o ambiente.

Quando provida cama adequada as aves expressam comportamentos de ciscar e banho de areia (Alvino et al., 2013; Moesta et al., 2008; Guinebretière et al., 2015) e aves criadas em ambientes sem locais adequados para postura, ou outros elementos de enriquecimento ambiental, podem se sentir frustradas (Hunniford & Widowski, 2016; Brantsæter et al., 2017). Todos esses comportamentos são relevantes para avaliar o bem-estar das aves de postura, porém, erros nos registros devido ao cansaço do observador podem comprometer os dados e a avaliação. Pereira et al. (2013) propuseram que comportamentos de aves fossem detectados por visão computacional. Os autores chegaram a um modelo de classificação de comportamentos que foi capaz de acertar 70,3% dos dados experimentais.

A avaliação do grau de aglomeração das aves em função de diferentes ambientes térmicos pode ser uma estratégia para análise de estresse térmico viável para uso de visão computacional. Shao & Xin (2008), Costa et al. (2014), Kashiha et al. (2014) e Nasirahmadi et al. (2015) utilizaram análise de imagens para detectar comportamento de leitões em abrigos escamoteadores.

A hipótese desse trabalho é que técnica semelhante pode ser utilizada para aves de postura e que um sistema de detecção automático de comportamento de aglomeração de aves pode ser adotado em granja comercial para avaliação do bem-estar térmico.

## 1.1 Objetivo geral

Este trabalho propõe um índice de aglomeração para galinhas poedeiras capaz de detectar diferentes situações de conforto térmico das aves criadas sobre cama de maravalha, utilizando técnicas de análise de imagens.

## 1.2 Objetivos Específicos

Constituem objetivos específicos deste trabalho:

1. Capturar imagens de grupos de poedeiras criadas sobre cama de maravalha em diferentes condições de temperatura.
2. Construir um algoritmo de processamento e análise das imagens e extrair medidas que sirvam para propor um índice de aglomeração.
3. Propor e validar um índice de aglomeração para avaliação de conforto térmico.

## 1.3 Justificativa

A atividade humana está diretamente ligada com o aumento na produção de resíduos. Degradação de florestas, poluição do ar, e consequentemente emissão de gases como o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxido de nitrogênio ( $NO_x$ ), metano ( $CH_4$ ), que formam o chamado gases de efeito estufa (Pereira et al., 2008). Dados obtidos do *Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC, apontam para um aumento na temperatura global entre 1,5 a 2 °C ao longo dos anos (Gao et al, 2017; Karime et al, 2018). A mudança climática global proporciona efeitos meteorológicos extremos, o mais grave é conhecido como onda de calor que se caracteriza por um período de dias com elevada temperatura que se mantém constante (ZUO et al., 2015).

A produção animal projeta aumento para as próximas décadas, assim como água é vital para a vida, alimentos em geral serão prioridade mundial e os efeitos das mudanças climáticas impactam diretamente na capacidade de produção agrícola (NARDONE et al., 2010).

As ondas de calor provocam impactos negativos no setor de avicultura como o baixo consumo de ração que causa alteração na composição de proteínas e hormônios no corpo das aves (ZHANG et al., 2015).

O estresse térmico é considerado como elemento determinante na alteração do comportamento animal e causador de baixa produtividade e mortalidade de aves (UBA, 2008; PIZUTTO et al., 2013).

Segundo Pereira et al. (2013), a influência humana é fator de alteração comportamental dos animais. Sob este aspecto, a utilização de câmera de vídeo para capturar imagens da movimentação das aves constitui importante ferramenta para monitoramento remoto.

A utilização de análise de imagens tem sido empregada em muitas áreas e para diferentes aplicações. Kashiha et al. (2013) estudaram a viabilidade de sistema de visão computacional para monitorar leitões em grupos. Nasirahmadi et al. (2015) desenvolveram um modelo para análise do comportamento de aglomeração de leitões em diferentes condições de temperatura. So-In et al. (2014) desenvolveram um protótipo de sistema de controle com contagem de densidade de população para pintainhos, empregando visão computacional, que pode ser acessado no *smartphone*. Pereira et al. (2013) propuseram um método para análise de comportamento que emprega visão computacional e um programa para avaliar e classificar o comportamento de aves. Shen et al. (2016) utilizaram sistema de análise de imagens para monitorar a temperatura corporal de frangos de corte.

As aves possuem capacidade de aclimação ao ambiente, ou seja, elas ajustam a temperatura corporal em um período de tempo em que o ambiente esteja com temperatura mais elevada ou mais baixa, o que dificulta o estabelecimento de parâmetros precisos para acionamento de sistema de climatização em aviários baseado apenas nas variáveis do ambiente, porque aves aclimatadas resistem mais aos efeitos do estresse térmico, podendo ingerir menos alimento e se movimentando menos para reduzir atividade metabólica (HOROWITZ, 2001; ABDELQADER e AL-FATAFTAH, 2014).

Soma-se a esse fator, a variedade de linhagens disponíveis no mercado, cada uma com sua tolerância térmica, efeitos da nutrição na capacidade de troca de calor das aves com o ambiente (Nunes et al., 2014; Ferreira et al., 2011), densidade de criação e tamanho de grupo (Batista et al., 2012; Castilho et al., 2015; Moreira et al., 2006), entre outros fatores que afetam a interação do animal com o ambiente térmico.

Os acionamentos automáticos atuais de sistemas de climatização não consideram essa capacidade de aclimação das aves, estando restritos a limites de temperatura ou índices de conforto térmico indicados pela literatura ou pelo manual genético de produção.

Neste cenário, sugere-se que o sistema de climatização de aviários possa ser acionado conforme a real necessidade dos animais e de maneira não invasiva, considerando uma variável comportamental que possa ser mensurada automaticamente. Desta forma, a identificação automática do comportamento de aglomeração de poedeiras, que está diretamente associada ao ambiente térmico de criação, utilizando de análise de imagens, pode constituir importante ferramenta de precisão para controle neste sistema de produção.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Bem-Estar Animal

O conforto animal é um tema atualmente muito discutido com apelos da opinião pública, gerando avanços em políticas controladoras. A avicultura teve problemas na prática envolvendo a produção comercial de ovos. Normas mínimas estabelecidas em vários países garantem condições adequadas para a criação de galinhas poedeiras visando melhorar a cadeia produtiva (PIZUTTO et al., 2013; UBA, 2008).

O bem-estar de galinhas poedeiras e frango de corte têm sido estudados, como se pode observar nos trabalhos de Pereira et al. (2013), So-In et al. (2014), Abdelqader e Al-Fataftah (2014), Nunes et al., (2014), Castilho et al., (2015), Shen et al. (2016), Meng et al. (2017). Alcançar o conforto animal é o objetivo dos criadores para amenizar perdas produtivas. O enriquecimento de gaiolas com poleiros, ninho, áreas de banho de areia, espaço para movimentação, promovem melhor condição de criação, de socialização e de bem-estar.

A adoção de gaiolas tradicionais, sem qualquer enriquecimento ambiental, já está proibida conforme conferência na União Europeia (EU), e por não contribuírem para o bem-estar das aves, prejudicando seu desenvolvimento e inibindo a livre movimentação (MENG et al., 2017; HUNNIFORD e WIDOWSKI, 2016; BRENDLER e SCHRADER, 2016).

Ambientes de criação com altas temperaturas e umidade relativa inadequada interferem no resfriamento corporal de aves, com inibição da evaporação e compromete o desenvolvimento das aves (Yahav et al., 1995), desde fases iniciais de vida como no estágio embrionário (Piestun et al., 2011), até sua idade avançada. O controle térmico do ambiente reduz a mortalidade de aves em seus primeiros dias de vida (ABDELQADER e AL-FATAFTAH, 2014).

A oferta de alimentação balanceada promove o desenvolvimento saudável das aves e do sistema termoregulador, entretanto em condições térmicas elevadas o efeito contrário é eminente e comprometedor (ZULKIFLI et al., 2003; LIN et al., 2006; GOUS, 2010; SONG et al., 2013; AL-FATAFTAH e ABDELQADER, 2014; RADFAR et al., 2017).

O estresse térmico é um fator crítico em avicultura devido às variações de temperatura que ocorrem no ambiente de criação.

A alteração de comportamento pode ser desencadeada por diversos fatores como ambientes desfavoráveis com espaço reduzido e sem enriquecimento, reação de medo com

relação a perigo ou predadores, disputa por alimento e nidificação, agressividade, arrancar de plumas e penas de outros indivíduos, canibalismo, que se tornam mais agravantes sob condições elevadas de estresse (TAHAMTANI et al., 2017; SINKALU et al., 2016; ZHANG et al., 2016; SOUZA et al., 2016; PEREIRA e NÄÄS, 2008).

Em grupos de galinhas domesticas há relatos de comportamentos distintos como hierarquia entre os indivíduos, animais agressores e agredidos, conforme diferentes genótipos interagindo no mesmo ambiente, observado no trabalho de Campderrich et al., (2017) e proporcionar espaço adequado permite um ciclo de atividades comuns para o grupo de aves (HUO e NA-LAMPANG, 2016; KELLING et al., 2017).

Comportamento agressivo em aves poedeiras são identificados em grupos com poucos indivíduos. Em espaço reduzido associado a um grande número de indivíduo observou-se que a agressividade foi menor (Aurrekoetxea e Estevez, 2014), que pode ser gerado por atividades de discriminação e atividades de frustração (KUHNE et al., 2013).

O conforto animal é considerado importante e estudos realizados para avaliar a liberdade de movimentação entre poleiros distribuídos no viveiro (LIU e XIN, 2017; PEREIRA e NÄÄS, 2008).

A socialização de aves inclui hábitos que são transmitidos durante o desenvolvimento do animal (McAdie e Keeling, 2002), atividades coletivas são ensinadas aos indivíduos mais jovens. A escolha de ninho envolve preferência natural e social das galinhas poedeiras na busca de melhor conforto para postura. O local e tamanho do ninho influencia na produção de ovos e são disputados quando oferecidos em pouca quantidade (LENTFER et al., 2011; HUNNIFORD et al., 2014).

## **2.2 Termoneutralidade**

O balanço energético favorável é fundamental para todos os seres vivos e precisa de constante manutenção. O metabolismo é determinado por conjuntos de mecanismos que regulam, em processo biológico, um equilíbrio energético em relação a gradientes termodinâmicos. Todos os organismos necessitam manter o equilíbrio energético regulado por mecanismos moleculares para melhor desenvolvimento da espécie (SEEBACHER, 2017).

A termoneutralidade é obtida em condições de conforto térmico, onde a energia despedida pelos animais para manter a temperatura corporal constante é mínima garantindo maior produção (COSTA et al., 2012; SILVA, 2008). As extremidades da faixa de homeotermia são demarcadas pela temperatura crítica inferior (TCI) e pela temperatura crítica superior

(TCS), neles a ave aciona os mecanismos termorreguladores fisiológicos e comportamentais para manter sua temperatura corporal (SILVA, 2008).

Aves e mamíferos possuem a capacidade de regular a temperatura corporal dentro de um pequeno intervalo sendo mais elevada que o ambiente externo (SILVA, 2008). A temperatura corporal pode alterar seu valor em relação de onde é medida e dividida em dois elementos: a camada externa que se compõe de pele, e camada interna que são órgãos, vísceras e caracterizada por temperatura mais estável, a temperatura média corporal de aves de postura está em torno de 41,3°C (H&N INTERNATIONAL, 2016; HY-LINE INTERNATIONAL, 2016).

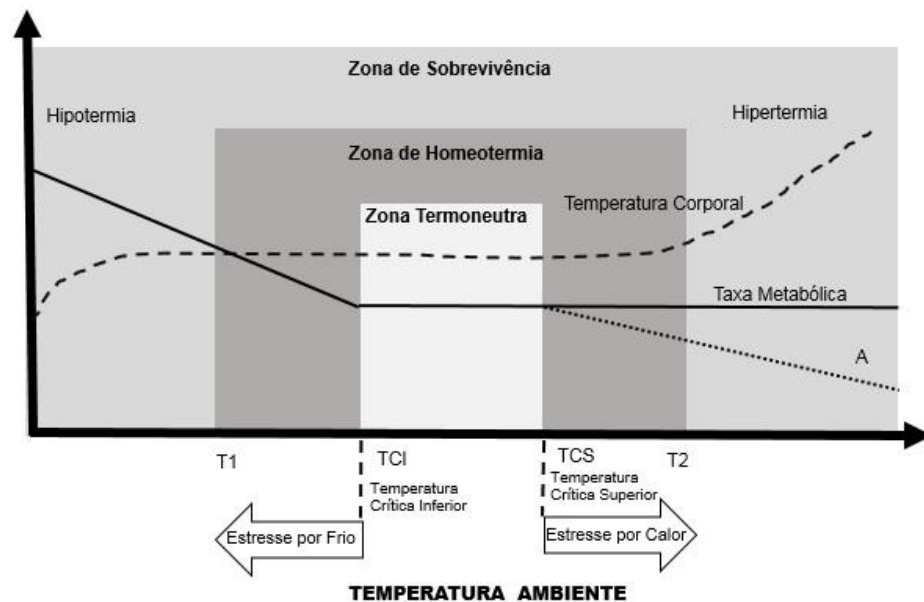
A regulação da temperatura corporal comportamental é um mecanismo de controle térmico importante e são ações orientadas e aprendidas por reforço e recompensa. Em condições de TCS, o comportamento é caracterizado por pouca movimentação no ambiente ou a busca por locais mais refrigerados para troca de calor, aumento da área para refrigeração corporal (FILHO et al., 2007; COSTA et al., 2012). As aves são animais com características homeotérmicas, ou seja, animais que conseguem manter a temperatura do corpo em uma constante, não importando a temperatura do ambiente externo que o cerca. Esta característica só é alterada quando o ambiente em que o animal está inserido sofre mudanças consideráveis de temperatura, que ocasiona o estresse térmico (CASTILHO et al., 2015; MELO et al., 2016). Um ambiente confortável termicamente para aves de postura possui variação de temperatura entre 21°C a 27°C (H&N International; HY-LINE International, 2016) e promove o nível de produção de calor normal e o metabolismo mais baixo.

Em sistemas de criação comercial convencional (gaiola), as aves podem ter seu metabolismo alterado em situação de estresse térmico, linhagem, quantidade de energia térmica produzida na ingestão de alimento, nutrientes balanceados na formulação de ração. Estes fatores contribuem para o desequilíbrio do sistema termorregulador causando morte de animais (CASTILHO et al., 2015; MELO et al., 2016; CHAN e KNIGHT, 2018).

Os animais podem realizar a troca de calor com o ambiente por meio de radiação, condução, convecção, evaporação cutânea ou respiratória. Nas aves a troca de calor é realizada principalmente pela evaporação respiratória, como não possuem glândulas sudoríparas que permite a excreção de suor.

Outra forma de controle de perda de calor é efetuada por meio de alteração do fluxo sanguíneo na superfície corporal, por ser coberta com penas e penugem tem grande importância quando expostas ao frio (CASTILHO et al., 2015). A Figura 1 apresenta as zonas de sobrevivência para aves poedeiras.

**Figura 1.** Zonas de temperatura ambiente, temperatura corporal e taxa metabólica, para animais homeotérmicos.



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Silva e Maia (2013).

Na figura 1, observa-se as zonas de sobrevivência em relação a temperatura ambiente e os extremos críticos para o desconforto animal. A área branca corresponde à zona termoneutra, em que a taxa metabólica e a temperatura corporal estão em uma linha constante e indica uma condição de conforto térmico do animal em um ambiente neutro. Os animais não necessitam de alteração metabólica para produzir calor ou dissipar calor, a temperatura corporal e a taxa metabólica estão relativamente estáveis e a energia consumida é destinada para produção de carne ou ovos.

### 2.3 Visão Computacional

Conforme Caetano (2009), Aranha et al. (2014) e Széliga (2003), o campo da visão computacional teve início em 1970 e por muito tempo foi um conhecimento dominado por engenheiros da computação em áreas de processamento de sinais e inteligência artificial.

É uma tecnologia avançada que oferece subsídios para o processamento de imagens, em especial, daquelas provindas do monitoramento via câmeras (MENDES et al., 2016; FUKUNAGA et al., 2015; MAHADEVAN et al., 2010; AVIDAN, 2007).

A aquisição das imagens para reconhecimento de padrões visuais tipicamente envolve o uso de câmeras, sensores ópticos, scanners, entre outros. Em particular, câmeras fotográficas

e de vídeo são equipamentos que possuem a propriedade de capturar luz refletida dos objetos, identificando seu formato e cores refletidas dentro do espectro eletromagnético.

## 2.4 Processamento de Imagem

Computadores não possuem capacidade de processamento para imagens contínuas, apenas *array* de números digitais, por isto há a necessidade de representar as imagens em arranjos bidimensionais de pontos denominada de *pixels* (QUEIROZ e GOMES, 2001; GALVÃO, 2015). O *pixel* é a menor parte da imagem, também denominado de *elemento de imagem*, ou seja, um *pixel* é um ponto que possui dimensão, posição e valor (SZELIGA, 2003). Cada *pixel* recebe um valor em escala RGB que variam de 0 a 255 para representar uma cor, estas cores são denominadas cores primárias e composta por R (Red ou vermelho), G (Green ou verde) e B (Blue ou azul) e formam as demais cores (QUEIROZ e GOMES, 2001; CIDRE, 2012).

Imagens digitais são caracterizadas por um conjunto numérico arranjado de forma matricial (formando os chamados *pixels*) capazes de representar intensidades de cores. Tal representação permite que imagens capturadas por câmeras, em aplicações de visão computacional, possam ser armazenadas, processadas e analisadas por computadores (ALCAIM e OLIVEIRA, 2011).

Em específico, o processamento de uma imagem pode envolver a sua segmentação (Szeliski, 2010); mas antes disto também pode-se realçar detalhes de seu contorno. Ou seja, técnicas específicas podem ser utilizadas para refinar a imagem e deixar evidente os pontos de interesse a serem analisados.

Neste sentido, histogramas de imagens podem ser modificados através de sua equalização e o uso de operadores de intensidade. Operadores locais também podem ser usados para suavizar a imagem. Filtros, como o gaussiano para remoção de ruídos e o laplaciano para detecção de contornos, são também alternativas a serem empregadas para o tratamento das imagens adquiridas (QUEIROZ e GOMES, 2001).

Na área da agricultura e pecuária, diversos pesquisadores têm investigado o uso de tais métodos/algoritmos, sobretudo para automatizar processos, minimizar custos e aumentar a produtividade (HUANG et al., 2010).

Peixoto et al (2015) utilizaram visão computacional e processamento de imagens para determinar a quantidade de nódulos de grafita em ferro fundido. Para isso, desenvolveu-se um *software* e uma biblioteca específica capaz de realizar a contagem dos nódulos.

Algoritmos implementados em *MatLab*®, por sua vez, permitiram quantificar áreas coradas de sementes de café através do teste LERCAFÉ (Ribeiro et al., 2016). Este estudo se utilizou de recursos da visão computacional para determinar o potencial de germinação das sementes.

Diversos são os métodos para processar e classificar imagens em grupos de animais, Kashiha et al. (2013) propôs um sistema de visão computacional para monitorar leitões em grupos de 10 indivíduos em baias, utilizando o método de *ellipse-fitting*, que parametriza direcionamento, localizando e indicando a movimentação e orientação dos leitões. Lao et al. (2016) em estudo de bem-estar de leitões, utilizam captura de imagens 3D e sensor de movimento (*Kinect*) para reconhecimento de comportamento, com alto índice de acerto na classificação dos comportamentos analisados.

Pereira et al. (2013) utilizaram sistema de visão computacional para classificar comportamentos expressos por galinhas poedeiras.

Shen et al. (2016) utilizaram sistema de visão computacional para monitoramento de temperatura corporal em frangos de corte. As imagens foram capturadas com câmera térmica instalada em ângulos de 15°, 20°, 30°, 40° a uma altura de 1,60m. Foram utilizados filtros de ajuste para determinar contraste e contorno, aplicando método de Otsu<sup>1</sup>.

Mehdizadeh et al. (2015) analisaram a viabilidade de um sistema de visão computacional para classificar a biomecânica de pintainhos ao abrir e fechar o bico no ato de comer. Uma câmera foi posicionada para captar imagens da cabeça do animal ao se alimentar, marcou-se a posição do olho para determinar a distância entre a cabeça e a comida.

Já Nasirahmadi et al. (2015) desenvolveram um modelo de visão computacional para analisar comportamento de aglomeração de leitões em diferentes condições de temperatura, no qual as imagens capturadas foram ajustadas para definir contrastes em escala de cinza, permitindo verificar mudanças de comportamento de grupo, sendo que em temperaturas mais baixas os animais ficavam mais próximos e em temperaturas mais altas os animais se

---

<sup>1</sup> Método não paramétrico e não supervisionado para segmentação de imagens em histograma de imagens em escala de cinza apresentada por Nobuyuki Otsu

separavam. Espera-se que processo semelhante possa ser utilizado para determinar um índice que indique a aglomeração de poedeiras em função das condições do ambiente térmico.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Experimento Piloto

A pesquisa utilizou imagens registradas em um experimento realizado na Faculdade de Ciências e Engenharia (FCE/UNESP), localizada no município de Tupã, a oeste do estado de São Paulo. A região possui clima tropical de altitude (Cwa na classificação de Köppen) com médias de temperatura máxima de 29,3°C e mínima de 19,6°C e precipitação média anual de 1365 mm.

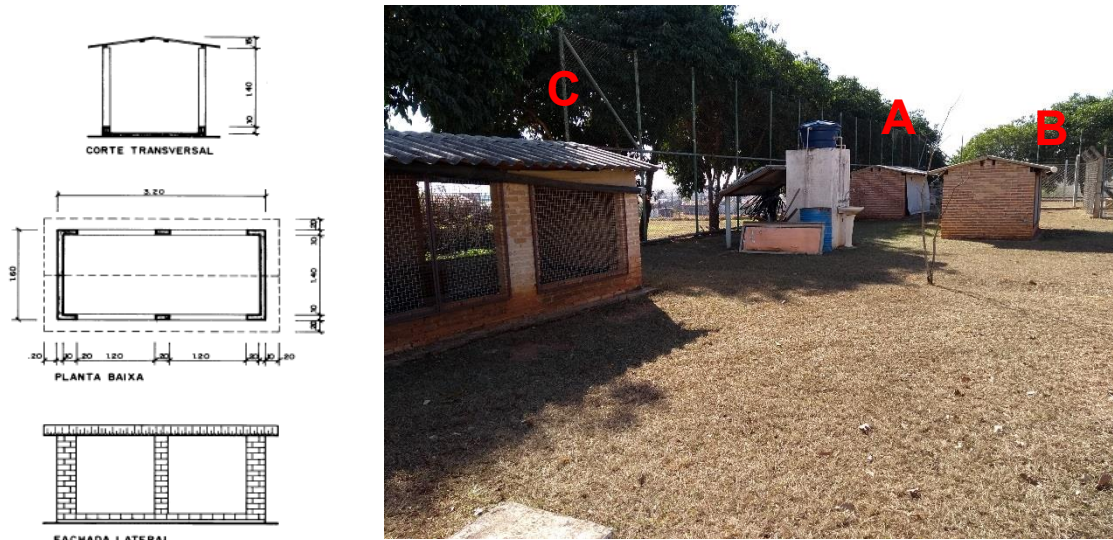
##### 3.1.1 Elaboração do Experimento Piloto

O experimento piloto foi realizado entre 25 de fevereiro e 03 de março de 2018. Foram monitoradas 26 aves de linhagem *nick chick* com 58 semanas de idade no início do experimento, obtidas em granja comercial.

A linhagem, em seu manual de criação estabelece no controle de temperatura para aves em fase de produção uma faixa de valor térmico para conforto ambiental que varia de 21°C a 27°C, encontradas na zona termoneutra dentro da zona de sobrevivência. Sendo assim, valores de temperatura que se encontram fora destas faixas de valores entram na zona de homeotermia. As aves tiveram o mesmo arraçoamento da granja de origem e acesso à água *ad libitum* através de bebedouros tipo *nipple*. Manteve-se o mesmo programa de iluminação com fotoperíodo de 16 horas, sendo aproveitada a iluminação natural e complementada com iluminação artificial provida por 2 lâmpadas *led* com 9W de potência.

As aves foram alojadas em três galpões em escala reduzida e distorcida, existentes na área experimental da FCE/UNESP. Os galpões de alvenaria possuem orientação leste-oeste, sendo que as paredes leste e oeste são totalmente fechadas de alvenaria e as paredes norte e sul são revestidas de tela de grade, conforme mostrado na Figura 2.

**Figure 2.** Galpões em escala reduzida e distorcida utilizados no experimento.



Em cada galpão foram instalados dois *dataloggers* para registro de temperatura e umidade relativa do ar modelo U12-012 da marca HOBO® (Figura 3), um próximo ao teto e outro no centro de cada galpão. Foram programados em *software* proprietário para efetuarem registros de temperatura e umidade relativa do ar em intervalos de 10 minutos no período das 24 horas do dia.

A extração dos dados gravados é realizada através do *software* disponibilizado no site da HOBO® para *download*. Após a instalação do *software* conecta-se o dispositivo no computador e os registros podem ser extraídos em formato de texto ou em dados de planilha eletrônica.

Para este trabalho optou-se por extrair os dados registrados em arquivo texto e posteriormente a transferência dos dados em texto para planilha de cálculo por meio de importação de dados.

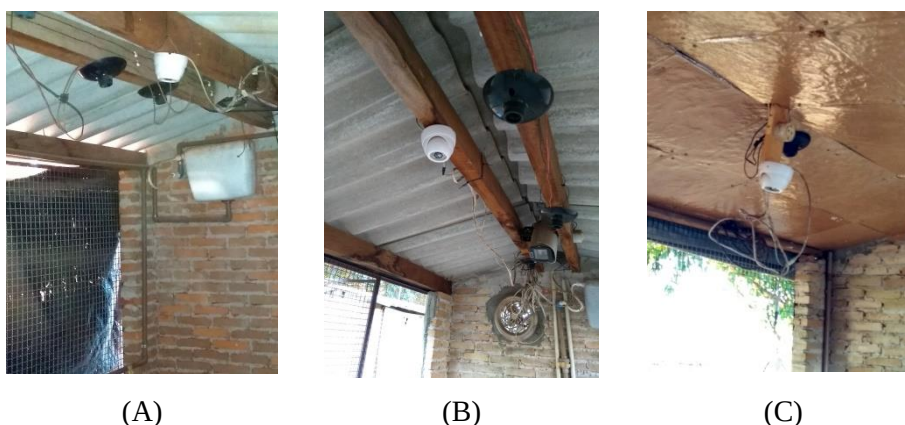
**Figura 3.** *Datalogger* HOBO® utilizado para medição de temperatura e umidade relativa do ar.





As aves foram monitoradas por câmeras durante 5 horas por dia, no período da manhã. Os vídeos foram gravados utilizando equipamento DVR, instalado no Laboratório de Conforto Ambiental. As câmeras foram instaladas no teto dos galpões em ângulo de 90° com visualização para o piso, e a transmissão das imagens foram efetuadas por cabo coaxial até o DVR, a Figura 4 exibe as câmeras instaladas.

**Figura 4.** Câmeras instaladas nos tetos do (A) galpão 1, (B) galpão 2 e (C) galpão 3.



### 3.1.2 Coleta de Imagens de Vídeo

Conforme os objetivos específicos descritos, o primeiro objetivo é capturar imagens de grupos de poedeiras alojadas em ambiente confinado de criação em escala reduzida e distorcida, por meio de câmeras de vídeo, em diferentes condições de temperatura. Descreve-se abaixo os detalhes de elaboração deste objetivo.

Para capturar as imagens foram instaladas câmeras de vídeo modelo AP2688W, marca POWER® com sensor de imagem CCD analógico, 1200 linhas, lente de 3.6 mm, com abertura de 60° e padrão de vídeo NTSC. As transmissões das imagens das câmeras de vídeo foram realizadas via cabo coaxial instalado no interior dos galpões e passados por tubulação subterrânea em direção ao laboratório de Matemática e Conforto Ambiental. No laboratório, instalou-se o equipamento de DVR, modelo VD 4E120 da marca Intelbras®, com sistema operacional Linux instalado, formato de vídeo suportado NTSC, velocidade de gravação de vídeo com 30fps e capacidade 4 canais de vídeo e 4 canais de áudio e suporte para 1 HD SATA de 1TB.

O DVR foi programado para gravar imagens entre os dias 25/02 a 02/03 de 2018, em dois períodos, a noite com horários de gravação desconhecido e durante o período do dia com

início de gravação às 05:00 horas e finalização às 18:00 horas. Os horários de gravação dos vídeos foram definidos para obter registros dos comportamentos expressados pelas aves, e se estes comportamentos são alterados em relação a mudanças de temperatura dentro do ambiente de criação. Este registro de vídeo é importante por ser um meio não intrusivo de observação, pois não interfere o comportamento das aves e não resultar em duvidas de interpretação quando observado por humanos *in loco* conforme relatado por (PEREIRA et.al. 2013).

Os vídeos foram transferidos para um dispositivo de armazenamento portátil (*pen drive*). As formatações de saída dos vídeos possuem extensão proprietário e necessitam de conversão de extensão para serem processados.

### 3.1.3 Processamento e Análise das Imagens do Experimento Piloto

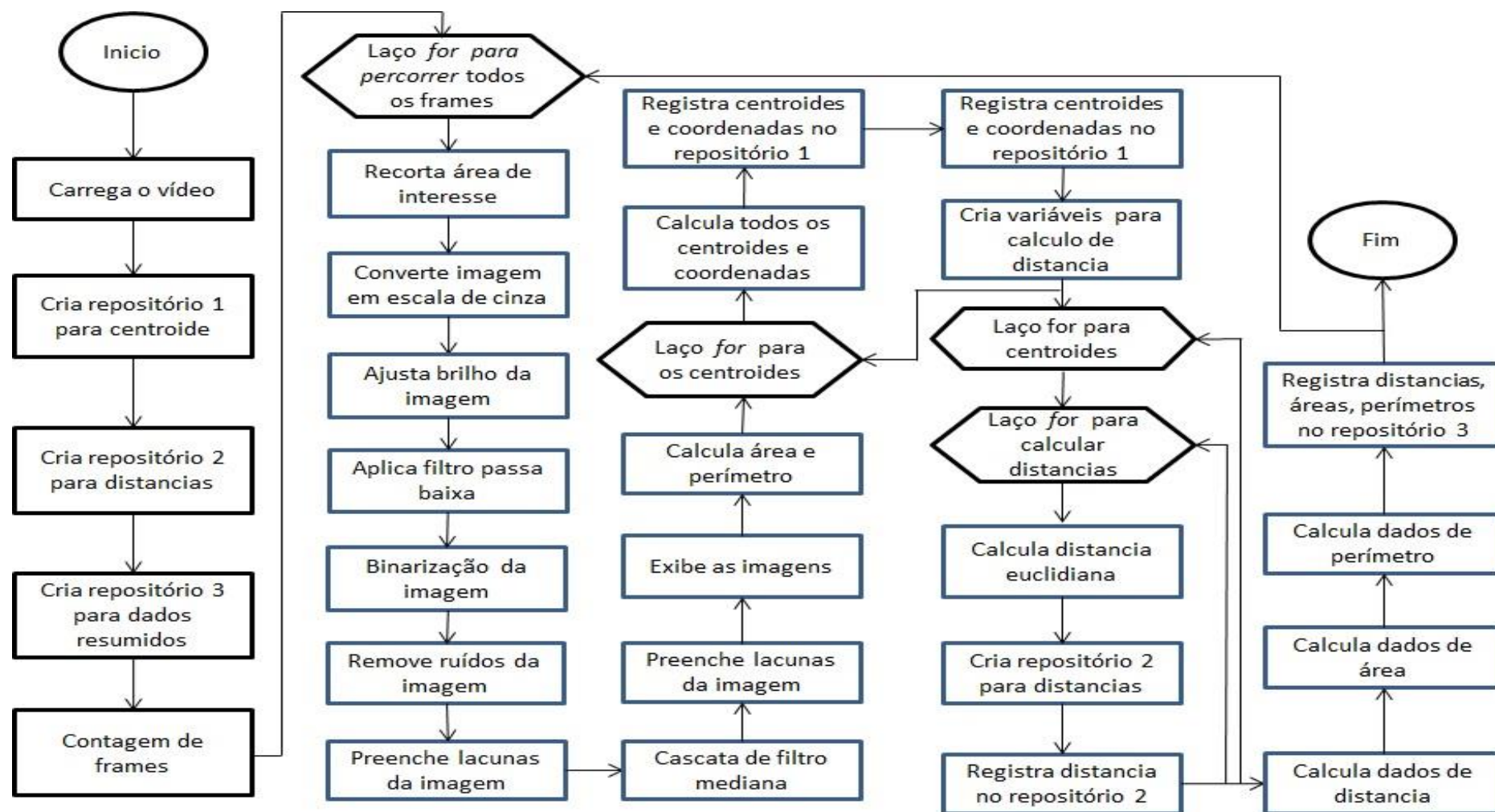
Para o atender o segundo objetivo específico, foi necessário o desenvolvimento de um algoritmo capaz de processar imagens e destes processamentos extrair dados que permitam calcular um índice que indique as reações comportamentais de aves com relação às variações de temperatura no ambiente de criação.

Para alcançar este objetivo é necessário utilizar métodos e ferramentas que permita a elaboração de equação para determinar o índice de aglomeração de centro de massa de aves através da distancias euclidianas de cada centro de massa.

Foi utilizado o *software* MatLab® para processar e analisar as imagens gravadas. O computador utilizado foi um notebook Acer aspire V3 com processador Intel® Core™ i5 3230M 2.6 GHz, 4GB de memória DDR3 e HD de 500GB.

Foi feita a conversão dos vídeos do formato proprietário para o formato AVI. A construção do algoritmo foi seccionada em etapas sequenciais lógicas, a primeira etapa foi identificar o número de *frame* que contém o vídeo, e em seguida estabelecer um conjunto de comandos que deve ser executada em cada *frame*. A estrutura do código pode ser observada no fluxograma elaborado na Figura 5 e o algoritmo completo é mostrado no Anexo I.

Figura 5. Fluxograma de etapas de construção do algoritmo.



A imagem é composta por matriz bidimensional  $f(x,y)$  em que  $x$  e  $y$  são coordenadas espaciais e o valor  $f$  corresponde ao brilho ou intensidade luminosa.

Para o processamento das imagens, carregou-se o vídeo gravado no *software* Matlab® e criou-se arquivos para armazenar os valores extraídos na análise das imagens. Para estabelecer a rotina de processamento e análise *frame* a *frame*, fez-se a contagem dos *frames* do vídeo carregado. Com o número de *frames* do vídeo foi elaborado um laço de repetição para processar cada imagem (*frame*).

Ao carregar-se o vídeo no Matlab®, observou-se que o quadro coberto pela objetiva da câmera instalada no teto do modelo reduzido de galpão tem uma abertura tal que permite visualizar uma área maior que a área coberta pela maravalha, o que destacou paredes e outras superfícies e tubulações das utilidades do modelo reduzido que poderiam atrapalhar o processamento futuro dos frames.

Como a imagem capturada contém áreas que não são de interesse, como paredes, tubulações e janelas, e estas interferem no processamento das imagens devido ao alto índice de brilho provocado pela iluminação natural na lateral do galpão, optou-se por realizar o primeiro processamento de imagem com base em um corte em suas extremidades para que no processo de binarização, estas interferências não sejam confundidas com aves e resultem em erros de coleta de dados.

Para contornar essa dificuldade, e considerando que essas áreas são fixas em todos os *frames*, fez-se o recorte da área de interesse para que apenas essa área fosse processada.

A função empregada nesta etapa carrega a imagem colorida que vai ser cortada, e faz a utilização de parâmetros compostos por 4 valores em coordenadas espaciais, a posição inicial de corte no eixo  $x$ , a posição inicial de corte do eixo  $y$ , a largura e altura de saída da nova imagem. Tal função é dada por:

$$imcrop(Imagem, [x_{inicio} \ y_{inicio} \ largura \ altura]) \quad (Eq. 1)$$

Onde: *imcrop* corresponde a função aplicada, *Imagem* é a imagem que será recortada,  $x_{inicio}$  e  $y_{inicio}$  correspondem a posição em que vai limitar o recorte, *largura* e *altura* correspondem ao tamanho final da imagem resultante.

Posteriormente a nova imagem possibilitou ter melhor desempenho para a etapa sequente no processamento das imagens, por não ter mais a área com iluminação incidente que atrapalha na coleta de dados precisos das aves posicionadas na cena.

A imagem obtida do corte não perde qualidade e não altera seus valores de pixels, a área de corte, devidamente configurada seus parâmetros pode ser observada na Figura 6.

**Figura 6.** Área de interesse na imagem a ser processada.



De posse do frame já recortado, a sequência para o processamento é dada por meio da transformação da imagem em escala de cinza, existem alguns métodos para transformar a imagem em escala de cinza.

A conversão clássica é o método utilizado na função `rgb2gray` no *software* Matlab, consiste em somar porcentagens de valor de cada canal para determinar o valor do pixel. A equação deste método de conversão é dada por:

$$C = 0,2989R + 0,5870G + 0,1140B \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:  $C$  é uma variável que recebe o somatório proporcional de cada canal RGB.

A imagem em escala de cinza permite a aplicação de técnicas para realçar ou restaurar a imagem. Para este trabalho a aplicação de filtros para remover ruídos de imagem foi a solução escolhida para isolar na cena (*frame*) apenas as aves, descartando outros elementos que podem ser igualados erroneamente como aves. Como a matriz de imagem possui conjuntos de pixels com valores, ela pode ser agregada operações matemáticas para resultar em uma outra matriz.

A subtração da matriz da imagem em escala de cinza por uma constante foi utilizada para reduzir o efeito de brilho que existe na cama de maravalha (serragem). O processo

elaborado determinou uma variável ( $k_0$ ) para receber a subtração de outra variável ( $k$ ) por uma constante cujo valor pré-definido foi 19, dada na equação:

$$k_0 = k - 19 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:  $K_0$  é uma variável que recebe a subtração da matriz de imagem  $k$  pela constante de valor 19.

A etapa de subtração da matriz contribuiu para reduzir o brilho da imagem, principalmente o brilho existente na maravalha que possa permitir elementos que não são aves serem identificados como aves no processo de binarização.

A aplicação de filtro de passa baixa utilizando função de *Gauss*, é muito utilizada em estágio de pré-processamento e realiza uma uniformidade na imagem, ela remove ruídos de distribuição normal alterando o valor de cada *pixel* da imagem pela média ponderada entre o *pixel* e seus vizinhos para suavizar a imagem (JESUS e JUNIOR, 2015). A equação Eq. 4 da função gaussiana é descrita como:

$$G(x, y) = G(x) \cdot G(y)^t = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:  $G$  é a distribuição gaussiana,  $x$  e  $y$  são as distancias de origem nos eixos horizontal e vertical. O sigma  $\sigma$  é o desvio padrão das distribuições gaussianas dos pixels que compõe a imagem.

Estas aplicações foram importantes no trabalho para obter melhor destaque das aves na imagem e oferecer o mínimo possível de ruídos que não prejudiquem as etapas seguintes após a binarização em que consiste calcular o número de aves identificadas na imagem, calcular suas áreas, centro de massa, e distancias euclidianas entre os centros de massa que serão fundamentais para a elaboração de uma equação que indicará uma condição de aglomeração ou dispersão das aves no galpão.

Em seguida transformou-se a imagem em escala de cinza em preto e branco (binarização). A binarização compreende em um método de segmentação para caracterização de objetos de interesse em uma imagem. Cada pixel da imagem pode representar somente duas cores diferentes, a cor preta e branca, valores respectivos de 0 e 255 (GALVÃO, 2015).

O processo procura definir um limiar em histograma chamado de threshold “Th” para separar as regiões da imagem, um valor distinto é assumido para alterar os valores dos pixels com base em Th (MOREIRA, 2011). A imagem binária é formada pela equação Eq. 5 abaixo

$$im_{bin}(i,j) = \begin{cases} 0, & \text{se } I(i,j) \leq T_h \\ 1, & \text{se } I(i,j) > T_h \end{cases} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:  $im_{bin}$  é a imagem binária,  $i$  e  $j$  são as coordenadas da matriz bidimensional.

O valor  $T_h$  corresponde ao parâmetro para alterar os valores dos *pixels*.

As etapas anteriores são importantes para o processo de binarização, pois a diferença dos valores encontrados em cada pixel vai ser alterado para zero ou 255 com o parâmetro de Th definido. Os objetos de interesse na imagem terão sua área de pixel preenchida com valor 255 contrastando com o restante da cena que vai ter os valores de pixel preenchidos com valor 0. Qualquer pixel na matriz da imagem com valor próximo a 255 será preenchido com o valor 255.

A figura 7A e 7B mostram o processo de binarização. A imagem binarizada apresenta de forma objetiva a separação de objetos contrastantes da cena, isto permite extrair informações, dados úteis para etapas de processo.

Conforme se observa na figura 7B, a imagem binarizada ainda apresenta alguns ruídos provenientes de penas e outros elementos da cena que não são galinhas. Para a eliminação desses ruídos foi aplicado um filtro que descartou as áreas menores que 200 pixels que não foram consideradas galinhas. Este filtro retira objetos (pixels) e seus vizinhos conectados com áreas menores que um valor de parâmetro definido. Conhecido como operadores morfológicos de abertura ou erosão (CIDRE, 2012; QUEIROZ e GOMES, 2001). No *software* Matlab é utilizado o comando *bwareaopen* com o parâmetro base.

Esta aplicação favorece a qualidade de imagem resultante no sentido de remover pequenas áreas claras que não representam o objeto de interesse pertinente e não havia sido removida nas etapas anteriores ao processo de binarização.

O filtro seguinte executa o preenchimento dos furos feitos na imagem, e esse filtro complementa a execução do filtro de erosão. Conhecido também por operação morfológica de fecho ele preenche as aberturas e falhas na imagem (CIDRE,2012). Este filtro é o comando *imfill* utilizado no *software* Matlab.

O resultado da aplicação desses filtros é observado na Figura7C.

**Figura 7.** Exemplo de processamento de uma imagem. A) Imagem recortada, B) imagem binarizada com ruído e C) imagem binarizada sem ruído.



(A)



(B)



(C)

A partir da imagem mostrada na figura 7C, foi aplicado um conjunto de filtro de mediana em cascata para remover ruídos que eram pertinentes em alguns frames do vídeo, este filtro utiliza uma máscara de dimensões  $m \times n$ , em que o pixel central é trocado por um elemento central de um vetor de  $m \times n$  de elementos, removendo os ruídos sem interferir severamente a nitidez preserva os contornos de objetos da imagem (CIDRE, 2012; QUEIROZ e GOMES, 2001). Esta função é representada na equação Eq. 6, por:

$$v(m,n) = \text{median}\{y(m-k, n-1), (k, 1) \in W\} \quad (\text{Eq. 6})$$



Onde:  $v(m, n)$  é a imagem resultante que recebe a media de cada pixel percorrido nas coordenadas  $m$  e  $n$  pertencente a uma matriz origem  $W$

Uma vantagem deste filtro é que mantem os principais detalhes e remove pontos isolados, mantendo a resolução espacial (FARIAS, 2010).

Com a imagem nitida e sem ocorrencia de ruidos uma rotina de análise das imagens criou arquivos de texto para registrar os resultados dos calculos desenvolvido no algoritmo, onde foram calculadas as posições dos centros de massa das regiões formadas pelas aves.

Este cálculo é baseado no conceito de coordenadas espaciais associado a uma imagem, do conjunto de ferramentas geometricas a ferramenta *centro de massa* pode ser utilizada para extrair informação de objetos na imagem. A equação Eq. 7 empregada na ferramenta é dada por:

$$R = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:  $R$  é a variavel que recebe o valor do centro de massa,  $m_i$  é a área do objeto de interesse. E a variável  $r_i$  representa o vetor de posição.

A variavel  $m_i$  corresponde a massa da particula  $i$  e a variavel  $r_i$  corresponde ao vetor de posição. No *software* Matlab é utilizado a função *regionprops()*.

Para calcular distâncias entre os centros de massa, pode-se empregar a distância euclidiana entre dois vetores a área, é dado pela equação:

$$d_e(x, y) = \|x - y\| = \|y - x\| = [(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2]^{1/2} \quad (\text{Eq. 8})$$

O cálculo da distância euclidiana em pixels utilizada no software Matlab, utiliza a equação Eq. 9 inserida na função *sqrt()* descrita abaixo:

$$pd = \text{sqrt}((\text{delta}_x)^2 + ((\text{delta}_y)^2) \quad (\text{Eq. 9})$$

Outras medidas são extraídas e calculadas com utilização de funções no *software* Matlab, que permitem a construção de uma equação para determinar um indicador de aglomeração de aves. Essas medidas resultaram nas seguintes variáveis descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Medidas extraídas na análise de cada frame processado.

| Medida       | Descrição                                                 |
|--------------|-----------------------------------------------------------|
| #Aglomerados | Número de aglomerados encontrados no <i>frame</i>         |
| Dmédio       | Distância média entre os centros de massa dos aglomerados |
| Dmín         | Menor distância entre dois centros de massa               |
| Dmáx         | Maior distância entre dois centros de massa               |
| Dstd         | Desvio padrão das distâncias entre os centros de massa    |
| Amédia       | Área média dos aglomerados                                |
| Amín         | Menor área de um aglomerado                               |
| Amáx         | Maior área de um aglomerado                               |
| Astd         | Desvio padrão da área dos aglomerados                     |
| Pmédio       | Perímetro média dos aglomerados                           |
| Pmín         | Menor perímetro de um aglomerado                          |
| Pmáx         | Maior perímetro de um aglomerado                          |
| Pstd         | Desvio padrão do perímetro dos aglomerados                |

A partir das medidas extraídas no final da etapa de processamento e registradas em arquivo texto, propôs-se o desenvolvimento de uma equação para determinar o índice de aglomeração (IndAglomeração).

## 3.2 EXPERIMENTO DE VALIDAÇÃO

Para a validação do índice desenvolvido no experimento piloto, foi elaborado um experimento o qual foi aprovado pela Comissão de Ética em Uso de Animais CEUA da Faculdade de Ciências e Engenharia (FCE/UNESP), conforme observa-se cópia do documento no anexoII.

### 3.2.1 Montagem do experimento de validação

O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências e Engenharia (FCE/UNESP), localizada no município de Tupã, a oeste do estado de São Paulo.

Utilizou-se um dos galpões de escala reduzida e distorcia existentes na área experimental da FCE/UNESP. Foi inserido no galpão duas caixas de ninho que foram pintadas de preto fosco para não prejudicar o processamento de imagem.

Durante a elaboração do algoritmo para o processamento das imagens na fase piloto a caixa de ninho apresentava praticamente a mesma cor e brilho das aves e isto gerou confusão na etapa de binarização.

Para forração do piso foi utilizado de maravalha de peroba, distribuída em toda a área interna do galpão para formar a cama.

Para monitorar as aves foi utilizado a mesma câmera de vídeo posicionada com ângulo de 90°, com visão para o piso para captura das imagens.

Um *datalogger* para registro de temperatura e umidade do ar foi configurado e posicionado a uma altura de aproximadamente 45 centímetros de altura do piso. O *datalogger* utilizado é o modelo U12-012 da marca HOBO® (Figura 8). O equipamento de DVR da marca Intelbras® foi o mesmo utilizado no experimento piloto e configurado para gravar os vídeos, instalado no laboratório de conforto ambiental nas dependências da FCE/UNESP. A Figura 8 apresenta o galpão preparado e o equipamento configurado para armazenar os vídeos.

**Figura 8.** Galpão e equipamento DVR preparado para o experimento.



As aves destinadas para o experimento foram fornecidas por uma propriedade estabelecida na cidade de Tupã SP. Foram ofertadas dez aves da linhagem *dekalb white* com 70 semanas de idade ao início do experimento.

O aqorramento oferecido pelo produtor permitiu o tratamento das aves em quantidade suficiente para o período de 15 dias para o experimento, tiveram acesso a água e ração *ad libitum* seguindo o mesmo modelo realizado no experimento piloto.

As aves foram monitoradas por câmera de vídeo no período de 01/11/2018 a 18/11/2018, as gravações se iniciaram às 11:00 horas da manhã e finalizadas às 18:00, com total de 7 horas de gravação ao dia com arquivos criados com duração de 5 minutos de vídeo.

### 3.2.2 Processamento e análise das imagens do experimento de validação

O computador utilizado foi o mesmo utilizado no experimento piloto, um notebook Acer aspire V3 com processador Intel® Core™ i5 3230M 2.6 GHz, 4GB de memória DDR3 e HD de 500GB, com sistema operacional Windows 7®. Foi utilizado o software MatLab® em sua versão 2015b para processar e analisar as imagens gravadas. Para a conversão dos vídeos do formato proprietário para o formato AVI utilizou-se o conversor DHAVI-convert.

A utilização do mesmo algoritmo desenvolvido foi testada em uma amostra aleatória de vídeo e apresentou problemas em separar as aves do restante do cenário devido à alta luminosidade solar incidente na maravalha, que refletiu brilho no vídeo.

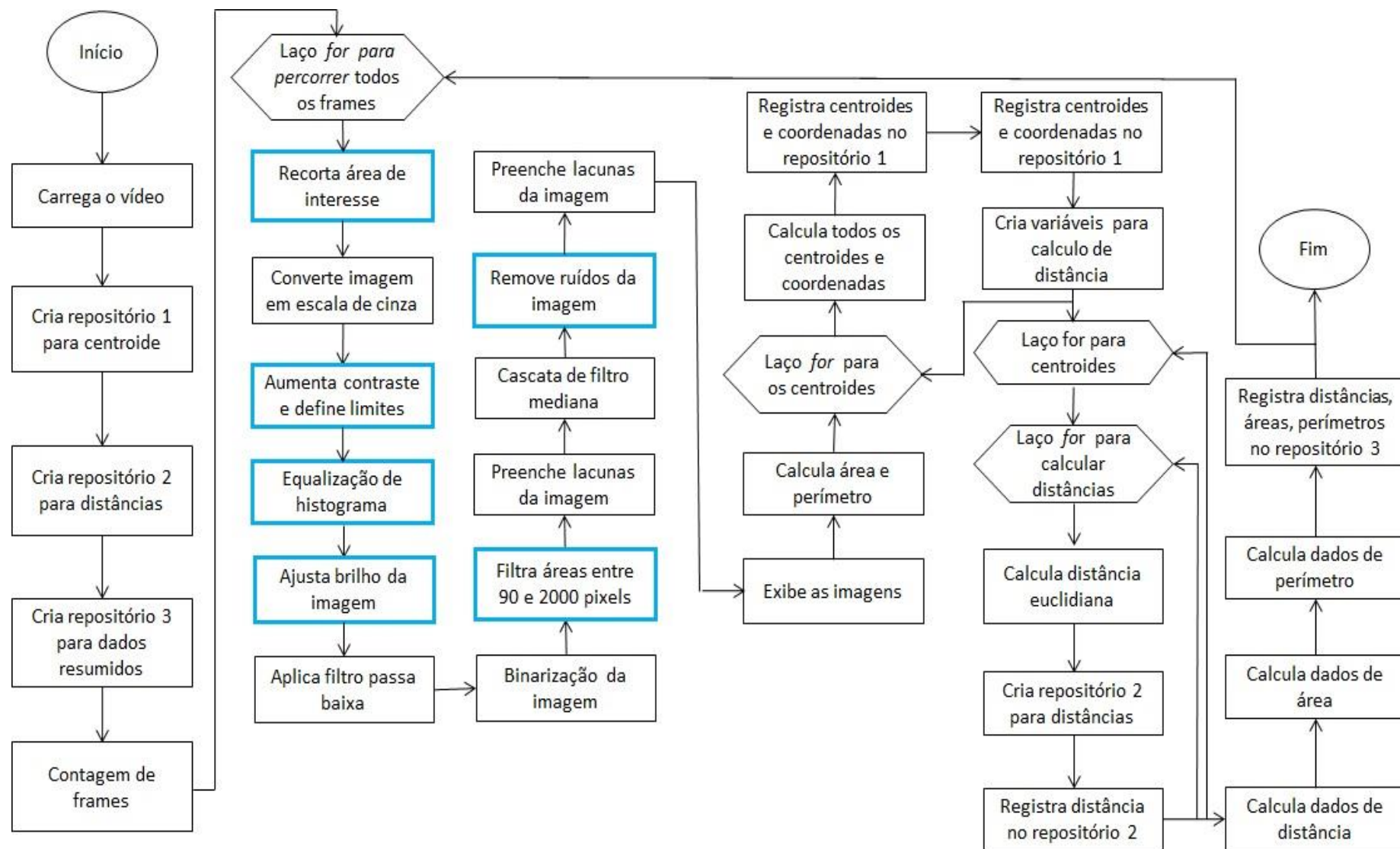
Ao executar a etapa de binarização da imagem seguindo o código do experimento piloto, surge grandes áreas brancas que são reflexo de luz natural incidente no piso. Esta área branca é pertinente nas etapas do processamento em que filtros para remoção de ruídos foram executados e não obtiveram sucesso. Esta pertinência causa falha na coleta de dados, pois são interpretados como uma concentração de aves.

Para solucionar o problema ajustes no algoritmo foram necessários para amenizar os efeitos da luminosidade. Foram inseridos no código utilizado novos filtros e foi alterado o valor da constante utilizada na subtração da matriz, reconfigurado os parâmetros de corte da imagem, e filtros para realçar a imagem e equalizar a imagem para destacar as aves do cenário.

Estas modificações no código fonte serão descritas abaixo.

O fluxograma da Figura 9 apresenta as etapas do algoritmo com o destaque para os filtros inseridos e algumas alterações de parâmetros em algumas etapas. O algoritmo completo e modificado pode ser observado no Anexo III.

**Figura 9.** Fluxograma de etapas do algoritmo com destaque para as alterações inseridas.



O processamento das imagens utilizou a mesma estrutura de etapas e algoritmo desenvolvido para o experimento piloto, carregou-se o vídeo e criou-se os arquivos necessários para armazenar os dados extraídos na análise de imagem, a contagem dos *frames* e laço de repetição para processar cada *frame*. As imagens capturadas contêm áreas que não são de interesse, interferindo no processamento devido ao brilho intenso proveniente de luz natural refletida no piso e ocasiona erros ao binarizar a imagem.

Na montagem do experimento de validação o posicionamento da câmera de vídeo foi reajustado, desta forma os parâmetros de corte para as imagens também foram redefinidos.

Este foi o primeiro processamento que foi elaborado no algoritmo original. Após testes para determinar a dimensão para a área de interesse foram estabelecidos os valores de parâmetro para a função *imcrop()*, resultando uma nova imagem. A Figura 10 apresenta a imagem original e a imagem com recorte da área de interesse.

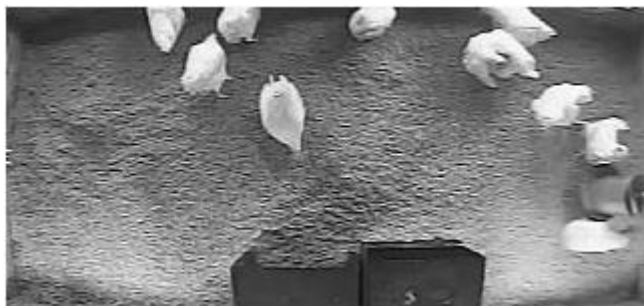
**Figura 10.** Imagem original e imagem com corte de área de interesse.



A etapa seguinte, conforme o fluxograma consiste na transformação da imagem recortada em escala de cinza, o processo não teve alteração e foi utilizado o mesmo comando do experimento piloto.

O detalhe é que a imagem resultante apresenta muita luminosidade na cama de maravalha, esta luminosidade mesmo com a transformação é evidente e torna-se um problema nas etapas seguintes do processo. A Figura 11 exibe a imagem em escala de cinza.

**Figura 11.** Imagem colorida transformada em escala de cinza.



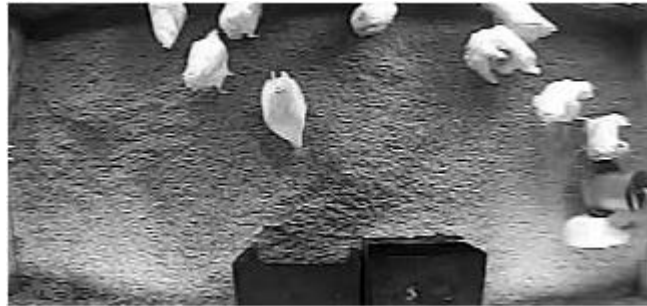
Como mencionado no trabalho foi necessário elaborar uma estratégia para remover estas manchas, a primeira medida utilizada foi acrescentar um filtro de contraste, para aumentar o contraste da imagem em escala de cinza.

Este filtro é o `imadjust()` utilizado no Matlab, é baseado em ampliar o contraste da imagem, realizado pela redistribuição de valores de intensidade e faz com que 1% dos pixels fiquem com valores saturados nos valores mais altos de intensidade e menor na representação da imagem empregada (MALBURG, 2005;). A Figura 12A apresenta o resultado aplicado na imagem.

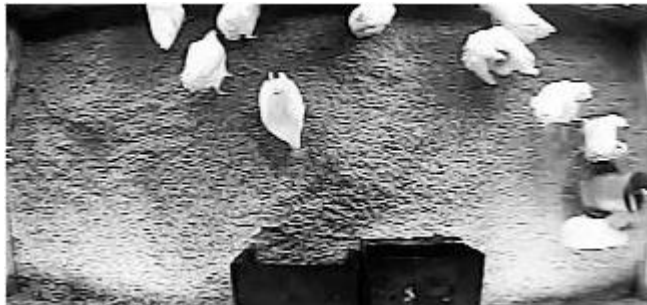
A próxima etapa no fluxograma foi amplificar mais o contraste da imagem, para destacar mais as aves, consequentemente uma parte da maravalha também foi destacada. O filtro inserido foi a equalização de histograma da imagem, ela utiliza a equalização da distribuição dos valores de pixels em nível de cinza. Ele aumenta o contraste da imagem produzindo bom resultado final (CIDRE, 2012). A aplicação deste filtro evidenciou bem mais o contraste das aves, o que permitiu melhores condições de remover as manchas que não são aves. A Figura 12B exibe a imagem resultante da equalização de histograma.

Em sequência a subtração da matriz de imagem em escala de cinza sofreu modificação apenas no valor da constante. Como a imagem apresenta maior contraste para reduzir o brilho foi ajustado o valor da constante de 19 para 45. O resultado foi caracterizar o contraste entre as aves o fundo da cena com intuito de minimizar a ocorrência de ruído na imagem binária. A Figura 12C exibe a imagem com subtração de valores dos seus pixels.

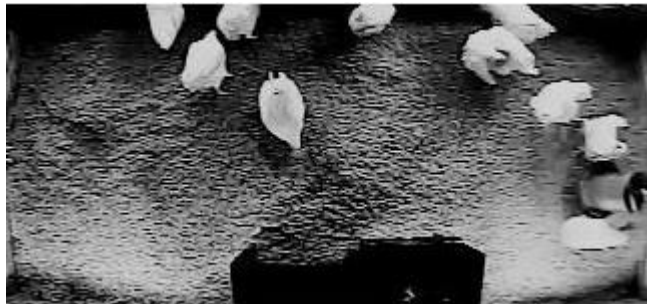
**Figura 12.** Aplicação de filtros para destacar aves do cenário: A) Aumento de contraste, B) Equalização de histograma, C) redução de brilho.



(A)



(B)



(C)

Após os ajustes efetuados nas imagens a partir da figura 12C, que evidencia contrastes em seus elementos da imagem, a etapa de binarização executada apresenta as aves e as áreas de maravalha, ruídos de imagens. A transformação da imagem em escala de cinza para preto e branco não sofreu alteração. A Figura 13 exhibe a imagem binarizada com os ruídos pertinentes.



**Figura 13.** Imagem binarizada com ruídos pertinentes.



A remoção desta área foi obtida com a aplicação de filtro para recortar as áreas entre 90 e 2000 pixels, este filtro é o *bwareafilt()* disponibilizado no *software* Matlab. Este filtro remove os elementos que possuem determinado tamanho de pixel.

No algoritmo foi pré-definido como parâmetro de valores entre 90 e 2000 pixels para que elementos dentro desta faixa de valor fossem removidos. A Figura 14 apresenta a imagem sem os ruídos.

**Figura 14.** Aplicação de filtro para remover ruídos pertinentes.



As rotinas de análise das imagens não foram modificadas, e os dados calculados resultaram nas mesmas variáveis definidas na Tabela 1 empregados no experimento piloto, e o cálculo do índice de aglomeração manteve a equação desenvolvida (Eq.10 ). A aplicação da equação foi realizada em cinco vídeos, cada vídeo com cinco minutos de registro.

Um dos vídeos a temperatura registrada no interior do galpão foi de 38°C, a maior temperatura registrada para o experimento. Outro vídeo selecionado registrou temperatura de 21°C, classificado como a temperatura mais baixa registrada para o período do experimento.

## 4 RESULTADOS

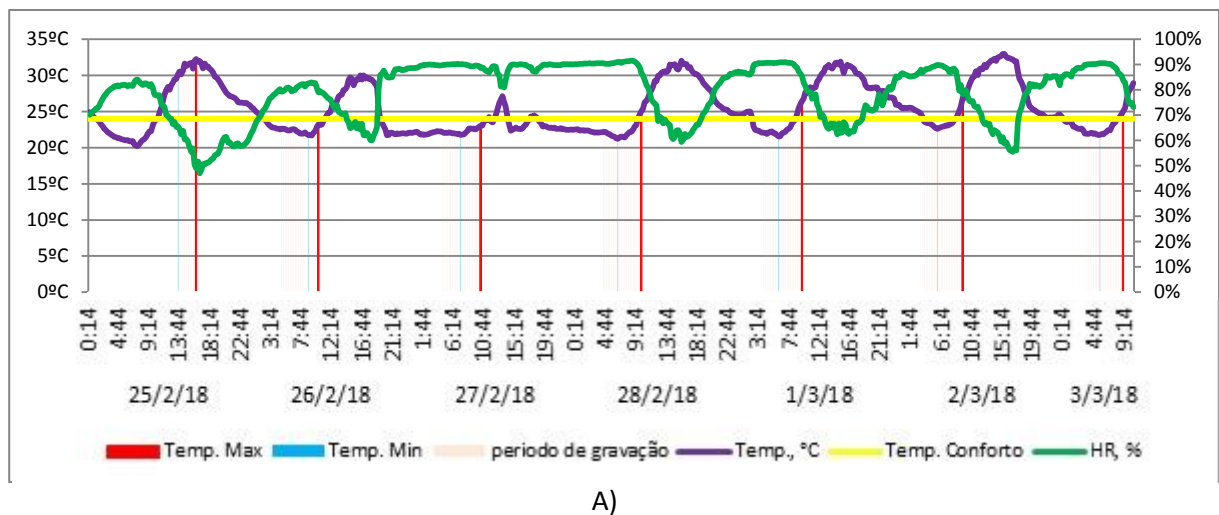
### 4.1 Experimento Piloto

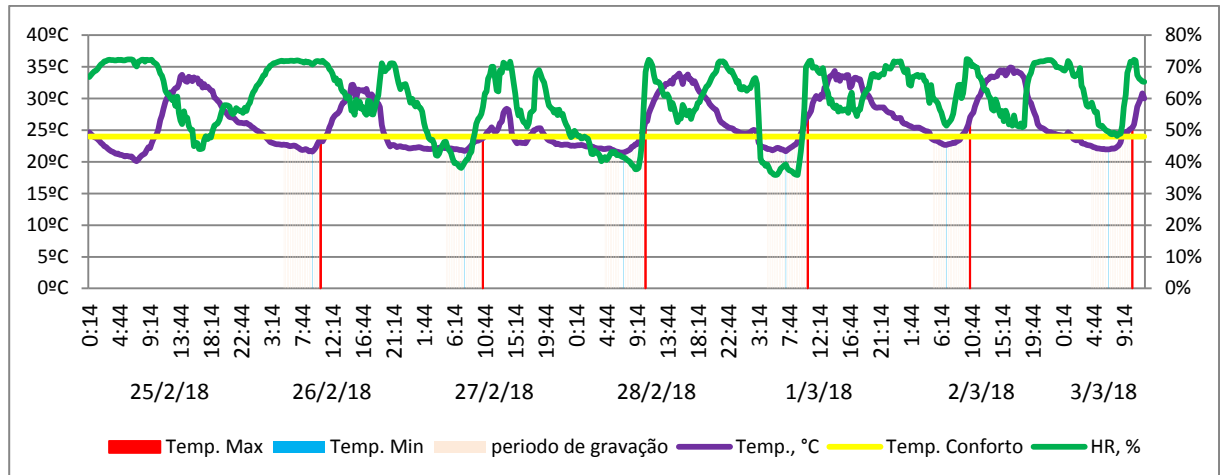
Os resultados que serão discutidos abaixo correspondem aos dados coletados e processados no experimento piloto desenvolvido em fevereiro/março de 2018.

#### 4.1.1 Análise do ambiente térmico no interior dos aviários

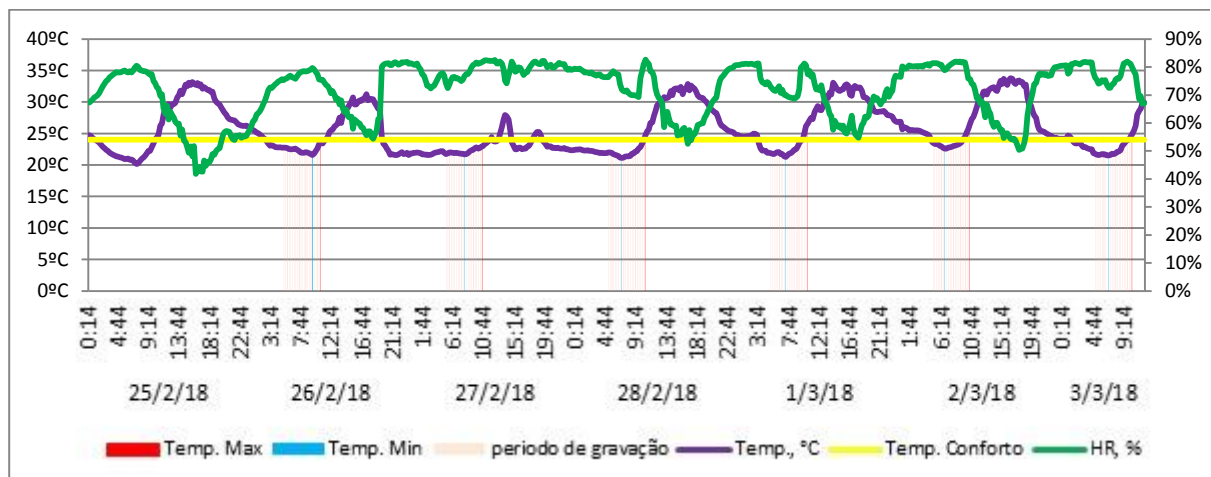
A Figura 15 apresenta a visualização dos dados de temperatura, umidade relativa, temperatura de conforto ambiental, temperaturas máxima e mínima e período de registro em cada galpão. Os dados foram registrados no período de 25 a 27 de fevereiro de 2018 e 01 a 03 de março de 2018. Eles expressam o panorama térmico de cada galpão, auxilia a identificação das diferenças térmicas ocorridas.

**Figura 15.** Gráfico de temperatura e umidade relativa A) galpão 1, B) galpão 2, C) galpão 3.





B)



C)

Verifica-se nos gráficos da figura 15 que a temperatura do ar variou entre 20°C e 35°C e a umidade relativa variou entre 55% e 85% durante o período do experimento piloto. Essa condição é esperada para a região no período avaliado, não caracterizando dias com estresse por calor muito intenso. Não foi verificada nenhuma ocorrência de onda de calor.

Apesar de ser possível obter imagens com temperaturas na zona de conforto térmico e acima da zona de conforto térmico, foi necessário que um novo experimento seja realizado para que sejam capturados vídeos das aves em condições mais extremas de ambiente térmico para validar o índice de aglomeração proposto neste trabalho.

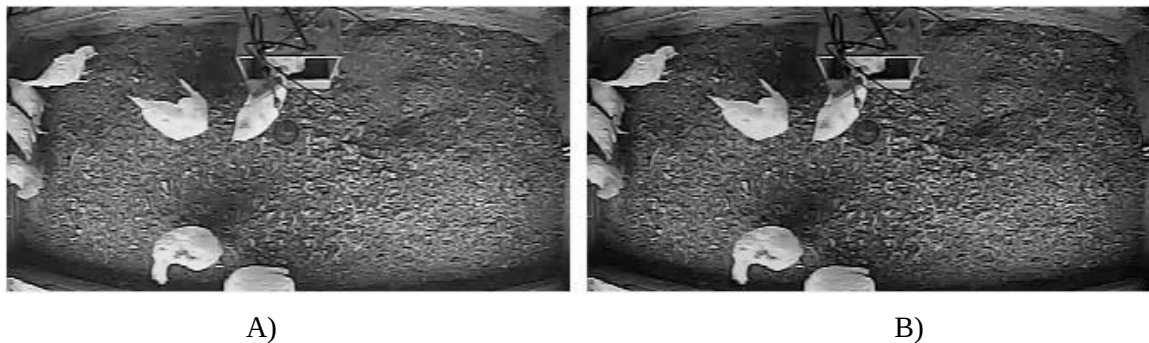
#### 4.1.2 Teste do algoritmo de processamento e análise de imagens para o experimento piloto

O algoritmo desenvolvido processa a imagem para destacar as aves do restante da imagem com eficiência. Os filtros de mediana aplicados são eficientes na eliminação de ruídos na cama de maravalha, conferindo ótimo resultado no processo de binarização.

A partir das imagens binarizadas, o algoritmo localiza as coordenadas dos centros de massa das áreas de cada aglomerado de aves e calcula a área e perímetro de cada aglomerado e as distâncias entre os centros de massa.

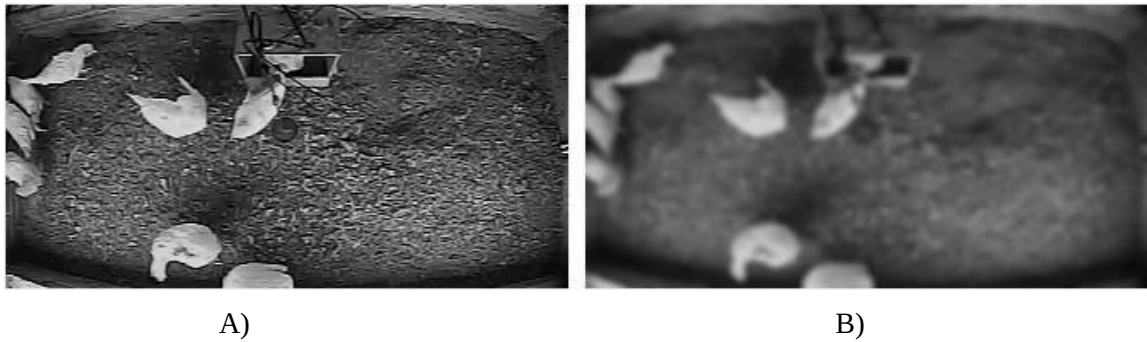
Na Figura 16 é apresentado o resultado da aplicação da subtração a partir da imagem em escala de cinza. Efetuou-se a subtração da matriz de imagem por uma constante de valor 19, conforme descrito na metodologia para ajustar o brilho e diminuir reflexo da imagem.

**Figura 16.** Imagem em escala de cinza A), subtraída para ajuste de brilho B).



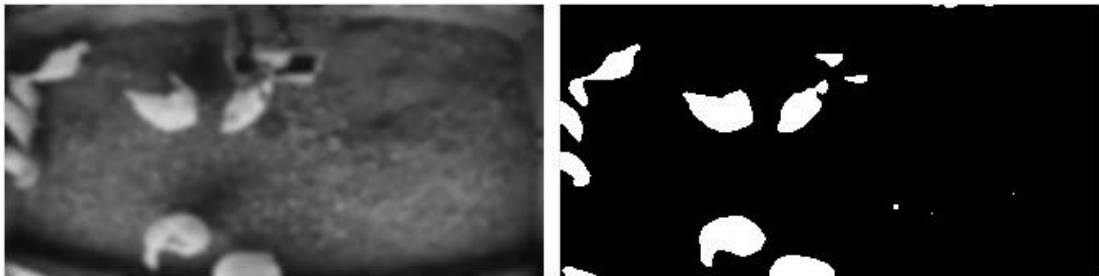
Com a imagem ajustada, utilizou-se na sequencia um filtro para suavizar a imagem. Este filtro é um passa baixa que emprega a função gaussiana como descrito por Cidre (2012) e Queiroz e Gomes (2001) em que utilizaram este filtro para tratamento de imagem para análise de imagens clinicas e processamento digital de imagens, respectivamente. A Figura 17 apresenta a imagem em escala de cinza (A) e com a aplicação do filtro gaussiano (B).

**Figura 17.** Imagem com ajuste de brilho A), e com aplicação do filtro Gaussiano B).



O próximo passo do algoritmo corresponde a binarização da imagem, ou seja, efetua-se a varredura na matriz de pixels da imagem para localizar e converter cada valor de pixel da matriz em 0 para valores baixos que correspondam a cor branca e os outros valores da matriz converter para valor 1 correspondente a cor preto (Figura 18).

**Figura 18.** Imagem binarizada.



Observa-se que na imagem binarizada possui alguns pontos que não correspondem a aves e são considerados como ruídos. Para remover esses ruídos foi aplicado uma função que recorta as áreas com tamanho menor que 200 pixels e outra função para preencher o recorte com valor de 1 correspondente ao valor do plano de fundo da imagem (Figura 19).

**Figure 19.** Imagem com aplicação de filtros para limpar ruídos.



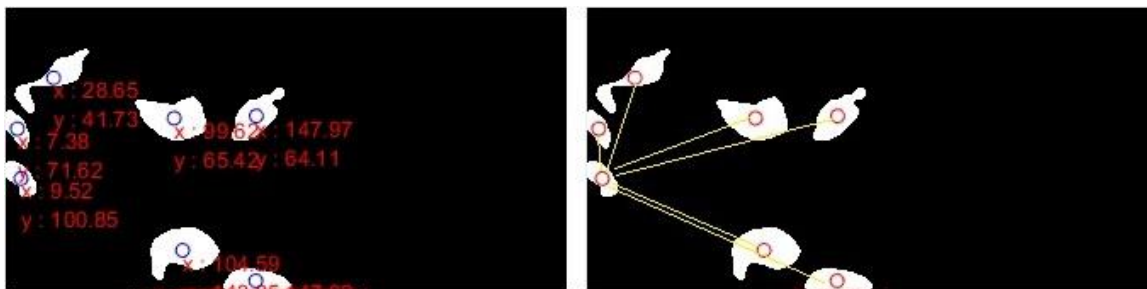
Para finalizar o processo foi inserido um conjunto em cascata de filtro de *mediana*. Foi identificado em alguns *frames* ruídos que não correspondem a aves e que interferiam nos resultados de cálculos de área e perímetro do contorno das aves, com a utilização de um conjunto de filtro de *mediana* foi possível remover as pequenas incidências de ruídos nos *frames* (Figura 20).

**Figure 20.** Aplicação em cascata de filtro de mediana.



A partir da imagem binarizada e sem ocorrências de ruídos que podem interferir nos cálculos de área, perímetro, das aves, o algoritmo calculou os centros de massa de todas as formas identificadas, e as distancias euclidiana de cada centro de massa em relação aos outros centros de massa, para cada *frame* e registraram-se todas as variáveis descritas na Tabela 1. A Figura 21 apresenta os centros de massa localizados e calcula as distancias entres os centroides.

**Figure 21.** Imagem com centro de massa e distância entre os centroides.



#### 4.1.3 Proposta de Índice de Aglomeração

A proposta do índice de aglomeração é apresentada pela Equação 10, composta por:

$$IndAglomeração = \frac{Amédia \times Pmédio}{\#Aglomerados} \quad (Eq. 10)$$

Onde: o *IndAglomeração* é calculado pela média das áreas de todos os objetos identificados (*Amédia* multiplicado pelo perímetro médio dos objetos identificados na imagem (*Pmédio*), dividido pelo número de aglomerados (*#Aglomerados*).

Para determinar o índice de aglomeração a equação define que o número de aglomerados (o número de aves encontradas na imagem binária), quando estiver reduzido, ou seja o número de aves localizada na imagem for pequeno significa que elas se aproximaram de forma que a área branca de cada animal se fundiu formando uma área maior e o cálculo de centro de massa passa a ser apenas um centro para a junção das duas aves.

Consequentemente o número de aglomerados é inversamente proporcional a média de área total dos animais localizados na imagem. Quanto mais animais separados e encontrados, a média de área é menor e o valor do índice também será menor (inferior a 1).

As distâncias entre os centros de massa passam a ser menores conforme o número de aglomerado diminui, e aumenta em situação contrária. Estas condições que a equação calcula são as indicações que o comportamento das aves teve alteração.

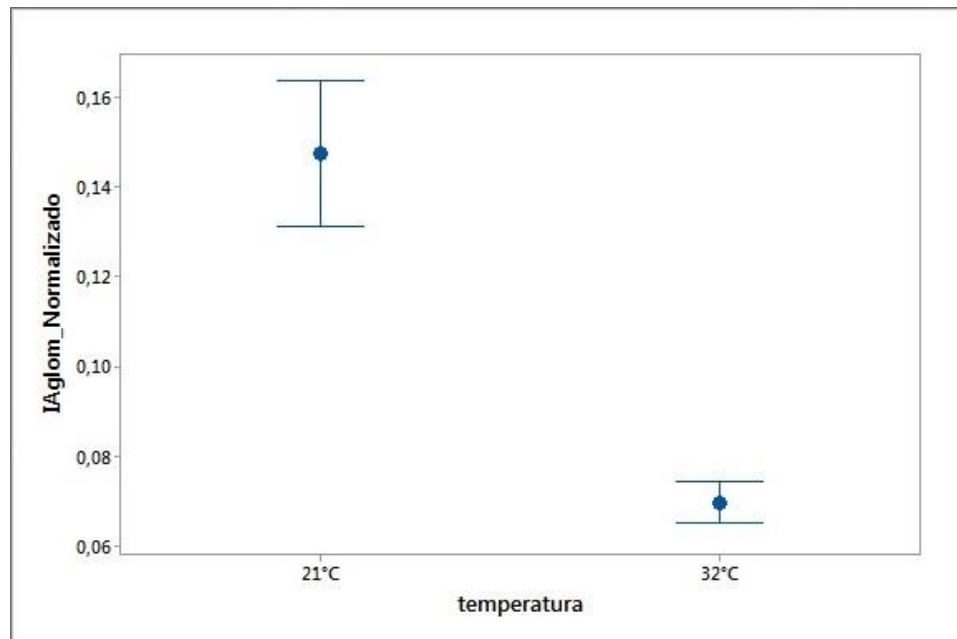
Ao se aglomerarem reduzindo o número de aves e seu centro de massa característico significa que as aves podem expressar o comportamento de estresse térmico por frio. Quando o número de aves aumenta, os centros de massa são individuais para cada animal localizado e existe uma considerada distância entre os centros de massa significa que as aves podem estar expressando o comportamento de estresse térmico por calor.

Para testar a acurácia da equação elaborada selecionou-se dois vídeos com duração de cinco minutos, um com temperatura registrada de 21°C e outro com temperatura de 32°C, de um mesmo galpão, com o objetivo de verificar se o índice proposto consegue capturar diferenças no comportamento de aglomeração das aves devido as diferenças no ambiente térmico. Os dados obtidos foram submetidos ao teste estatístico de *t-student* para duas amostras utilizando o *software* Minitab®.

#### 4.1.4 Teste do índice de aglomeração para o experimento piloto

O cálculo do índice de aglomeração foi efetuado em duas amostras de vídeos gravados, o primeiro a uma temperatura de 21°C e o segundo a uma temperatura de 32°C. Em ambos os vídeos foi aplicado o algoritmo de processamento de imagens e das variáveis extraídas foram calculados os índices de aglomeração de cada *frame* utilizando o (Eq. 1). Os resultados obtidos são mostrados no gráfico da Figura 22.

**Figure 22.** Intervalo de confiança dos índices de aglomeração obtidos nos vídeos para temperaturas de 21°C e 32°C.



Conforme verifica-se na figura 22, os índices de aglomeração encontrados são distintos, o que sugere que há diferença estatística entre esses índices. A hipótese de que são diferentes foi confirmada pelo teste *t-student* para duas amostras, onde obteve-se  $p\text{-valor} < 0,05\%$ .

Para a temperatura de 21°C observa-se maior aglomeração com intervalo de amplitude estimado em 0,1310 à 0,1637, e a média com 0,1474.

Para índice de aglomeração à 32°C, as aves tiveram pouca aglomeração e com reduzido intervalo de amplitude estimado entre 0,064 à 0,074, a média ficou em 0,069.

## 4.2 Experimento de Validação

Os dados coletados abaixo são referentes experimento realizado em novembro de 2018, para validar a equação desenvolvida no experimento piloto.

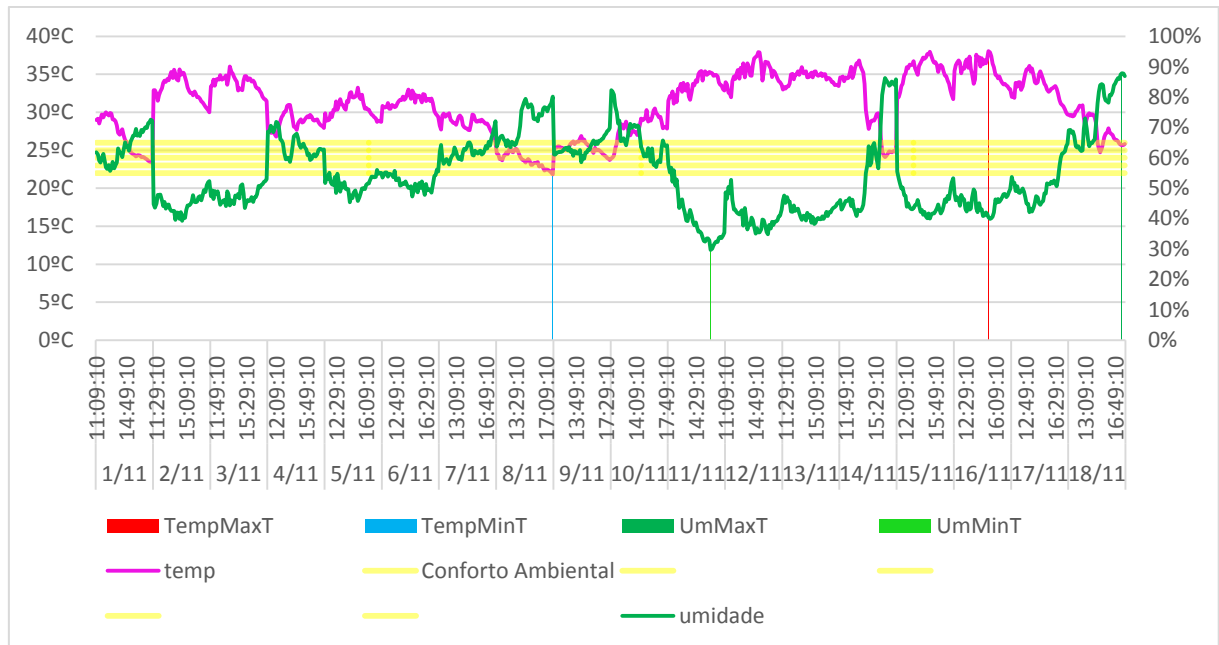
### 4.2.1 Análise do ambiente térmico no interior do galpão no experimento de validação

O ambiente térmico no interior do galpão apresentou registros de temperaturas que variaram entre 21°C e 38°C. A umidade relativa do ar teve variação entre 87% e 29%. A estação sazonal durante o período do experimento de validação foi a primavera.



A Figura 23 apresenta o gráfico com os dados de temperatura, umidade relativa do ar, e faixa de temperatura de conforto ambiental.

**Figure 23.** Gráfico de temperatura e umidade relativa do ar e suas máximas e mínimas.



Os dados de temperatura apontaram para um valor máximo de temperatura registrado de 38°C e a umidade relativa do ar registrado com 40%. Para a temperatura mínima registrada apontou o valor de 21,8°C e umidade relativa do ar registrou 80%.

A partir da análise dos dados do ambiente, e considerando os registros disponíveis de vídeos das aves, selecionou-se 2 vídeos dos seguintes dias e horários: 25/02/18 16:05, 28/02/18 06:56, que corresponderam a condições ambientais de 32,25°C e 49,05 %, 21,10°C e 71,91%, respectivamente. Estas amostras de vídeos foram escolhidas justamente por apresentarem diferenças de ambiente térmico bastante distintos, permitindo que o algoritmo fosse testado em situações que o comportamento de grupo das aves fosse bastante diferente.

#### 4.2.2 Teste do algoritmo de processamento e análise de imagens para o experimento de validação

O algoritmo elaborado no experimento piloto mostrou-se ineficiente para processar os vídeos gravados no segundo experimento, a luminosidade incidente no interior do galpão criou reflexo na serralagem da cama com alto brilho prejudicando o processo de identificação de

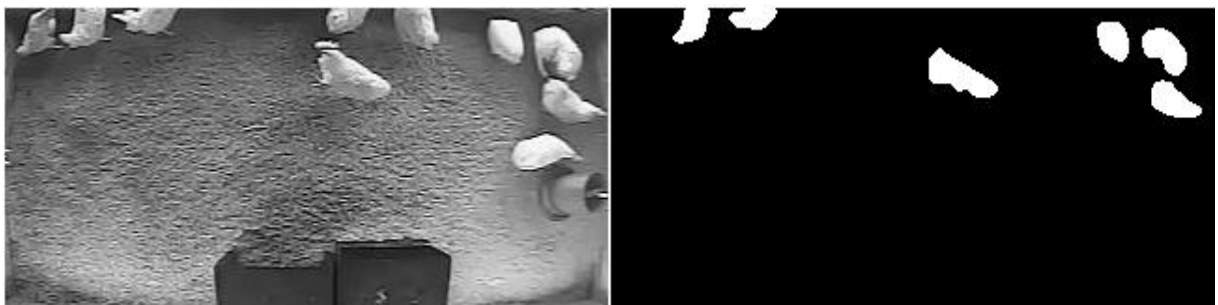
centros de massa, e cálculos referentes aos centros de massa. A Figura 24 apresenta a imagem com luminosidade excessiva incidente na serragem.

**Figure 24.** Imagem com excesso de brilho refletido na serragem.



Ajustes foram necessários para obter um nível excelente de qualidade, a implementação de filtros de ajuste, histograma de imagem promoveram bons resultados, mas em uma quantidade de frames do vídeo houve perda de aves que foram removidas da cena junto com os ruídos de imagem. Mesmo com o bom resultado de filtragem de ruídos e elementos que não são de interesse, houve perda de dados. A Figura 25 exibe as imagens com a quantidade de aves e a imagem binarizada com perda de dados.

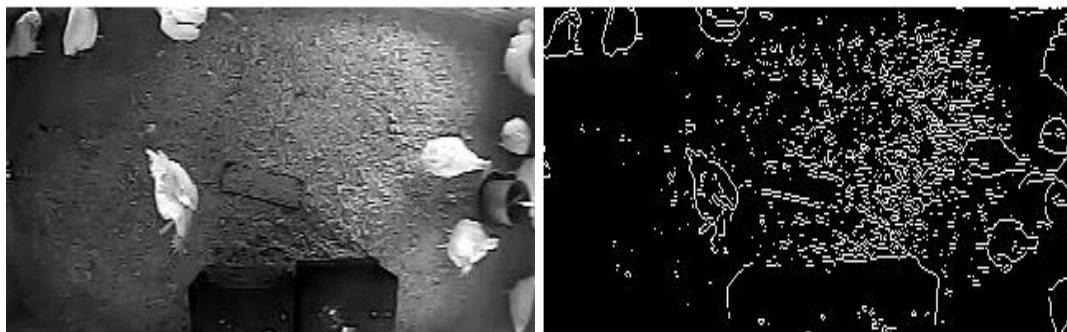
**Figure 25.** Imagem em escala de cinza e imagem binária com perda de dados.



Foram feitos vários testes com outras funções para serem agregadas ao algoritmo para resolver o problema da perda de dados e que demonstraram ser promissoras, como pode ser citado o caso do filtro que identifica apenas os contornos dos objetos binarizados. Foram elaborados testes com os comandos *edge* e agregados a este as funções *sobel*, *canny*, *prewit*, *robert*, *strel*. Todos estes testes obtiveram resultados pouco efetivo para solução do problema.

A Figura 26 apresenta o comando *edge* que foi utilizado em teste para identificar contornos de objetos na imagem, para solucionar a perda de objetos de interesse na imagem.

**Figure 26.** Aplicação do comando edge para realçar contornos de objetos na imagem.



Testes em outro *software*, com utilização de outros métodos foram iniciados na busca de encontrar a forma de não perder dados. Testes com descritores de imagem para representação de imagem, para identificar em seus canais a quantidade de luminosidade que existem presentes na imagem transformando em vetor. Foram testados os descritores de imagem BIC e o Haralick e também não houve sucesso com estes descritores. Utilizou-se o CIE-LAB que é um descritor de imagem e que apresentou melhores resultados, agrupou os elementos utilizando metodologia K-Means e em um dos grupos foi separado as aves do fundo, mas para outra imagem não foram separadas as aves do fundo.

Os resultados foram falhos pois a intensidade luminosa incidente mostrou ser um desafio potencial e que necessita de maior atenção e tempo para encontrar a formula correta para resolver este desafio. Pelo fato do algoritmo não ter sido eficiente, não foi possível calcular o índice de aglomeração e aplicar o teste estatístico para constatar as diferenças comportamentais no experimento de validação.

## 5. DISCUSSÃO

A proposta de estudar o comportamento animal por meio de câmeras de vídeo neste trabalho foi bem sucedida, pois no experimento piloto onde houve melhor controle da iluminação pôde-se verificar diferenças comportamentais. Kashiha et al. (2013) também verificaram a viabilidade de sistema de visão computacional para monitorar e identificar os movimentos de leitões em grupos. A metodologia aplicada por esses autores possui semelhanças com a metodologia aplicada neste trabalho. Em ambos para o tratamento das imagens aplicaram-se técnicas de segmentação e filtros para destacar os objetos de interesse do restante dos elementos da cena, tais como comedouro, bebedouro, o piso e outros elementos de enriquecimento ambiental que podem ser confundidos com os animais no processo automático

de processamento das imagens. O processo empregado demonstra de forma positiva a utilização das técnicas de processamento e análise de imagens para alcançar bons resultados na coleta de dados.

Outra similaridade encontrada nos trabalhos relatam a potencialidade de utilizar câmeras de monitoramento para avaliação de comportamentos de animais com eficiência por não serem intrusivas e não afetar no comportamento natural.

Nasirahmadi et al. (2015) desenvolveram um modelo para análise do comportamento de aglomeração de leitões em diferentes condições de temperatura. A estimativa dos resultados do trabalho foi um percentual de 95.8% de acerto para a estimativa de agrupamento em diferentes condições de temperatura do ambiente. Em temperaturas a partir de 22.3°C os animais se separam para troca de calor com o ambiente, em temperatura de 14.2°C os animais se aglomeraram. Estes resultados reforçam a importância do Índice de Aglomeração proposto neste trabalho, pois de fato é esperado e é possível estabelecer um padrão de comportamento de grupo em animais homeotermos em função do ambiente térmico de criação. Apesar de não ter sido possível repetir a aplicação do índice no experimento de validação, a diferença significativa encontrada no experimento piloto em condições de conforto e estresse por calor demonstram que a fórmula proposta é sensível para captar essas diferenças comportamentais.

Também corroboram com a metodologia aplicada neste trabalho com relação a aglomeração de animais em condições de temperatura ambiente diferentes. Foi utilizado no trabalho de Nasirahmadi et al. (2015), método de triangulação para determinar posição dos leitões a partir do centro de massa, calculado pela técnica de elipse de contorno para cada animal. Esta técnica obteve bom resultado e diferenciou-se deste trabalho por não empregar a técnica de elipse de contorno.

O estudo desenvolvido por Nasirahmadi et al. (2015) utilizaram os métodos aplicados por Kashiha et al. (2013), principalmente o emprego da técnica de contorno em elipse para identificar os animais. Essa técnica não foi testada neste trabalho, contudo pode ser acrescida no algoritmo com o objetivo de tentar resolver os problemas mencionados nos resultados do experimento de validação.

Os resultados obtidos apontaram a possibilidade de monitorar e identificar remotamente a movimentação de aves em diferentes ambientes de temperatura.

O software MatLab também foi utilizado em outros trabalhos para processamento e análise de imagens. Cidre (2012) estudou e elaborou uma *GUI* (Interface Gráfica com Usuário) para desenvolver um algoritmo para análise computacional de imagens de focos de cripta aberrantes (*AFC*), que conseqüentemente evoluem para adenoma-carcinoma e posteriormente

o cancro colo-retal. Seu trabalho utilizou para processamento de imagens o software Matlab empregando os processos utilizados em outros trabalhos. Os resultados obtidos foi a elaboração da *GUI* e a visualização das imagens resultantes para cada processo elaborado e anexado aos botões da *GUI*. Trata-se de um software com muitos recursos e de fácil e intuitivo uso, contudo, dada a complexidade específica das imagens, onde as aves são confundidas com o restante da cena, outros softwares específicos para análise de imagens podem ser considerados, por apresentarem mais recursos de segmentação de imagens.

Os métodos descritos e utilizados por Kashiha et al. (2013), Nasirahmadi et al. (2015), Cidre (2012), seguem uma mesma linha de desenvolvimento de algoritmo. Utilizam recorte na imagem para eliminar áreas que dificultam o processo de análise de imagem originando erros ao identificar elementos que não representam objetos de interesse (seja leitões, ou frangos), utilizaram filtros para realçar a imagem ( histograma de imagem, equalização de histograma), realizaram a binarização (utilizando segmentação limiarização, método de Otsu, ou função `im2bw` em Matlab), filtros para remover ruídos pertinentes na imagem binarizada para limpar todo o cenário e obter apenas objeto de interesse para elaborar cálculo de centro de massa, distancia euclidiana. Estes trabalhos indicam que o caminho a ser trilhado é promissor para a elaboração de processamento e análise de imagens para a extração de dados.

## 5.1. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Por problemas técnicos e de infraestrutura houve falha no fornecimento de energia e o HD de 500 GB instalado no DVR foi danificado e conseguiu-se recuperar parte das gravações, correspondente ao período da manhã com horários gravados entre 05:00 horas às 10:35 horas.

A dificuldade encontrada na elaboração do trabalho pode ser mencionada como a interferência de luminosidade no interior do galpão. Esta condição se agravou no experimento de validação, devido ao maior conjunto de filtros combinados para eliminar ou amenizar o efeito desta luz incidente na serragem e que reflete muito brilho e confunde o algoritmo ao processar, e binarizar a imagem.

Para exemplificar a dificuldade basta observar uma imagem recortada do experimento piloto e comparar com uma imagem recortada do experimento de validação. A Figura 27 exhibe as duas imagens recortadas com diferença de luminosidade incidente na serragem.

**Figure 27.** Imagens recortadas com diferença de luminosidade.



Cidre (2012), reportou problemas no processamento das imagens pela ausência de iluminação e em outros casos o excesso de iluminação, presença de líquidos e bolhas de ar que podem diminuir a eficácia do algoritmo desenvolvido.

Este tipo de problema relatado também ocorreu no desenvolvimento deste trabalho, direcionando para elaboração de filtros para obter apenas os objetos de interesse em destaque. A caixa de ninho inserida no galpão no experimento piloto foi o elemento complicador devido a cor do material se confundir com as aves. E ao processar as imagens sem a aplicação de filtros incluía partes dela na binarização e comprometia a obtenção das medidas de aglomeração.

Para o experimento de validação proposto, duas caixas de ninho foram pintadas de preto fosco e inseridas no galpão para evitar o erro de processamento. Isto foi positivo e obteve sucesso nesta ação, porém o problema de excesso de luminosidade fez com que a serragem se confundisse com as aves.

Animais que em alguns *frames* se posicionaram nos cantos escuros do galpão não foram identificados na binarização, o que consiste em um problema a ser resolvido.

## 6. TRABALHOS FUTUROS

Devido ao encerramento do tempo destinado ao curso de mestrado, deixo como sugestão para trabalhos futuros as investigações que podem serem feitas na melhoria deste trabalho.

É necessário melhor preparar o ambiente do experimento, pois trabalhar apenas no código não garante eficiência na coleta de dados na análise de imagens. O ambiente do experimento deve ser favorável e oferecer condições de obter dados confiáveis.

Pode ser investigado a utilização de lâmpadas artificiais de *led* no interior das instalações para evitar pontos escuros e potenciais camuflagem de animais.

Adotar medidas para que não haja no galpão interferência da iluminação externa, principalmente da iluminação solar que é muito intensa.

Reorganizar os filtros, ou utilizar outros métodos para remover todos os ruídos pertinentes sem perder objetos de interesse. Os filtros aplicados na sequência lógica apresentaram eficiência, mas também eliminaram em alguns *frames* elementos importantes.

## 7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, o algoritmo desenvolvido e aplicado no experimento piloto foi capaz de identificar as aves do restante da imagem por meio do processamento digital das imagens permitindo calcular e testar um Índice de Aglomeração.

O Índice de Aglomeração foi testado em dois vídeos cujas temperaturas eram dentro e acima da zona de conforto térmico, e observou-se diferenças significativas na aglomeração das aves, indicando que este índice pode ser aplicado em sistemas de visão computacional para estimar o conforto térmico de um grupo de galinhas poedeiras.

Não foi possível validar o algoritmo de processamento e análise de imagens em outras imagens, pois o processo de segmentação proposto não foi eficiente em situações de iluminação diferente. Há necessidade de desenvolver um algoritmo capaz de segmentar as aves com mais eficiência.

A utilização de visão computacional aliado a análise de comportamento de grupo são promissores para monitorar e indicar o bem-estar térmico de galinhas poedeiras.

## 8. REFERÊNCIAS

- ABDELQADER, A.; AL-FATAFTAH, A. R. Thermal acclimation of broiler birds by intermitent heat exposure, **Journal of Thermal Biology**, v.39, p. 1-5, 2014.
- ALCAIM, A. and OLIVEIRA, C., **Fundamentos do processamento de sinais de voz e imagem**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, V.66, n.68, p.70-0, 2011.
- AL-FATAFTAH, A.R.; ABDELQADER, A. Effects of dietary *Bacillus subtilis* on heat stressed broilers performance, intestinal morphology and microflora composition, **Animal Feed Science and Technology**, v. 198, p. 279-285, 2014.
- ALVINO, G. M.; TUCKER, C. B.; ARCHER, G. S.; MENCH, J. A. Astroturf as a dustbathing substrate for laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 146, n. 1-4, p. 88-95. 2013.
- ARANHA, J.A.M.; DIAS, A.M. ARANHA, C.P.M. Aplicação da Visão Computacional no Agronegócio, In: **ECAECO,7, SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL,2**, 2014, Ponta Porã MS.
- AURREKOETXEA, A.R.; ESTEVEZ, I. Aggressiveness in the domestic fowl: Distance versus attitude, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 153, p. 68-74, 2014.
- AVIDAN, S., Ensemble tracking. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, V.29, n(2). 2007.
- BATISTA, E. S. ; PEREIRA, D. F. ; SANCHES, F. T. ; COSTA, M. A. G. ; NAGAI, D. K. ; SOARES, N. M. ; TOGASHI, C. K. ; BUENO, L. G. F. . Comportamento de uso do ninho e desempenho produtivo de poedeiras alojadas em diferentes densidades e tamanhos de grupo. **Educação Agrícola Superior**, v. 27, p. 119-123, 2012.
- BERGMANN, S.; SCHWARZER, A.; WILUTZKY, K.; LOUTON, H.; BACHMEIER, J.; SCHMIDT, P.; ERHARD, M.; RAUCH, E. Behavior as welfare indicator for the rearing of broilers in an enriched husbandry environment—A field study. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research**. p. 90-101. 2017.
- BRANTSÆTER, M.; TAHAMTANI, F. M.; NORDGREEN, J.; SANDBERG, E.; HANSEN, T. B.; RODENBURG, T. B.; MOE, R. O.; JANCZAKA, A. M. Access to litter during rearing and environmental enrichment during production reduce fearfulness in adult laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 189, p.49-56. 2017.
- BRENDLER, C.; SCHRADER, L. Perch Use by Laying Hens in Aviary Systems, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 182, p. 09-14, junho 2016.
- BROOM, D.M. Welfare of Animals: Behavior as a Basis for Decisions. **Reference Module in Life Sciences**. p. 1-4. 2017.
- CIDRE, D.C. M. **Análise Computacional de Imagens de Focos de Criptas Aberrantes**. Porto Universidade do Porto FEUP 2012, 122 f., Dissertação (mestrado)- Mestrado em Engenharia Biomédica, Universidade do Porto, 2012 Portugal.



CAETANO, A.C.M. Visão computacional como possibilidade de interatividade em trabalhos artísticos, **ENCONTRO INTERNACIONAL DE ARTE E TECNOLOGIA**, 8, Brasília/DF: Instituto de Arte/Departamento de Artes Visuais/UnB, 2009. p. 30-35.

CAMPDERRICH, I.; LISTE, G.; ESTEVEZ, I. Group size and phenotypic appearance: Their role on the social dynamics in pullets, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 189, p. 41-48, 2017.

CASTILHO, V. A. R. ; GARCIA, R. G. ; LIMA, N. D. ; NUNES, K. C. ; CALDARA, F. R. ; NÄÄS, I. A. ; BARRETO, B. ; JACOB, F. G. . Bem-estar de Galinhas Poedeiras em Diferentes Densidades de Alojamento. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, p. 122-131, 2015.

CHAN, L.T.; KNIGHT, Z. A., Regulation of body temperature by nervous system, **Neuron**, v. 98, p. 31-43, 2018.

COSTA, A.; ISMAYILOVA, G.; BORGONOV, F.; VIAZZI, S.; BERCKMANS, D.; GUARINO, M. Image-processing technique to measure pig activity in response to climatic variation in a pig barn. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1075–1083, 2014.

COSTA, E.M.S.; DOURADO, L.R.B.; MERVAL, R.R., Medidas para avaliar o conforto térmico em aves, **PUBVET**, v. 6, n. 31, Ed. 218, Art. 1452, 2012.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL - FAWC. **Farm animal welfare in great britain: past, present and future**. London, p. 1-59., 2009.

FARIAS, D., **Trabalhos Práticos Análise e Processamento de imagens**, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto FEUP, dissertação de mestrado, Mestrado em Engenharia Biomédica, p. 44, 2010.

FERREIRA, V. M. O. S. ; FRANCISCO, NS ; BELLONI, M ; AGUIRRE, G.M.Z ; CALDARA, F. R. ; NÄÄS, I.A ; GARCIA, R.G. ; ALMEIDA P.A.Z, I C L ; POLYCARPO, GV . Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 13, p. 113-118, 2011.

FILHO, J. A. D. B.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N.; SILVA, C. J. M. ,Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens, **Eng. Agrícola, Jaboticabal**, v. 27, n. 1, p. 93-99, 2007.

FUKUNAGA, T., KUBOTA, S., ODA, S. and IWASAKI, W., GroupTracker: Video tracking system for multiple animals under severe occlusion. **Computational biology and chemistry**, V.57, pp.39-45, 2015.

GALVÃO, W. C. **Desenvolvimento de um Aplicativo para Processamento de Imagens Obtidas por Fotografias Aéreas**, Botucatu 2015, 69 f, Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu 2015.

GAO,Y., GAO, X., ZANG, X. The 2 °C Global Temperature Target and the Evolution of the Long-Term Goal of Addressing Climate Change—From the United Nations Framework Convention on Climate Change to the Paris Agreement, **Engineering**, p. 272-278, 2017.

GOUS, R.M. Nutritional limitations on growth and development in poultry, **Livestock Science**, v. 130, p. 25-32, 2010.

GUINEBRETIERE, M.; MICHEL, V.; ARNOULD, C. Dustbathing, pecking and scratching behaviours of laying hens in furnished cages are enhanced by the presence of rubber mats and litter distribution. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 171, p. 128-137. 2015.

GUINEBRETIERE, M.; BEYER, H.; ARNOULD, C. MICHEL, V. The choice of litter material to promote pecking, scratching and dustbathing behaviours in laying hens housed in furnished cages. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 155, p. 56-65. 2014.

HESTER, P. Y. Chapter 8 – Enrichments in Cages. **Egg Innovations and Strategies for Improvements**. p. 77-88. 2017.

HOROWITZ, M., Aclimação Calor: plasticidade fenotípica e pistas para o mecanismos moleculares subjacentes. **J. Therm. Biol.** V.26, p.357 – 363, 2001.

HUANG, Y., LAN, Y., THOMSON, S. J., FANG, A., HOFFMANN, W. C., & LACEY, R. E. Development of soft computing and applications in agricultural and biological engineering. **Computers and Electronics in Agriculture**, V.71, n.(2), 107-127, 2010.

HUNNIFORD, M. E.; WIDOWSKI, T. M. Rearing Environment and Laying Location Affect Pre-laying Behaviour in Enriched Cages, **Applied Behaviour Science**, v. 181, p. 205-213, maio 2016.

HUNNIFORD, M.E.; TORREY, S.; BEDECARRATS, G.; DUNCAN, I.J.H. Evidence of competition for nest sites by laying hens in large furnished cages, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 161, p. 95-104, 2014.

HUO, X.; NA-LAMPANG, P. Effects of stocking density on feather pecking and aggressive behavior in Thai crossbred chickens. **Agriculture and Natural Resources**. v. 50, n. 5, p. 396-399. 2016.

HY LINE INTERNATIONAL. Guia de Manejo poedeiras comerciais w-80, Janeiro 2016, p. 36, Disponível em <<www.hyline.com>> , acesso em 21/06/2018.

H&N INTERNATIONAL, Guia de Manejo NICK CHICK poedeiras de ovos brancos, p. 21, 2016, Disponível em<< www.hnavicultura.com.br>>, Acesso em 29/06/2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **CLIMATE CHANGE 2014 Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers and Technical Summary Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Shanghai, 2015. Disponível em:< [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WGIIIAR5\\_SPM\\_TS\\_Volume.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume.pdf)>, ISBN: 978-92-9169-142-5, 2015.

JESUS, E. O., JUNIOR, R. C. A Utilização de Filtros Gaussianos na Análise de Imagens Digitais, **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, v.3, n.1, 2015.

KARIMI, V., KARAMI, E., KESHAVARZ, M. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran, **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17(1), p. 1-15, 2018.

KASHIHA, M.; BAHR, C.; OTT, S.; MOONS, C.P.H.; NIEWOLD, T.A.; ÖDBERG, F.O.; BERCKMANS, D. Automatic Identification of Marked Pigs in a Pen Using Image Pattern Recognition, **Computers and Electronics in Agriculture**. V.93, p. 111-120, 2013.

KASHIHA, M. A.; BAHr, C.; OTT, S.; MOONS, C. P. H.; NIEWOLD, T. A.; TUYTTENS, F.; BERCKMANS, D. Automatic monitoring of pig locomotion using image analysis. **Livestock Science**, v. 159, p. 141–148. 2014.

KEELING, L.J.; NEWBERRY, R.C.; ESTEVEZ, I. Flock size during rearing affects pullet behavioural synchrony and spatial clustering, **Applied Animal Behaviour Science**, v 194, p. 36-41, 2017.

KUHNE, F.; SAUERBREY, A.F.C.; ADLER, S. The discrimination learning task determines the kind of frustration related behaviours in laying hens( *Gallus gallus domesticus*), **Applied Animal Behaviour Science**, v. 148, p. 192-200, 2013.

LAO, F.; BRANDL, T.B.; STINN, J.P.; LIU, K.; TENG, G.; XIN, H. Automatic recognition of lactating sow behaviours through depth image processing, **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 125, p. 56-62, 2016.

LENTFER, T.L.; HENRICH S.G.G.; FRÖHLICH, E.K.F.; BORELL, E.V. Influence of nest site on the behavior of laying hens, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 135, p. 70-77, 2011.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens, **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 144, p. 11-17, 2006.

LINARES, J.A., MARTIN, M. Poultry: Behavior and Welfare Assessment. **Encyclopedia of Animal Behavior**. p. 750-756. 2010.

LIU, K.; XIN, H. Effects of horizontal distance between perches on perching behaviors of Lohmann hens, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 194, p. 54-61, 2017.

LUDTKE, C; COSTA; O.A. D. ROHR, S.A. COSTA, F.S.D. **Bem-estar animal na Produção de Suínos: transporte**, Brasília DF, ABCS, Sebrae, 2016.

MCADIE, T.M.; KEELING, L.J. The social transmission of feather pecking in laying hens: effects of environment and age, **Applied Animal Behaviour Science**, v. 75, p. 147-159, 2002.

MAHADEVAN, V.; LI, W.; BHALODIA, V.; VASCONCELOS, N., Anomaly detection in crowded scenes. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 **IEEE Conference on** (pp. 1975-1981), 2010.

MALBURG, M. M. **Filtro Sigma para Detecção de Bordas para Cancelamento de Ruído Gaussiano em Imagem Preto e Branco**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, monografia, 2005.

MEHDIZADEH, S.A.; NEVES, D.P.; TSCHARKE, M.; NÄÄS, I.A.; BANHAZI, T.M. Image analysis method to evaluate beak and head motion of broiler chickens during feeding, **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 114, p. 88-95, 2015.

MENDES, C.C.T.; FRÉMONT, V.; WOLF, D.F., Exploiting Fully Convolutional Networks for Fast Road Detection. In 2016 **IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)**, 2016.

MENG, F.; CHEN, D. LI, X. LI, J. BAO, J. The Effect of Large or Small Furnished Cages on Behaviours and Tibia Bone of Laying Hens, **Journal of Veterinary Behavior**, v.17, p. 69-73, set. 2017.

MOESTA, A.; KNIERIM, U.; BRIESE, A.; HARTUNG, J. The effect of litter condition and depth on the suitability of wood shavings for dustbathing behaviour. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 115, n. 3-4, p. 160-170. 2008.

MOREIRA, J ; MENDES, A. A. ; GARCIA, R. G. ; GARCIA, E. A. ; Roça, RO ; Nääs, IA ; Dalanezi, A J ; Pelícia, K . Evaluation of strain, dietary energy level and stocking density on broiler feathering. **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, SP, v. 8, n.1, p. 115-122, 2006.

MOREIRA, A.C., Métodos para Segmentação Binária para Imagens em Tons de Cinza, LFNATEC Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada, v.15, n.2, 2011.

NASIRAHMADI, A.; RICHTER, U.; HENSEL, O.; EDWARDS, S.; STURM, B.; Using Machine vision for Investigator of Changes in Pig Group Lying Patterns, **Computers And Electronics in Agriculture**, v. 119, p. 184-190, 2015.

NARDONE, N.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNANBUCCI, U., Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems, **Livestock Science**, v.130, p.57-69, 2010.

NUNES, K. C. ; NÄÄS, I. A ; SANTANA, M. R. ; CALDARA, F. R., Efeito da temperatura ambiente e energia na ração de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 839-845, 2014.

OTSU, N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, in **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, Jan. 1979. doi: 10.1109/TSMC.1979.4310076

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. Evaluation of the Behavior of Piglets in Different Heating Systems using Analysis of Image and Electronic Identification. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**.v. 7, Manuscript BC 03 021, 2005.

PEIXOTO, F.M.; REBOUÇAS, E.S. XAVIER, F.L. de G. FILHO, P.R. P. Desenvolvimento de um Software para cálculo da densidade de nódulos de grafita em ferro fundido nodular através de Processamento Digital de Imagens, **REVISTA MATERIA** , v. 20, n. 01, p. 262-272, Maracanaú CE, 2015.

PEREIRA, D. F.; NÄÄS, I. A. Estimating the Thermoneutral Zone For Broiler Breeders Using Behavioral Analysis, **ScienceDirect**, v. 62, p. 02-07, 2008.

PEREIRA, D. F.; MIYAMOTO, B.B.C.; MAIA, G.D.N.; SALES, T.G.; MAGALHAES, M.M.; GATES, R.S. Machine vision to identify broiler breeder behavior, **Computers and Electronics in Agriculture**, V. 99, P. 194-199, 2013.

PEREIRA, A. S.; SILVA, A. C.; NOBRE, C. A.; TASSARA, E. T. O.; RUTKOWSKI, E. W.; GÂNDARA, F. B.; OLIVEIRA, G. S.; ARDANS-BONIFACINO, H. O.; SENRA, J. B.; VASCONCELOS, J. D. T.; MELLO, L. F.; SORRENTINO, M.; ARTAXO NETTO, P. E.; KAGEYAMA, P. Y.; TRAJBER, R.; PINA, S. A. M.G. **Mudanças Climáticas e Mudanças Socioambientais Globais: reflexões sobre alternativas de futuro** / coordenação de Eda Terezinha de Oliveira e organização de Emília Wanda Rutkowski. – Brasília: UNESCO, IBICC, 2008. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001918/191897POR.pdf>> Acesso em 22/05/2018. ISBN: 978-85-7652-083-2.

PIESTUN, Y.; HALEVY, O.; SHINDER, D.; RUZAL, M.; YAHAV, S. Thermal manipulations during broiler embryogenesis improves post hatch performance under hot condition, **Journal of Thermal Biology**, v. 36, p. 469-479, 2011.

PIZZUTTO, C.S.; SCARPELLI, K.C. ROSSI, A.P. CHIOZZOTTO, E.N. LESCHONSKI, C. Bem-estar no cativeiro: um desafio a ser vencido, **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP** / Publicação do Conselho Regional de Medicina Veterinária, v. 11; n. 2; 2013.

QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. Introdução ao Processamento Digital de Imagens, **Revista RITA**, v. 3, n 1, Departamento de Sistemas e Computação, UFCG; 2001.

RADFAR, M.; ROGIEWCZ, A.; SLOMINSKI, B.A. Chemical composition and nutritive value of canola quality brassica juncea meal for poultry and the effect of enzyme supplementation, **Animal Feed Science and Technology**, v 225, p. 97-108, 2017.

RIBEIRO, B.G.; ABRAAO, C.P. NERY, M.C. NACIMENTO, R.M. REZENDE, J.C. FIALHO, C.T.M. Image analysis of coffee seeds submitted to the LERCAFE test, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá PR, v. 38, n. 3, p. 355-361, 2016.

SEEBACHER, F., The evolution of metabolic regulation in animals, **Comparative Biochemistry and Physiology Parte B**, 2017.

SHAO, B.; XIN, H. A real-time computer vision assessment and control of thermal comfort for group-housed pigs. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 62, n.1, p. 15-21. 2008.

SHEN, P. N.; LEI, P.K.; LIU, Y.C.; HAUNG, Y.J.; LIN, J.L. Development of a temperature measurement system for a broiler flock with thermal imaging, **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. p. 1-5, 2016.

SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental. Os animais e seu ambiente**, Jaboticabal SP, Funep, p. 393, ISBN: 978-85-7805-015-3, 2008.

SINKALU, V.O.; AYO, J.O. ADELAIE, A. B. HAMBOLU, J. O. Melatonin Modulates Tonic Immobility and Vigilance Behavioural Responses of Broiler Chickens to Lighting Regimens During the Hot-dry Season, **Physiology & Behavior**, v.165, p. 195-201, 2016.

SO-IN, C.; POOLSANGUAN, S.; RUJIRAKUL, K. A hybrid mobile environmental and population density management system for smart poultry farms, **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 109, p. 287-301, 2014.

SONG, J.; JIAO, L.F.; XIAO, K.; LUAN, Z.S.; HU, C.H.; SHI, B.; ZHAN, X.A. Cello oligosaccharide ameliorates heat stress induced impairment of intestinal microflora, morphology and barrier integrity in broilers, **Animal Feed Science and Technology**, v.185, p. 175-181, 2013.

SOUZA, L.F.A.; ESPINHA, L.P. ALMEIDA, E.A. LUNEDO, R. FURLAN, R.L. MACARI, M. How Heat Stress(continuous or cyclical) Interferes With Nutrient Digestibility, Energy and Nitrogen Balance and Performance in Broilers, **Livestock Science**, v.192 p. 39-43, Agosto 2016.

SZÉLIGA, M.R.; **Sistema Óptico Baseado em Visão Computacional para Obtenção de Níveis de Turbulência na Superfície de Escoamentos Livres com Aplicação na Determinação de Parâmetros Relacionados com a Reoxigenação de Meio Líquido**, São Carlos, 2003. 240p. Tese (doutorado), Universidade de São Paulo Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

SZELISKI, R.; Computer vision: algorithms and applications. **Springer Science & Business Media**, 2010.

TAHAMTANI, F.M. FORKMAN, B. HINRICHSSEN, L.K. RIBER, A.B. Both Feather Peckers and Victims are More Asymmetrical than Control Hens, **Applied Animal Behaviour Science**, Elsevier, 2017.

UBA- União Brasileira de Avicultura, **Protocolo de Bem-estar para Aves Poedeiras**, São Paulo, 2008.

YAHAV, S.; GOLDFELD, S.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature, **Journal Thermal Biology**, v.20. p. 245-253, 1995.

ZHANG, S.S.; SU, H.G. ZHOU, Y. LI, X.M. FENG J.H. ZHANG, M.H. Effects of Sustained Cold and Heat Stress on Energy Intake, Growth and Mitochondrial Function of Broiler Chickens, **ScienceDirect**, v. 15, n 10, p. 2336-2342, fevereiro 2016.

ZHANG, W., KONG, L., ZHANG, D., JI, C., ZHANG, X., LUO, Q., effects of the C.-388 A>G polymorphism in chicken heat shock transcription factor 3 gene on heat tolerance, **Journal of Integrate Agriculture**, v.14, n. 9, p. 1808-1815, 2015.

ZULKIFLI, I.; LIEW, P.K.; ISRAF, D.A.; OMAR, A.R.; BEJO, M.H. Effects of early age feed restriction and heat conditioning on heterophil/lymphocyte ratios, heat shock protein 70 expression and body temperature of heat stressed broiler chickens, **Journal of Thermal Biology**, v. 28, p. 217-222, 2003.

ZUO, J., PULLEN, S., PALMER, J., BENNETTS, H., CHILESHE, N., MA, T., Impacts of Heat Waves and Corresponding Measures: a Review, **Journal of Cleaner Production**, v.02, p. 1-12, 2015.

## 9. ANEXO I

Código fonte do experimento piloto.

```

clc;
close all;
clear all; % Limpa as memórias para a execução do programa.

video      = 'C:\videos_da_pesquisa\VideosParaProcessar\52_01_R_26022018092000.avi';
%Declara o endereço do vídeo em uma variável
arqcentroide = 'C:\videos_da_pesquisa\MatlabCentroides-21C.txt'; %Declara o endereço do
arquivo em uma variável
distcentroide = 'C:\videos_da_pesquisa\MatlabDistancias-21C.txt'; %Declara o endereço do
arquivo que grava as distâncias entre centroides
dadosresumidos = 'C:\videos_da_pesquisa\MatlabDadosResumidos-21C.txt'; %Declara o
endereço do arquivo que grava os dados resumidos por frame

a = VideoReader(video); % Carrega o vídeo de interesse
fid = fopen(arqcentroide,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de dados do
processamento
fprintf(fid,'%6s %12s %15s\r\n', 'Ncg','Xc','Yc');
fclose(fid); % Fecha o arquivo para não corromper

fid2 = fopen(dadosresumidos,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de
dados do processamento
fprintf(fid2,'%15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s\r\n',
'Frame','#Aglom','Dmedia','Dmin','Dmax', 'Dstd', 'Amedia','Amin','Amax', 'Astd',
'Pmedia','Pmin','Pmax', 'Pstd');
fclose(fid2); % Fecha o arquivo para não corromper

numFrames= a.NumberOfFrames; % Conta o número de frames do vídeo

for t=1:30: numFrames; % Prepara o loop de processamento desde frame 1 até o frame final de
dois em dois

    pause(1/4000); % pausa o processamento do sistema em 1/100 segundos (após o loop, dá
tempo de plotar as coordenadas e centros de gravidade)
    currFrame= read(a,t);
    I = imcrop(currFrame, [0 35 330 165]); %Seleciona a área a ser processada e descarta a área
que não é de interesse

    k = rgb2gray(I); % Converte a imagem colorida original em grayscale (Tons de cinza)

    k0 = k-19; %ajuste do brilho da imagem subtraindo um constante para eliminar reflexo

    k1 = imgaussfilt(k0, 2); %Aplica filtro para suavizar a imagem

    w = im2bw(k1); % Converte a imagem grayscale (Tons de cinza) em preto e branco

    BW = bwareaopen(w, 200); % o número ajusta a intensidade de aplicação do filtro

```



```

BW1 = imfill(BW,'holes'); % Filtro para Preenchimento de buracos da imagem binária

KFC = medfilt2(BW1); %aplicação do 1º filtro de mediana
KFC1 = medfilt2(KFC); %aplicação do 2º filtro de mediana
KFC2 = medfilt2(KFC1); %aplicação do 3º filtro de mediana
KFC3 = medfilt2(KFC2); %aplicação do 4º filtro de mediana
KFC4 = medfilt2(KFC3); %aplicação do 5º filtro de mediana

BW2 = imfill(KFC4,'holes'); % preenchimento de buracos da imagem filtrada

figure(1), subplot(2,2,1), imshow(currFrame);
figure(1), subplot(2,2,2), imshow(k);
figure(1), subplot(2,2,3), imshow(BW);
figure(1), subplot(2,2,4), imshow(BW2);

Ilabel = bwlabel(BW2);
progIndication = sprintf('Frames %4d of %d.', t, numFrames); % Variável que recebe o
Indicador de número do frame em processamento no console do Matlab
disp(progIndication); % Imprime o Indicador de número do frame em processamento no
console do Matlab
stat = regionprops(Ilabel,'centroid'); % Inicio cálculo dos Centroides de cada area
representativa de ave

area = regionprops('table', Ilabel, 'area');
perimetro = regionprops('table', Ilabel, 'perimeter');

for x = 1: numel(stat) % Loop para cálculo desde 1 a todas as aves encontradas
    xc = stat(x).Centroid(1);
    yc = stat(x).Centroid(2);

    A = [x; xc; yc]; % Variável "A" recebe o vetor com Valor do Numero do centro de
    gravidade, coordenada xc e coordenada yc

    fid = fopen(arqcentroide,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de
    dados do processamento
    fprintf(fid,'%6.1f %12.2f %18.3fr\n',A); % Registra no arquivo os valores da variável "A"
    fclose(fid); % Fecha o arquivo para não corromper os dados

    XC(x)=xc; % Cria nova variável para xc e cálculo do delta das distâncias euclidianas
    YC(x)=yc; % Cria nova variável para yc e cálculo do delta das distâncias euclidianas
end

j = 0; % Reinicia o contador do vetor de distancias como zero

for do = 1: numel(stat)-1
    for dd = do+1:numel(stat) % Loop para cálculo das distâncias Euclidianas.
        % Formula distância utilizada = sqrt((x2-x1).^2 + (y2-y1).^2)

```

```

j = j+1; % Incremento do contador

delta_x = XC(dd) - XC(do);
delta_y = YC(dd) - YC(do);
pixel_distance = sqrt((delta_x)^2+((delta_y)^2); % Cálculo final da Distancia
Euclidiana em pixels.
Distancia_Normalizada=abs(pixel_distance); % Normalização para ajuste da
quantidade de pixels da imagem processada
fid1 = fopen(distcentroide,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de
dados do processamento
A1 = [do; dd; Distancia_Normalizada]; % Variável "A1" recebe o vetor com Valor do
Numero do par de centroides em análise e a Distância Normalizada obtida
fprintf(fid1,'%6.1f %12.2f %18.3f\r\n',A1); % Registra no arquivo os valores da
variável "A1"
fclose(fid1); % Fecha o arquivo para não corromper os dados

VetorDistancias(j) = Distancia_Normalizada; % Grava distância do-dd no vetor

end
end

DistMedia = mean(VetorDistancias);
DistMin = min(VetorDistancias);
DistMax = max(VetorDistancias);
DistStd = std(VetorDistancias);

area = table2array(area); %Converte Tabela e Vetor
AreaMedia = mean(area);
AreaMin = min(area);
AreaMax = max(area);
AreaStd = std(area);

perimetro = table2array(perimetro); %Converte Tabela e Vetor
PerimetroMedio = mean(perimetro);
PerimetroMin = min(perimetro);
PerimetroMax = max(perimetro);
PerimetroStd = std(perimetro);

A2 = [t; numel(stat); DistMedia; DistMin; DistMax; DistStd; AreaMedia; AreaMin;
AreaMax; AreaStd; PerimetroMedio; PerimetroMin; PerimetroMax; PerimetroStd]; %
Variável "A2" recebe os valores: número do frame, numero do centroide e distancias, areas e
perímetros médio, min, max e desvios padrão

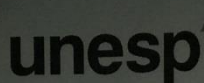
fid2 = fopen(dadosresumidos,'a+'); %Cria o arquivo MatLabDadosResumidos
fprintf(fid2,'%15.1f %15.1f %15.1f %15.1f %15.2f %15.1f %15.1f %15.1f %15.1f %15.1f
%15.1f %15.2f %15.1f %15.1f\r\n',A2); % Registra no arquivo os valores da variável "A2"
fclose(fid2); % Fecha o arquivo para não corromper os dados

end

```

## 10. ANEXO II

Certificado da CEUA para realização do experimento de validação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Tupã



### Comissão de Ética no Uso de Animais

# Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "**Visão computacional para estimativa de comportamento de aglomeração de galinhas poedeiras**", registrada com o nº **05/2018 – CEUA**, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). **Danilo Florentino Pereira** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa** – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências e Engenharia da UNESP - Câmpus de Tupã, em reunião de **23/08/2018**.

Tupã, 24 de agosto de 2018.

*Diogo Sartori*  
Diogo de Lucca Sartori  
Prof. Assistente Doutor  
FCE - UNESP/Tupã

**Prof. Dr. Diogo de Lucca Sartori**

Presidente da Comissão de Ética em Uso de Animais

Faculdade de Ciências e Engenharia  
Av. Domingos da Costa Lopes, 780 – Jardim Itaipu – CEP 17.602-496 - Tupã - SP  
Fone (14) 3404-4200 – Fax (14) 3404-4201 – [www.tupa.unesp.br](http://www.tupa.unesp.br)  
CNPJ. 48.031.918/0031-40

## ANEXO I

Orientação Técnica CONCEA nº 8, de 18.03.2016 – DOU de 21.03.2016

Expediente CEUA nº **05/2018**

|                                |                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Finalidade</b>              | ( ) Ensino      ( X ) Pesquisa Científica |
| <b>Vigência da Autorização</b> | 03/09/2018 a 31/12/2018                   |
| <b>Espécie/Linhagem/Raça</b>   | ave / Nick Chick / não definida           |
| <b>Número de Animais</b>       | 10                                        |
| <b>Peso/Idade</b>              | não especificado / 58 semanas             |
| <b>Sexo</b>                    | fêmea                                     |
| <b>Origem</b>                  | granja                                    |

## 11. ANEXO III

Código fonte do Experimento de Validação.

```

clc;
close all;
clear all; % Limpa as memórias para a execução do programa.

video    = 'C:\videos_da_pesquisa\VideosParaProcessar\52_01_R_26022018092000.avi';
%Declara o endereço do video em uma variável
arqcentroide = 'C:\videos_da_pesquisa\MatlabCentroides-21C.txt'; %Declara o endereço do
arquivo em uma variável
distcentroide = 'C:\videos_da_pesquisa\MatlabDistancias-21C.txt'; %Declara o endereço do
arquivo que grava as distâncias entre centroides
dadosresumidos = 'C:\videos_da_pesquisa\MatlabDadosResumidos-21C.txt'; %Declara o
endereço do arquivo que grava os dados resumidos por frame

a = VideoReader(video); % Carrega o vídeo de interesse
fid = fopen(arqcentroide,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de dados do
processamento
fprintf(fid,'%6s %12s %15s\r\n', 'Ncg','Xc','Yc');
fclose(fid); % Fecha o arquivo para não corromper

fid2 = fopen(dadosresumidos,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de
dados do processamento
fprintf(fid2,'%15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s %15s\r\n',
'Frame','#Aglom','Dmedia','Dmin','Dmax', 'Dstd', 'Amedia','Amin','Amax', 'Astd',
'Pmedia','Pmin','Pmax', 'Pstd');
fclose(fid2); % Fecha o arquivo para não corromper

numFrames= a.NumberOfFrames; % Conta o número de frames do vídeo
for t=1:30: numFrames; % Prepara o loop de processamento desde frame 1 até o frame final de
dois em dois
    pause(1/4000); % pausa o processamento do sistema em 1/100 segundos (após o loop, dá
tempo de plotar as coordenadas e centros de gravidade)
    currFrame= read(a,t);
    I = imcrop(currFrame, [30 55 1150 150]); %Seleciona a área a ser processada e descarta a
área que não é de interesse

    k = rgb2gray(I); % Converte a imagem colorida original em grayscale (Tons de cinza)

    I2 = imadjust(k, stretchlim (k), []); % imadjust-aumenta o contraste da imagem de saída---
stretchlim-Ajuste o contraste na imagem usando stretchlimpara definir os limites

    J = histeq (I2); %Melhore o contraste de uma imagem de intensidade usando equalização de
histograma.

    k0 = J-45; %ajuste do brilho da imagem subtraindo um constante para eliminar reflexo

    k1 = imgaussfilt(k0, 2); %Aplica filtro para suavizar a imagem

```



```

w = im2bw(k1); % Converte a imagem grayscale (Tons de cinza) em preto e branco

bw5 = bwareafilt(w,[90 2000]); % filtra as areas entre 90 e 2000 pixels para exibir..

BW1 = imfill(bw5,'holes'); % Filtro para Preenchimento de buracos da imagem binária

KFC = medfilt2(BW1); %aplicação do 1º filtro de mediana
KFC1 = medfilt2(KFC); %aplicação do 2º filtro de mediana
KFC2 = medfilt2(KFC1); %aplicação do 3º filtro de mediana
KFC3 = medfilt2(KFC2); %aplicação do 4º filtro de mediana
KFC4 = medfilt2(KFC3); %aplicação do 5º filtro de mediana

BW = bwareaopen(KFC4, 200); % o número ajusta a intensidade de aplicação do filtro

BW2 = imfill(BW,'holes'); % preenchimento de buracos da imagem filtrada

figure(1), subplot(2,2,1), imshow(currFrame);
figure(1), subplot(2,2,2), imshow(k);
figure(1), subplot(2,2,3), imshow(BW);
figure(1), subplot(2,2,4), imshow(BW2);

llabel = bwlabel(BW2);
progIndication = sprintf('Frames %4d of %d.', t, numFrames); % Variável que recebe o
Indicador de número do frame em processamento no console do Matlab
disp(progIndication); % Imprime o Indicador de número do frame em processamento no
console do Matlab
stat = regionprops(llabel,'centroid'); % Inicio cálculo dos Centroides de cada area
representativa de ave

area = regionprops('table', llabel, 'area');
perimetro = regionprops('table', llabel, 'perimeter');

for x = 1: numel(stat) % Loop para cálculo desde 1 a todas as aves encontradas
    xc = stat(x).Centroid(1);
    yc = stat(x).Centroid(2);

    A = [x; xc; yc]; % Variável "A" recebe o vetor com Valor do Numero do centro de
    gravidade, coordenada xc e coordenada yc

    fid = fopen(arqcentroide,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de
    dados do processamento
    fprintf(fid,'%6.1f %12.2f %18.3f\r\n',A); % Registra no arquivo os valores da variável "A"
    fclose(fid); % Fecha o arquivo para não corromper os dados

    XC(x)=xc; % Cria nova variável para xc e cálculo do delta das distâncias euclidianas
    YC(x)=yc; % Cria nova variável para yc e cálculo do delta das distâncias euclidianas
end

j = 0; % Reinicia o contador do vetor de distancias como zero

```

```

for do = 1: numel(stat)-1
    for dd = do+1:numel(stat) % Loop para cálculo das distâncias Euclidianas.
        % Formula distância utilizada = sqrt((x2-x1).^2 + (y2-y1).^2)

        j = j+1; % Incremento do contador

        delta_x = XC(dd) - XC(do);
        delta_y = YC(dd) - YC(do);
        pixel_distance = sqrt((delta_x)^2+((delta_y)^2); % Cálculo final da Distancia
Euclidiana em pixels.
        Distancia_Normalizada=abs(pixel_distance); % Normalização para ajuste da
quantidade de pixels da imagem processada
        fid1 = fopen(distcentroide,'a+'); % Cria (Se já não existir) o arquivo para repositório de
dados do processamento
        A1 = [do; dd; Distancia_Normalizada]; % Variável "A1" recebe o vetor com Valor do
Numero do par de centroides em análise e a Distância Normalizada obtida
        fprintf(fid1,'%6.1f %12.2f %18.3f\r\n',A1); % Registra no arquivo os valores da
variável "A1"
        fclose(fid1); % Fecha o arquivo para não corromper os dados

        VetorDistancias(j) = Distancia_Normalizada; % Grava distância do-dd no vetor

    end
end

DistMedia = mean(VetorDistancias);
DistMin = min(VetorDistancias);
DistMax = max(VetorDistancias);
DistStd = std(VetorDistancias);

area = table2array(area); %Converte Tabela e Vetor
AreaMedia = mean(area);
AreaMin = min(area);
AreaMax = max(area);
AreaStd = std(area);

perimetro = table2array(perimetro); %Converte Tabela e Vetor
PerimetroMedio = mean(perimetro);
PerimetroMin = min(perimetro);
PerimetroMax = max(perimetro);
PerimetroStd = std(perimetro);

A2 = [t; numel(stat); DistMedia; DistMin; DistMax; DistStd; AreaMedia; AreaMin;
AreaMax; AreaStd; PerimetroMedio; PerimetroMin; PerimetroMax; PerimetroStd]; %
Variável "A2" recebe os valores: número do frame, numero do centroide e distancias, areas e
perímetros médio, min, max e desvios padrão

fid2 = fopen(dadosresumidos,'a+'); %Cria o arquivo MatLabDadosResumidos

```

```
fprintf(fid2,'%15.1f %15.1f %15.1f %15.1f %15.2f %15.1f %15.1f %15.1f %15.1f %15.1f %15.1f %15.2f %15.1f %15.1f\r\n',A2); % Registra no arquivo os valores da variável "A2"
fclose(fid2); % Fecha o arquivo para não corromper os dados

end
```