

**UNIVERSIDADE PAULISTA**

**SISTEMA ESPECIALISTA DE APOIO À ANÁLISE DE  
LOCOMOÇÃO DE FRANGOS DE CORTE APOIADO NA  
LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIAL E<sub>t</sub>**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção da Universidade Paulista –  
UNIP, para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia de Produção.

**LUIZ CARLOS MACHI LOZANO**

**SÃO PAULO**

**2017**

**UNIVERSIDADE PAULISTA**

**SISTEMA ESPECIALISTA DE APOIO À ANÁLISE DE  
LOCOMOÇÃO DE FRANGOS DE CORTE APOIADO NA  
LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIAL E<sub>t</sub>**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Gestão de Sistemas de Operação

**Linha de Pesquisa:** Métodos Quantitativos em Engenharia de Produção

**Projeto de Pesquisa:** Projetos Decisórios Baseados em Lógicas não Clássicas

**Orientador:** Prof. Dr. Jair Minoro Abe

**Coorientadora:** Prof. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

**LUIZ CARLOS MACHI LOZANO**

**SÃO PAULO**

**2017**

Lozano, Luiz Carlos Machi.  
Sistema especialista de apoio à análise de locomoção de frangos de corte apoiado na lógica paraconsistente anotada evidencial  $E_{\tau}$  / Luiz Carlos Machi Lozano. - 2017.  
82 f. : il. color.

Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação Administração da Universidade Paulista, São Paulo, 2017.

Área de Concentração: Métodos quantitativos em engenharia de produção.

Orientador: Prof. Dr. Jair Minoro Abe.

Co-orientador: Irenilza de Alencar Nããs.

1. Gait Score. 2. Lógica paraconsistente. 3. Frango de corte.  
4. Algoritmo para-analisador. I. Abe, Jair Minoro (orientador). II. Título.

**LUIZ CARLOS MACHI LOZANO**

**SISTEMA ESPECIALISTA DE APOIO À ANÁLISE DE  
LOCOMOÇÃO DE FRANGOS DE CORTE APOIADO NA  
LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIAL E<sub>τ</sub>**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Jair Minoru Abe  
Orientador (a) / Universidade Paulista (UNIP)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Irenilza de Alencar Nääs  
Coorientadora (a) / Universidade Paulista (UNIP)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Silvia Regina Lucas de Souza  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho especialmente à minha esposa pelo apoio, no decorrer da elaboração desta dissertação, e pela compreensão em todos os momentos em que estive ausente para a conclusão dessa etapa acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para o sucesso desta jornada, com gestos de incentivo, críticas construtivas, opiniões e palavras de afeto que foram de grande valia e serviram como força motriz durante todo o processo.

Agradeço à Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista – UNIP e ao Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP) pelas bolsas de fomento e isenção.

A todos os professores que passaram por minha caminhada, pelo conhecimento que acrescentaram, pela dedicação e competência.

Agradeço a meus familiares e amigos pelo apoio no decorrer dessa pesquisa.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Dr. Jair Minoru Abe, e à minha coorientadora, Dra. Irenilza de Alencar Nääs, pelo apoio e dedicação em encontrar conteúdo para a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

“O que não te desafia não te fará mudar”

(Mirlan Hellowell Eiffel)

## RESUMO

Esta pesquisa propõe um sistema especialista de apoio à Análise de *Gait Score* de frangos de corte, apoiado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$ . Em junho de 2016, o Brasil foi considerado um dos maiores exportadores de frangos de corte do mundo. Porém, ainda é necessário que consiga enquadrar-se nas normas internacionais de bem-estar dos animais, sem aumentar o custo de produção. As aves produzidas no Brasil sofreram mais de 30 anos de cruzamentos genéticos até chegarem ao biótipo que possuem hoje. Os problemas de locomoção são considerados os mais relevantes em relação ao bem-estar, pois aves que sentem dor ao caminhar acabam tendo restrições nos movimentos, o que dificulta sua ida aos dispositivos de alimentação e bebedouros. Esse problema reflete-se desde a engorda das aves até o momento do abate. Periodicamente, as empresas produtoras de frangos de corte passam por auditorias e a principal forma de avaliar um lote de aves é pela análise de *Gait Score*, que pontua as aves de acordo com sua marcha, ou seja, de seu caminhar. Os frangos são classificados de 0 a 5, sendo 0 para aves sem restrição alguma e 5 para aves que praticamente não se locomovem. Essa auditoria é feita de forma visual, ou seja, um auditor analisa um lote de aves por amostragem, verificando a quantidade animais para cada pontuação dentro desse lote. Levando-se em consideração que as variações entre aves com pontuações próximas são muito pequenas, torna-se difícil identificar, por exemplo, a diferença entre uma ave com *Gait Score* 2 e outra, com *Gait Score* 3. O mesmo não ocorre nos extremos da pontuação: aves com *Gait Score* 0 e com *Gait Score* 5 podem ser facilmente identificadas. Um fato que pode corromper uma análise está no vício da amostra. Ao perceberem a presença de um profissional no aviário, as aves sadias saem em disparada, ficando, nas regiões da coleta de amostras, apenas as comprometidas. O auditor externo pode alegar que as aves não atendem às melhores condições, inviabilizando o negócio. Uma amostragem de aves realizada de forma automatizada, em vários pontos da granja e sem a interferência humana pode servir como defesa dos produtores durante os processos de auditoria, já que a análise automatizada transcorrerá sem interferências. Os produtores também poderão identificar anomalias em sua produção. Esse trabalho realizou, de forma inédita, a classificação das aves por meio de um algoritmo para-analisador, tendo sido utilizada velocidade e aceleração de um lote de aves



extraídas no MATLAB (MATrix LABoratory). Os valores intermediários da pontuação da marcha ainda são difíceis de estimar. Não existe uma associação simples entre velocidade e aceleração com a pontuação da marcha da ave, razão pela qual se decidiu aplicar a Lógica Paraconsistente aos dados experimentais. Para GS 0, obteve-se 100% de precisão, quando comparada à avaliação visual. Para a estimativa de GS 1, obteve-se 50% de precisão. Para o GS 2, a estimativa foi 70% precisa e GS 3 os resultados foram 100% precisos. Os resultados fornecem alta precisão na determinação dos valores de GS 0 e GS 3. O *software* mostrou potencial para ser usado como uma ferramenta de auxílio no monitoramento para a detecção precoce de anomalias em frangos de corte sob criação comercial, uma vez que a velocidade do deslocamento pode ser facilmente medida e usada como dados de entrada. A detecção precoce de anomalias em lotes de frangos de corte pode reduzir os problemas de saúde das pernas e melhorar consideravelmente as questões de bem-estar.

**Palavras-chave:** *Gait Score*, Lógica Paraconsistente, Frango de Corte, Algoritmo Para-analisador.

## ABSTRACT

In the research we propose a specialized system to support the Gait Analysis Scoring of broilers supported in the Paraconsistent Annotated Logic Evidential  $E_{\tau}$ . In June 2016, Brazil was considered one of the largest exporters of broilers in the world, but it must be able to comply with international animal welfare standards without increasing its cost of production. As birds produce in Brazil they have suffered more than 30 years of genetic crossings to reach the biotype they have today. The problems of locomotion are considered the most relevant in relation to well-being, the birds that feel pain when walking end up having restrictions in the movements, making it difficult to go to the feeding devices and drinking fountains. This problem reflects in the fattening of the birds, until the moment of the slaughter. Periodically as companies producing broilers go through audits and a main form of analysis of a Gait Score analysis, where it is analyzed and scored as birds according to their gait, that is, their walk. The chickens are rated from 0 to 5, where 0 is a week without any restriction at any time 5 since it practically does not move. This audit is done visually, ie an auditor reviews a batch of birds by sampling by checking a quantity of birds for each score within that batch. Taking into consideration and very different among birds with close scores, for example, it is very difficult to identify a difference of one thing with Gait Score 2 for an avia with Gait Score 3, which is not in the extremes of the score since once with Gait Score 0 and once with Gait Score 5 can be easily identified. One fact that can corrupt an analysis is in sample addiction. As healthy birds perceive a presence of humans in freedom, staying in the regions of the sample collection only as committed birds. The external auditor can claim that as birds do not serve as better conditions, making the business unfeasible. Sampling birds in an automated way at various points on the farm without human interference can serve as a defense to producers in auditing processes as the automated analysis will proceed without interference. Producers are also able to identify anomalies in their production. This work has unprecedented the classification of birds through a para-analyzer algorithm, is used by speed and acceleration of a batch of birds extracted in MATLAB (MATrix LABoratory). The intermediate values of the gait score are still difficult to estimate. There is no simple association between velocity and acceleration with an avian gait score, once for a reason to decide on the logic that is consistent with the experimental data. For GS 0, 100% accuracy was obtained when compared

to the visual evaluation. For an estimate of GS 1, obtain 50% accuracy for GS 2, an accurate estimate of 70% and GS 3 the results were 100% accurate. The highest results were obtained from the determination of the GS 0 and GS 3 values. The *software* showed potential to be used as an unmonitored aid tool for the early detection of anomalies in commercially grown broilers, since the Speed of the displacement can be easily measured and given as input data. Previous detection of anomalies in lots of broiler chickens can reduce leg health problems and improve considerably as welfare issues.

**Keywords:** Gait Score, Paraconsistent Logic, Broiler, Image Processing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lógica Clássica <i>versus</i> Lógica Paraconsistente .....	20
Figura 2 – Estados extremos e não-extremos.....	21
Figura 3 – Representação do reticulado da LPA2v repartido .....	23
Figura 4 – Algoritmo Para-Analisador .....	24
Figura 5 – Plataforma construída para que os frangos caminhassem sobre ela e fossem gravados vídeos para posterior análise .....	27
Figura 6 – Ave se deslocando na plataforma enquanto era filmada.....	28
Figura 7 – Imagens subsequentes que geraram o deslocamento da centroide marcada por um ponto no centro da ave.....	29
Figura 8 – Fluxograma do <i>Software</i> .....	37
Figura 9 – UC1 - Interface Inicial.....	38
Figura 10 – Tela Inicial do <i>Software</i> .....	39
Figura 11 – UC02 - Análise de dados pelo usuário .....	39
Figura 12 – Tela de inserção dos dados .....	41
Figura 13 – Tela de resultado da análise dos dados.....	41
Figura 14 – Saída de resultados e cálculos em modo texto .....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estados extremos.....	21
Tabela 2 – Estados não-extremos.....	22
Tabela 3 – Amostras separadas por <i>Gait Score</i> .....	30
Tabela 4 – Média de velocidades separadas por <i>Gait Score</i> .....	30
Tabela 5 – Média das 10 velocidades centrais separadas por <i>Gait Score</i> .....	31
Tabela 6 – Média de acelerações separadas por <i>Gait Score</i> .....	31
Tabela 7 – Média das 10 acelerações centrais separadas por <i>Gait Score</i> .....	32
Tabela 8 – Calibragem das variáveis .....	33
Tabela 9 – Resultados com amostragem total .....	43
Tabela 10 – Resultados com amostragens centrais.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AND	Palavra inglesa que denomina o conjunto “e”
C1	Variável utilizada para armazenar valor de controle de veracidade
C2	Variável utilizada para armazenar valor de controle de falsidade
C3	Variável utilizada para armazenar valor de controle de inconsistência
C4	Variável utilizada para armazenar valor de controle de paracompleteza
FPS	Quantidade de frames por segundo
GC	Grau de certeza
GCT	Grau de incerteza
GS 0	Classificação de <i>gait score</i> 0
GS 1	Classificação de <i>gait score</i> 1
GS 2	Classificação de <i>gait score</i> 2
GS 3	Classificação de <i>gait score</i> 3
GS 4	Classificação de <i>gait score</i> 4
GS 5	Classificação de <i>gait score</i> 5
MVC	Modelo de <i>design</i> de projeto de <i>software</i>
OR	Operador lógico “ou”
QF→T	Quase-verdadeiro tendendo ao Paracompleto
QF→⊥	Quase-falso tendendo ao Paracompleto
QT→V	Quase-inconsistente tendendo ao Verdadeiro
QT→F	Quase-inconsistente tendendo ao Falso
QV→T	Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente
QV→⊥	Quase-falso tendendo ao Inconsistente
Q⊥→V	Quase-paracompleto tendendo ao Verdadeiro
Q⊥→F	Quase-paracompleto tendendo ao Falso
ROI	Region of interest
UBABEF	União brasileira de avicultura
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
Vcve	Valor de controle de veracidade
Vcfa	Valor de controle de falsidade
Vcic	Valor de controle de inconsistência
Vcpa	Valor de controle de paracompleteza

$\mu$	Letra grega mi que simboliza evidência favorável
$\lambda$	Letra grega lambda que simboliza evidência contrária
F	Estado Lógico Extremo Falso
V	Estado Lógico Extremo Verdadeiro
$\perp$	Estado Lógico Extremo Paracompleto
T	Estado Lógico Extremo Inconsistente

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 Apresentação .....	13
1.2 Objetivo de pesquisa.....	16
1.2.1 Objetivo Geral .....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1 Sistema Bristol de <i>Gait Score</i> .....	17
2.2 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ .....	18
2.3 Algoritmo Para-Analisador .....	22
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1 Tipo de pesquisa .....	26
3.2 Pesquisa de campo.....	26
3.3 Equipamentos utilizados, variáveis analisadas e procedimento metodológico	27
3.4 Análise dos dados e desenvolvimento do algoritmo .....	29
3.5 Composição da dissertação .....	33
3.6 Metodologia de Desenvolvimento do <i>Software</i> .....	33
3.6.1 Linguagem de Programação Java .....	34
3.6.2 O que é MVC? .....	34
3.6.3 Definição de Model.....	35
3.6.4 Definição de View .....	35
3.6.5 Definição de Controller.....	35
3.6.6 UML.....	35
3.6.7 Desenvolvimento do <i>Software</i> .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>43</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>
5.1 Conclusão geral .....	76
5.2 Recomendações para trabalhos futuro .....	77
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

De acordo com dados divulgados pela UBABEF (2012), a avicultura brasileira manteve-se em terceira posição no ranking do comércio internacional de frangos. Devido a isso, alguns recordes também foram superados. A produção totalizou o número de 13,058 milhões de toneladas, representando, assim, um aumento de quase 7% em relação ao ano anterior. Com esses resultados, o Brasil diminuiu a diferença que o separa da China, país segundo colocado, logo abaixo dos Estados Unidos.

O Brasil, hoje, é um dos maiores exportadores de frangos de corte do mundo. Porém, para se manter nessa posição, deve seguir padrões internacionais de bem-estar do animal, sem aumentar o custo de produção. Os problemas de locomoção podem restringir e limitar o acesso aos mecanismos de alimentação e água, afetando, assim, a sobrevivência das aves e a produtividade (CORDEIRO; NÄÄS; SALGADO, 2009).

O potencial genético das aves, resultado de anos de pesquisas, ocasionou o desenvolvimento de aves com grande crescimento, muito diferente do que se encontra, se comparado a outras espécies de animais. Porém, esse crescimento não tem sido acompanhado pelo tecido ósseo, aumentando, assim, a ocorrência de patologias locomotoras (BERNARDI, 2011).

Os frangos de corte foram submetidos a uma intensa seleção genética. Nas últimas cinco décadas, suas taxas de crescimento aumentaram mais de 300% (de 25 g por dia para 100 g por dia). Há uma crescente preocupação de que esse crescimento rápido tenha causado problemas locomotores que, em alguns casos, incapacitam as aves para caminhar. Em pesquisa realizada por Knowles et al.(2008), foram obtidos resultados abrangentes de lotes comerciais, quantificando os fatores de risco para a locomoção em frangos de corte. Foi avaliada a capacidade de caminhar de 51 mil aves, representando 4,8 milhões de aves dentro de 176 lotes. Também foram obtidas informações sobre aproximadamente 150 diferentes fatores de gerenciamento associados a cada lote. Com uma idade média de 40 dias, mais de 27,6% das aves do estudo apresentaram problemas locomotores, sendo que 3,3% praticamente não conseguiram caminhar (KNOWLES et al., 2008).

De acordo com Cordeiro, Nääs, Salgado (2009), essa dificuldade para caminhar não gera apenas um problema locomotor, faz com que a ave não consiga locomover-se até os bebedouros e alimentadores, fazendo com que não se desenvolva da mesma forma que aves saudáveis. Reiterando essa afirmação, segundo Bernardi (2011), esses problemas locomotores são de grande importância para a avicultura mundial, uma vez que estão relacionados a perdas mensuráveis, como condenações e desclassificações não-mensuráveis, quando há perda de desempenho da ave, pois não conseguem chegar ao bebedouro e comedouro e acabam se tornando aves fracas e mais leves.

Devido ao seu ciclo reprodutivo curto e sua popularidade em todo o mundo como alimento, as aves vêm ocupando espaço na cadeia alimentar das populações. A melhoria genética e os processos de produção foram direcionados ao aumento do retorno econômico. Em todo o mundo, a maioria dos frangos de corte é criada usando sistemas muito semelhantes, modernos, intensivos de produção, nos quais as aves são confinadas, ocupando alta densidade e alcançando peso de abate em, aproximadamente, 40 dias. No entanto, há evidências de que a preocupação em otimizar os procedimentos para a produção tem uma viabilidade reduzida, refletindo no bem-estar das aves (KNOWLES et al., 2008).

De acordo com o estudo de Bernardi (2011), duas questões devem ser estudadas. A primeira é de ordem ambiental, como a má qualidade de cama. A segunda é de ordem nutricional, como dietas de péssima qualidade. Ambas encontram-se diretamente ligadas à incidência de patologias do sistema locomotor, influenciando diretamente o bem-estar das aves. Segundo se sabe, quando elas estão em ambientes inadequados de produção, ocorrem grandes desuniformidades nos lotes, além de problemas como dermatites, celulites, arranhões e calos de peito.

Uma das formas para se auditar lotes de frangos de corte é o *Gait Score*. Esse processo é uma forma de mensurar a deficiência locomotora das aves, atribuindo uma nota relacionada à habilidade de andar em uma superfície. Essa avaliação tem seu principal foco nos lotes destinados à exportação, visto que o bem-estar animal é uma das exigências de países que comprem carne de frango.

Na produção de frangos de corte, a densidade populacional, ou seja, a quantidade de frangos em uma superfície, é um fator muito importante de bem-estar, que influencia direta e indiretamente o nível de crescimento e peso da ave e relaciona-se com outros indicadores de bem-estar. Outro grupo de indicadores de

bem-estar estão relacionados com a condição da pele, como ausência de dermatites e lesões (ŠKRBIĆ et al., 2009).

Métodos de análise computacional de imagem têm sido utilizados no monitoramento de padrões de movimento em lotes de frangos em situações diversas. Pode ser um método eficiente para estimar o nível de bem-estar dos animais, melhorar a gestão de um lote e ajudar a fazer previsões nas tomadas de decisão (NEVES et al., 2015).

Atualmente, o bem-estar do animal é um dos assuntos mais discutidos na produção de aves. Porém, para se adequar às normas internacionais de exportação, as empresas de produção aviária precisam ter um controle muito grande de sua produção. Por ser feita de forma visual, a auditoria, em algumas situações, pode causar dúvidas nos empresários.

A preocupação com o bem-estar dos animais na produção intensiva de aves começou a se desenvolver há 30 anos, em países da Europa do Norte. O bem-estar dos animais nas linhas de produção é importante sob o aspecto da percepção da qualidade do produto pelos consumidores, pois os mesmos entendem que a preservação de padrões elevados de bem-estar resulta em alta qualidade do produto. Portanto, isso contribui para aumentar o interesse na avaliação e melhorar o bem-estar de frangos de corte em diferentes condições de criação e de sistemas de gestão (ŠKRBIĆ et al., 2009).

O avanço tecnológico disponibiliza recursos de vídeo cada vez mais eficientes e de baixo custo para a observação e gravação do comportamento do animal, como as pequenas câmeras que podem ser colocadas em aviários, para vigilância, capturando imagens de grupos inteiros de forma constante. A coleta de dados é apenas o primeiro passo, sendo necessária, posteriormente, a capacidade de minerar, processar e analisar essa grande quantidade de dados coletados por meio do desenvolvimento de novos sistemas. A revolução da informação mostra que a nova tecnologia está incompleta. A pergunta principal ainda permanece: tendo coletado os dados, o que fazer, agora, com eles? (DAWKINS; CAIN; ROBERTS, 2012).

Um modo de conseguir automatizar as auditorias e chegar ao resultado de um lote antes de o mesmo ser auditado de forma presencial por um auditor profissional seria de extrema utilidade para os produtores, que poderiam ter um parâmetro de análise para ser confrontado com a auditoria realizada. É possível verificar

anomalias no lote e mitigar eventuais problemas não detectados até o momento da auditoria oficial.

## 1.2 Objetivo de pesquisa

Ao tratar a análise de *Gait Score* de forma automatizada dentro da cadeia produtora de frangos de corte, pode-se antever situações de indefinição ou mesmo contraditórias e, assim, aplicar medidas corretivas. Como a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$  trata de situações incertas, contraditórias e paracompletas, a mesma será empregada, neste trabalho, no processo de identificação das aves.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é aplicar a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$  ao desenvolvimento de um *software* especialista, como instrumento para solucionar a indefinição dos pontos intermediários do sistema de *Gait Score* para frangos de corte.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o sistema Bristol de *Gait Score*.
- Desenvolver um algoritmo com base na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$  que auxilie a solucionar o problema da indefinição dos pontos intermediários do sistema Bristol de *Gait Score*.
- Desenvolver um Sistema Especialista que abarque um *software* baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$  capaz de classificar satisfatoriamente a indefinição dos pontos intermediários do sistema Bristol de *Gait Score*.
- Realizar teste do algoritmo com dados do banco de dados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sistema Bristol de *Gait Score*

A incidência de problemas locomotores em frangos de corte com crescimento rápido tornou-se uma grande preocupação no mercado de aves, especialmente no mercado de exportação. Isso não se deve apenas ao mau desempenho das aves, mas também ao seu bem-estar (FERNANDES et al., 2012).

No decorrer das últimas cinco décadas, os frangos de corte foram submetidos a uma intensa seleção genética que aumentou sua taxa de crescimento de 25 para 100 gramas por dia (KNOWLES et al., 2008).

Há diversas maneiras de avaliar problemas locomotores em frangos de corte. O método mais comumente utilizado, denominado *Gait Score* (Pontuação de Marcha), foi desenvolvido pela Universidade de Bristol, na Inglaterra. Existe também a avaliação macroscópica da região afetada, porém esse outro método visual envolve o sacrifício da ave (FERNANDES et al., 2012).

Embora venha sendo amplamente utilizado para avaliar problemas de perna, o sistema de *Gait Score* mostra-se um modelo impreciso NÄÄS et al. (2010), já que consiste na observação empírica e visual dos fatores de locomoção.

O ambiente de criação é considerado um dos principais aspectos relacionados ao sucesso ou fracasso da produção de frangos de corte. De acordo com Knowles et al. (2008), técnicas de gestão moderna, associadas às características genéticas de rápido crescimento dos frangos, podem comprometer seu bem-estar, bem como sua capacidade de andar.

No estudo realizado por Knowles et al. (2008), foram analisados frangos de corte pertencentes aos cinco principais produtores do Reino Unido. Juntos, eles representavam mais de 50% da produção da região. Foram obtidos dados de cada produtor na proporção de sua respectiva produção anual de frangos de corte. Distribuídas por fazenda e lotes, as visitas foram realizadas por veterinários que tinham completado um curso de treinamento de cinco dias, para avaliar a habilidade locomotora. Dezoito médicos veterinários com qualificações de pós-graduação atuaram como assessores de lote de frangos e foram treinados para categorizar a pontuação de marcha dentro de um intervalo de 0 (normal) a 5 (incapaz de andar). O sistema de pontuação avalia, principalmente, a capacidade de andar, ao invés da

exaustão. O sistema de pontuação é também conhecido para correlacionar bem com outros métodos de avaliação de transtornos de perna que não envolvem movimento ativo, tais como o teste de latência-para-mentira. Ao longo do estudo, foi monitorada a uniformidade de pontuação dos avaliadores e, ao final do curso, as pontuações.

Segundo Weeks et al. (2000), foi utilizado um lote com 308 frangos da Genética Ross, com cinco semanas de idade e sexo misto, selecionados de fazendas comerciais. Utilizando o método Bristol de *Gait Score*, ou seja, realizando uma avaliação visual de Pontuação de Marcha, chegou-se à seguinte definição: *Gait Score* 0 descreve uma ave 'hábil e ágil', sem nenhuma anormalidade detectável em sua locomoção. *Gait Score* 1 descreve aves com ligeiro defeito de locomoção. *Gait Score* 2 descreve aves com defeito identificável e definitivo para locomoção. *Gait Score* 3 descreve aves cuja anormalidade da marcha afeta sua capacidade de mover-se, particularmente em suas manobras, aceleração e velocidade de movimento. *Gait Score* 4 descreve aves com defeito grave de marcha, que andam apenas quando conduzidas ou fortemente motivadas e *Gait Score* 5 descreve aves incapazes de andar. Foi considerado antiético selecionar aves cuja classificação de suas deficiências foram categorizados como *Gait Score* 4 ou 5.

## 2.2 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E_{\tau}$

Este tópico apresenta um apanhado geral sobre a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$ , que servirá de base para os estudos subsequentes.

Cumprе destacar que foi um brasileiro, o Prof. Dr. Newton C. da Costa, que desenvolveu sua carreira de professor na Universidade Federal do Paraná e na Universidade de São Paulo, um dos inventores da Lógica Paraconsistente, em 1954, tendo como precursores os poloneses J. Lukasiewicz e S. Jáśkowski e o russo N. A. Vasiliev (CARVALHO; ABE, 2011).

O processo de tomadas de decisão é um processo racional, no qual se escolhe, dentre vários, um plano de ação baseado em cenários, ambientes, análises e fatores para situações ou problemas. Todo processo decisório produz, ao seu final, uma escolha. A saída pode ser uma opinião ou uma escolha, ou seja, a tomada de decisão refere-se ao processo de escolher um caminho mais coerente em determinadas situações (SHIMIZU, 2006).

Todo processo decisório, por exemplo, em uma empresa, afeta o estado geral. Por isso, o caminho a ser escolhido precisa ser muito analisado, pois se deve embasar o processo decisório orientando e definindo caminhos que devem ser percorridos e se pensar no que deverá ser afetado por essa decisão (SHIMIZU, 2006).

Analisando o mundo real, lidamos com situações incertas, situações de inconsistências. Em grande parte delas, temos conhecimento apenas parcial dos fatos e objetos. Isso, no entanto, não impede o desenvolvimento do raciocínio humano, que está além da relação binária de verdade e falsidade (MARTINS, 2003).

Entre outras motivações, a necessidade de demonstrar e tratar situações de contradição e não corriqueiras fez surgir uma lógica subjacente para os sistemas formais, denominada Lógica Paraconsistente (DA COSTA et al., 1999).

O processo de tomada de decisões é de grande responsabilidade, ainda maior para quem não possui muita experiência. Enquanto algumas pessoas têm facilidade com o processo decisório, outras atribuem ao problema um valor que, às vezes, o mesmo não merece. Com isso, acabam por fazer uma escolha equivocada, ou criam um problema ainda maior. Saber qual o caminho a percorrer e o momento certo de agir é crucial. Porém, tudo depende da análise e da gravidade do problema a ser resolvido. Com isso, o processo continua, porém, isso não justifica erros por falta de informações sobre o problema (SHIMIZU, 2006).

Segundo Shimizu (2006), a necessidade de tomar uma decisão ocorre em momentos de divergência, quando vários caminhos podem ser escolhidos. Cada pessoa toma decisões baseadas em aspectos subjetivos.

A Lógica Paraconsistente figura entre as chamadas lógicas não clássicas, por conter disposições contrárias a alguns dos princípios básicos da lógica aristotélica, tal como o princípio da contradição. Sob a ótica de Aristóteles, qualquer afirmação é, necessariamente, verdadeira ou falsa. Já segundo a Lógica Paraconsistente, uma sentença e a sua negação podem ser, ambas, verdadeiras (DA COSTA et al., 1999).

Figura 1 – Lógica Clássica *versus* Lógica Paraconsistente



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_\tau$  é uma classe da Lógica Paraconsistente cuja linguagem abarca proposições do tipo  $p(\mu, \lambda)$ , onde  $p$  é uma proposição e  $(\mu, \lambda)$  indicam os graus de evidência favorável e evidência contrária, expressas por  $p$ . O par  $(\mu, \lambda)$  é denominado constante de anotação, estando os valores de  $\mu$  e  $\lambda$  limitados entre os números reais 0 e 1 (ABE et al., 2011).

O processamento dos dados de entrada se dá pela aplicação de conectivos de minimização e maximização entre as formulas atômicas  $A$  e  $B$ , que definem o estado resultante da saída. Considerando os proposicionais com seus respectivos graus de evidência favorável e evidência contrária  $pA(\mu_1, \lambda_1)$  e  $pB(\mu_2, \lambda_2)$ , inicialmente, chega-se ao maior valor entre os graus de evidência favorável ( $\mu_1$  OR  $\mu_2$ ), obtendo o grau de evidência favorável resultante ( $\mu_R$ ) e, em seguida, minimizando os graus de evidência contrária ( $\lambda_1$  OR  $\lambda_2$ ), obtendo o grau de evidência contrária resultante ( $\lambda_R$ ) (DA SILVA FILHO, 1999).

Considerando o cenário de dois grupos de especialistas  $A(E_1, E_2)$  e  $B(E_3, E_4)$ , pode-se demonstrar a aplicação do conectivo OR, representado pela disjunção  $A \vee B$ :

$$E_1(\mu_1, \lambda_1) \text{ OR } E_2(\mu_2, \lambda_2) = (\text{Máx} \{ \mu_1, \mu_2 \}, \text{Mín} \{ \lambda_1, \lambda_2 \}) = AR(\mu_1, \lambda_1)$$

$$E_3(\mu_1, \lambda_1) \text{ OR } E_4(\mu_2, \lambda_2) = (\text{Máx} \{ \mu_1, \mu_2 \}, \text{Mín} \{ \lambda_1, \lambda_2 \}) = AR(\mu_2, \lambda_2)$$



Em seguida, a aplicação do conectivo AND, entre os sinais anotados AR e BR, representando a Conjunção  $AR \wedge BR$ :

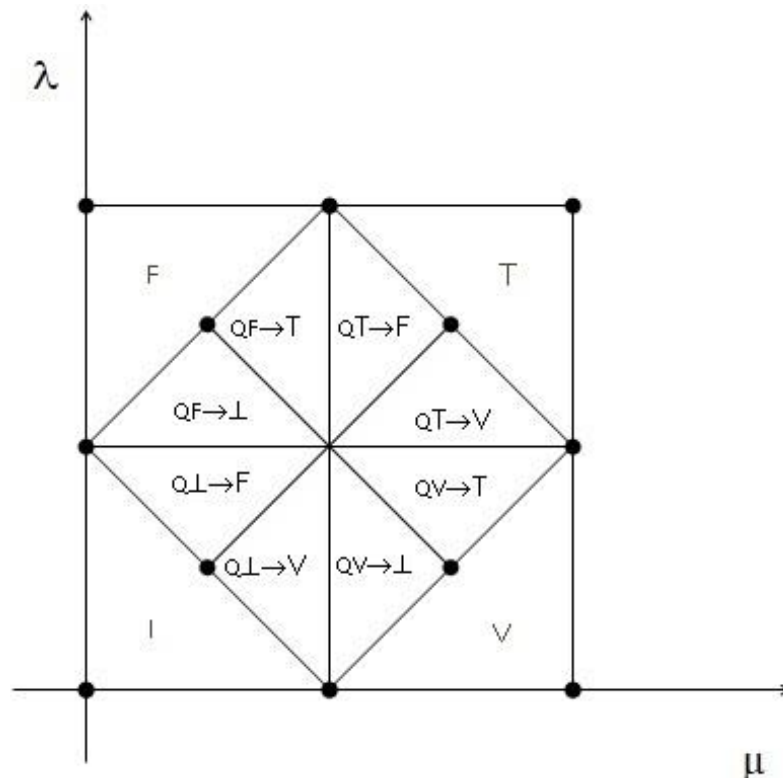
$$R = AR(\mu_1, \lambda_1) \text{ AND } BR(\mu_2, \lambda_2) = (\text{Mín} \{ \mu_1, \mu_2 \}, \text{Máx} \{ \lambda_1, \lambda_2 \}) = R(\mu_1, \lambda_1)$$

Após a aplicação da maximização e minimização, os graus de certeza e incerteza são obtidos por:

- Grau de Certeza:  $GC(\mu, \lambda) = \mu - \lambda$
- Grau de Incerteza:  $GCT(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1$

Com os valores de GC e GCT obtidos, identifica-se o estado lógico resultante por meio da análise do reticulado  $\tau$  na Figura 2.

Figura 2 – Estados extremos e não-extremos



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Tabela 1 – Estados extremos

Estado Extremo	Símbolo
Verdadeiro	V
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	⊥

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Tabela 2 – Estados não-extremos

Estado não-extremo	Símbolo
Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente	$QV \rightarrow T$
Quase-verdadeiro tendendo ao Paracompleto	$QV \rightarrow \perp$
Quase-falso tendendo ao Inconsistente	$QF \rightarrow T$
Quase-falso tendendo ao Paracompleto	$QF \rightarrow \perp$
Quase-inconsistente tendendo ao Verdadeiro	$QT \rightarrow V$
Quase-inconsistente tendendo ao Falso	$QT \rightarrow F$
Quase-paracompleto tendendo ao Verdadeiro	$Q\perp \rightarrow V$
Quase-paracompleto tendendo ao Falso	$Q\perp \rightarrow F$

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

### 2.3 Algoritmo Para-Analisador

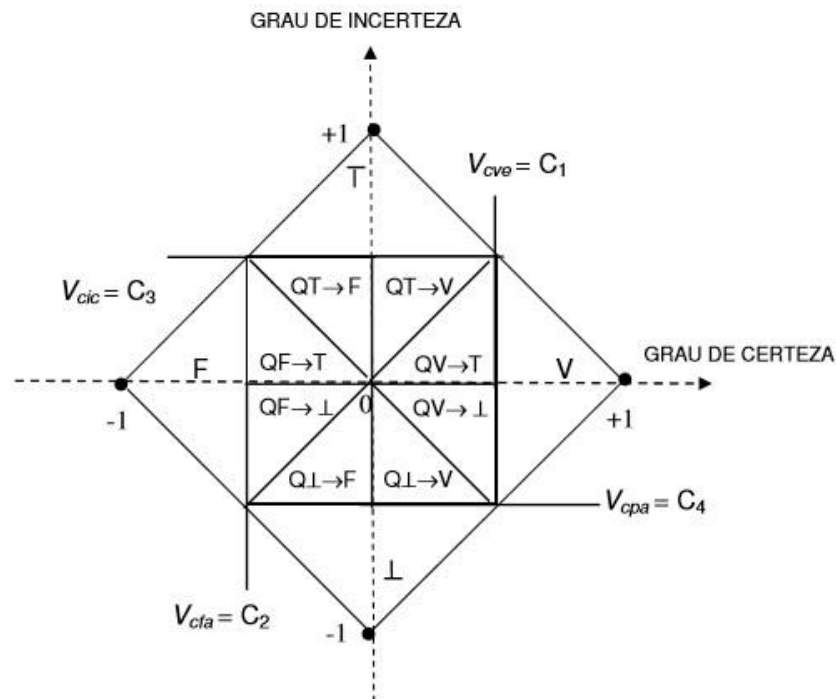
Existem dois valores de limites externos que não seguem princípios lógicos: Vcve (C1) = Valor de controle de veracidade e Vcfa (C2) = Valor de controle de falsidade. Eles determinam quando o grau de Certeza resultante é alto o suficiente para que a proposição analisada seja considerada Verdadeira ou Falsa (ABE et al., 2011).

Da mesma forma, há dois valores limites externos que também não seguem princípios lógicos: Vcic (C3) = Valor de controle de inconsistência e Vcpa (C4) = Valor de controle de paracompleteza. Eles determinam quando o grau de Contradição resultante é tão alto, que se pode considerar a Proposição inconsistente ou indeterminada (ABE et al., 2011).

Na estrutura da Lógica Paraconsistentes os valores podem ser repartidos ou delimitados em várias regiões de diversos formatos. A partir das regiões que receberam limites no reticulado, podemos relacionar os estados lógicos resultantes encontrados pelas interpolações dos graus de certeza GC e de contradição GCT. Para cada ponto de interpolação entre os graus de certeza e de contradição, haverá uma única região delimitada no reticulado, que é equivalente a um estado lógico resultante da análise (ABE et al., 2011).

Dependendo de cada projeto, o reticulado pode ser delimitado em números diferentes de regiões, podendo originar, portanto, estados lógicos diferentes. A descrição do reticulado repartido em regiões delimitadas é realizada por valores de graus encontrados pelo equacionamento e comparados a valores limites. Essa descrição forma o algoritmo conhecido como Para-Analisador (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

Figura 3 – Representação do reticulado da LPA2v repartido



Fonte: Abe et al. (2011).

Existem estados Lógicos representados pelas regiões que ocupam os vértices do reticulado. São considerados estados Lógicos Extremos: Verdadeiro, Falso, Inconsistente e Paracompleto. Também encontramos os estados Lógicos Não-Extremos que, por sua vez, possuem saída, representados por regiões internas no reticulado. Os estados Lógicos Não-Extremos são nomeados conforme sua proximidade com os estados Lógicos Extremos (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

A seguir, são apresentados os quatro estados Lógicos Extremos e os oito Não-Extremos que compõem o reticulado da Figura 3. Os primeiros são: Inconsistente, Falso, Paracompleto e Verdadeiro.

Já os estados Lógicos Não-Extremos são: Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente; Quase-verdadeiro tendendo ao Paracompleto; Quase-falso tendendo ao Inconsistente; Quase-falso tendendo ao Paracompleto; Quase-inconsistente tendendo ao Verdadeiro; Quase-inconsistente tendendo ao Falso; Quase-paracompleto tendendo ao Verdadeiro; Quase-paracompleto tendendo ao Falso (ABE et al., 2011).

Os valores das variáveis de entrada são representados pelo Grau de evidência favorável e pelo Grau de evidência contrária (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

Os valores relacionais: GCT (grau de Contradição) e GC (grau de Certeza).

As variáveis de controle para recursos de otimização são: Vcve (Valor de controle de veracidade), Vcfa (Valor de controle de falsidade), Vcic (Valor de controle de inconsistência) e Vcpa (Valor de controle de paracompleteza) (ABE et al., 2011).

Após as associações das variáveis ao reticulado da Lógica Paraconsistente, é realizada uma descrição entre as entradas e saídas que serão envolvidas no processo. O resultado dessas sentenças descritivas é o algoritmo para implementação em programa de computação convencional (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

Detalhamento do Algoritmo Para-Analisador:

Figura 4 – Algoritmo Para-Analisador

```

*/Definições dos valores*/
*/.

Vcve = C1 = Valor de controle de veracidade
Vcfa = C2 = Valor de controle de falsidade
Vcic = C3 = Valor de controle de inconsistência
Vcpa = C4 = Valor de controle de paracompleteza

*/Variáveis de entrada */
μ1
μ2
*/Variáveis de saída*/
Saída discreta = S1
Saída analógica = S2a
Saída analógica = S2b
*/Expressões matemáticas */
sendo : 0 ≤ μ1 ≤ 1 e 0 ≤ μ2 ≤ 1
         Gcr = μ1 + μ2 - 1
         Gc = μ1 · μ2

*/determinação dos estados Lógicos Extremos */
Se Gc ≥ C1 então S1 = V
Se Gc ≤ C2 então S1 = F
Se Gcr ≥ C3 então S1 = T
Se Gcr ≤ C4 então S1 = ⊥

*/determinação dos estados Lógicos Não-Extremos/
Para 0 ≤ Gc < C1 e 0 ≤ Gcr < C3
    se Gc ≥ Gcr então S1 = Qv → T
    senão S1 = T → v
Para 0 ≤ Gc < C1 e C4 < Gcr ≤ 0
    se Gc ≥ |Gcr| então S1 = Qv → ⊥
    senão S1 = ⊥ → v
Para C2 < Gc ≤ 0 e C4 < Gcr ≤ 0
    se |Gc| ≥ |Gcr| então S1 = Qf → ⊥
    senão S1 = ⊥ → f
Para C2 < Gc ≤ 0 e 0 ≤ Gcr < C3
    se |Gc| ≥ Gcr então S1 = Qf → T
    senão S1 = T → f
         Gcr = S2a
         Gc = S2b
*/ FIM*/

```

Fonte: DA Silva Filho, Abe (2001).

Devido ao fato de os valores de graus de evidência favorável e de evidência contrária variarem entre 0 e 1, podemos, a qualquer instante, obter, como saída, os valores dos graus de Contradição e de Certeza. Por conta desses valores, saberemos se há contradição. Caso ela não exista, teremos o grau de Certeza, com o qual podemos formular uma conclusão (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

Na prática, um Sistema paraconsistente funciona da seguinte forma:

- Primeiro passo: o sistema recebe as informações.

As informações são obtidas por meio de duas variáveis independentes, que devem estar entre 0 e 1, sendo a primeira o grau de evidência favorável e a segunda, o grau de evidência contrária.

- Segundo passo: Processamento dos Dados.

Os dados são processados por meio das seguintes equações:

a)  $GCT = (\mu + \lambda) - 1$ , para encontrar o grau de contradição.

b)  $GC = \mu - \lambda$ , para encontrar o grau de certeza

- Terceiro passo: Conclusão

Para realizar a conclusão, utilizam-se as seguintes condicionais:

- Existindo um alto grau de Contradição, não há certeza ainda quanto à decisão. Portanto, devem-se buscar novas evidências.
- Existindo um baixo grau de Contradição, pode-se formular a conclusão, desde que se tenha um alto grau de Certeza.

Devemos levar em conta que esse alto grau de Contradição e de Certeza pode ser negativo ou positivo, isto é, os valores deverão ser considerados em módulo e os limites que definem o que é alto ou baixo é uma decisão que depende exclusivamente do projeto no qual o sistema vai ser utilizado (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

O algoritmo Para-Analisador traduz a análise paraconsistente por meio do estudo dos valores dos graus de evidência favorável e de evidência contrária, resultando nos valores dos graus de Contradição e de Certeza (DA SILVA FILHO; ABE, 2001).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de pesquisa

Neste trabalho, foi desenvolvido um *software* especialista que utiliza um algoritmo para-analisador. Efetuando processamento de parâmetros de imagens de frangos de corte, o *software* auxiliará na auditoria de *Gait Score* em aviários, podendo mencionar, pela velocidade e aceleração dos frangos, qual tipo de Pontuação de *Gait Score* a ave possui.

O trabalho envolveu inicialmente uma pesquisa sobre a Pontuação de Marcha (*Gait Score*) e sobre os critérios inseridos nessa análise, de forma que o sistema possa seguir os mesmos parâmetros. Posteriormente, foi feito um estudo sobre o algoritmo para-analisador e a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial  $E_{\tau}$ . A implementação da mesma se deu como ferramenta de Inteligência Artificial, visto que casos de grande semelhança entre os parâmetros de imagens necessitarão de situações de tomadas de decisões. Também se estudou a linguagem de programação Java, Design Patterns e técnicas de Modelagem de Dados, com o objetivo de desenvolver um *software* com padrões comerciais e de fácil utilização por qualquer usuário.

#### 3.2 Pesquisa de campo

Durante o processo de testes do *software*, foram utilizados dados reais, extraídos de vídeos por meio do *software* Matlab® em aviários. Para tanto, foi montada uma plataforma de 1m de comprimento com 30cm de largura. No piso, foi colocada maravalha. Os frangos selecionados para cada *Gait Score* foram colocados sobre a plataforma e incentivados a andar sobre ela. Segundo Kestin et al. (1992), a pontuação atribuída a ave foi baseada na escala desenvolvida na Universidade de Bristol, indo do *Gait Score* zero GS 0 até o *Gait Score* cinco GS 5, sendo o GS 0 a condição mais saudável de caminhar. Foi feita uma gravação de vídeos com frangos caminhando sobre a plataforma e, desses vídeos, foram extraídos os dados de velocidade e aceleração de cada frango de cada *Gait Score* estudado. Foram utilizados cinco frangos em cada teste sobre a plataforma (Figura 5). Uma placa de acrílico transparente delimitava a área externa e permitia que

fossem feitas as imagens a uma distância de 1m, na altura da plataforma de forma a capturar as imagens da ave caminhando.

O estudo fez parte de um projeto de pesquisa desenvolvido na UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias, no Curso de Zootecnia, com objetivo geral de estudar visualmente a velocidade de frangos de diferentes *Gait Scores* (AMADORI, 2015).

Figura 5 – Plataforma construída para que os frangos caminhassem sobre ela e fossem gravados vídeos para posterior análise



Fonte: Amadori (2015).

### **3.3 Equipamentos utilizados, variáveis analisadas e procedimento metodológico**

A câmera utilizada para a captação das imagens foi do modelo Sony583 Handycam Memory Flash PJ200, equipada com lentes Lente Carl Zeiss® Vario-Tessar®. Foram realizados vídeos com formato AVI, gravados com resolução de 1920x1080 e velocidade de 60 frames por segundo (FPS). A câmera foi fixada com auxílio de tripé a 1m da área de teste e 15 cm de altura.

À medida que o frango se deslocava (Figura 6), foi determinado o centroide do corpo e, a partir daí, calculada sua velocidade de deslocamento e de aceleração.

Figura 6 – Ave se deslocando na plataforma enquanto era filmada



Fonte: Amadori (2015).

Os sinais de vídeo do movimento do frango de corte (Figura 6) foram convertidos em seqüências de imagens e salvos como arquivos Jpeg, no computador. O tamanho da imagem capturada foi de 1080 x 1920 pixels. O processo de detecção de centróides começou com a seleção de uma região de interesse (ROI) em cada imagem adquirida, que era o fundo azul da câmara de captura de imagem (Figura 6). O ROI foi convertido para a imagem de nível de cinza (255 níveis) e, em seguida, para uma imagem binária. Um limiar de binarização foi estimado a partir do histograma de intensidade de imagem. O limiar foi usado para converter a imagem subjacente em uma imagem binária. Após a binarização, todas as áreas próximas foram rotuladas e um limiar foi aplicado em todas as áreas adjacentes, etiquetadas para manter a área máxima, que era um frango, e para remover os pixels indesejados. Finalmente, o centroide do frango foi detectado.

Calculou-se a distância euclidiana do centroide de frangos para cada dois quadros subsequentes (Figura 7). Calculando a distância euclidiana, tanto o deslocamento x como o y foram levados em consideração. Posteriormente, a velocidade e a aceleração da ave foram calculadas. Uma matriz foi formada para todos os vídeos analisados. O primeiro deslocamento do corpo em cada dois quadros consecutivos ( $x_2 - x_1$ ) foi calculado, para ajudar a calcular a velocidade e a aceleração das aves. Esse número pode ser positivo ou negativo, porque se compara com o movimento da moldura anterior exata. Se a ave tiver maior deslocamento no quadro anterior, esse número é positivo ( $x_2 > x_1$ ); se tiver deslocamento menor ( $x_2 < x_1$ ), será negativo. Além disso, para medir a velocidade e a aceleração, esse deslocamento na diferença de tempo foi dividido, que é o número fixo 1/29 (0,034) uma e duas vezes, respectivamente. Os valores absolutos foram



adotados, para calcular o limiar com valores negativos e positivos. O algoritmo foi desenvolvido fixando a imagem por moldura e limpando-a, separando apenas o frango e determinando seu centroide.

Figura 7 – Imagens subsequentes que geraram o deslocamento da centroide marcada por um ponto no centro da ave.



Fonte: Amadori (2015).

Um limiar de binarização foi estimado a partir do histograma de intensidade de imagem. O limiar foi usado para converter a imagem subjacente em uma imagem binária. Após a binarização, todas as áreas próximas foram rotuladas e um limiar foi aplicado em todas as áreas adjacentes etiquetadas, para manter a área máxima, que era um frango e para remover os pixels indesejados. Finalmente, o centróide do frango foi detectado eletronicamente. A análise foi realizada por um programa desenvolvido utilizando MATLAB v8.3 (Mathworks, Inc. Mass., EUA).

Foram, então, criadas planilhas de Excel, contendo os valores de velocidade e aceleração de cada grupo de aves com o mesmo *Gait Score*.

### 3.4 Análise dos dados e desenvolvimento do algoritmo

Os dados das planilhas foram separados por genética e sexo. No caso dessa pesquisa, foram utilizados dados de frangos de corte de Genética Cobb macho. Ao todo, foram disponibilizadas 338 amostras, inicialmente separadas de acordo com a classificação de *Gait Score* (0, 1, 2 e 3). Na amostra, não havia dados de frangos com *Gait Score* 4 e 5, pelo fato de esses animais praticamente não conseguirem se locomover, o que inviabiliza a extração da velocidade e aceleração.

Foram realizadas classificações com o total da amostragem, utilizando-se os dois critérios (velocidade e aceleração) em diversas ordens, para, assim, efetuar a tentativa de encontrar similaridades entre os dados. Porém, em todas as

experiências mencionadas, não se conseguia chegar a uma lógica que pudesse ser levada adiante. Por exemplo, podemos encontrar frangos com *Gait Score* 3 e com maior velocidade do que frangos de *Gait Score* 0. Isso também se deu nas classificações realizadas por meio da aceleração e bem como entre as outras classificações de *Gait Score*.

Após a análise geral dos dados não gerar informações convincentes, chegou-se à conclusão de que, devido à classificação ser realizada de forma visual, ou seja, por um auditor profissional, essa amostragem poderia ter uma margem de erros. Devido a isso, a mesma foi separada de acordo com cada *Gait Score*, para que fosse possível tirar conclusões dentro de cada grupo.,

Separando os dados entre os quatro grupos, chegou-se ao seguinte cenário:

Tabela 3 – Amostras separadas por *Gait Score*

<b>Gait Score</b>	<b>Quantidade de Amostras (nro. aves)</b>
0	46
1	82
2	96
3	114

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Dentro de cada grupo, os dados foram, primeiramente, classificados pela velocidade. Em seguida, calculou-se a média da velocidade do grupo, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 4 – Média de velocidades separadas por *Gait Score*

<b>Grupo / Gait Score</b>	<b>Média de Velocidade(m s<sup>-1</sup>)</b>
0	0,041
1	0,022
2	0,027
3	0,017

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Pode-se notar que os grupos do *Gait Score* 1 e 2 apresentaram uma disparidade: o *Gait Score* 2 na média apresentava um resultado relevante (frangos mais rápidos) em relação ao *Gait Score* 1. Também se notou que a média de velocidades mais altas eram do *Gait Score* 0 e a média das velocidades menores, do *Gait Score* 3.

Com o intuito de melhorar a qualidade das informações e chegar a resultados mais precisos, foram selecionadas as 10 amostras centrais de cada grupo. Em

seguida, calculou-se a média da velocidade do grupo, obtendo-se o seguinte cenário:

Tabela 5 – Média das 10 velocidades centrais separadas por *Gait Score*

<b>Grupo / <i>Gait Score</i></b>	<b>Média de Velocidade (m s<sup>-1</sup>)</b>
0	0,037
1	0,021
2	0,022
3	0,011

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Trabalhando com os dados centrais, ainda assim, pode-se verificar que os frangos com maior velocidade possuem *Gait Score* 0 e os frangos com menor velocidade, *Gait Score* 3. Porém, entre os frangos de *Gait Score* 1 e 2, é preciso utilizar alguma técnica de inteligência artificial, para fazer a análise. No caso, foi utilizada a Lógica Paraconsistente.

O mesmo processo realizado com a velocidade foi usado com a aceleração, classificando-se dentro de cada grupo e utilizando-se, como parâmetro, a aceleração. Após isso, calculou-se a média da aceleração total de cada grupo, chegando aos seguintes resultados:

Tabela 6 – Média de acelerações separadas por *Gait Score*

<b>Grupo / <i>Gait Score</i></b>	<b>Média de Aceleração (m s<sup>-2</sup>)</b>
0	1,320
1	0,780
2	1,004
3	0,669

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Pode-se notar que os grupos do *Gait Score* 1 e 2 apresentaram uma disparidade, da mesma forma que ocorreu com a velocidade: *Gait Score* 2, na média, apresentava um resultado relevante, em relação ao *Gait Score* 1. Também se notou que a média de aceleração mais alta era do *Gait Score* 0 e a média mais lenta, do *Gait Score* 3.

Da mesma forma como se realizou com a velocidade, foram selecionadas as 10 amostras centrais de cada grupo. Em seguida, calculou-se a média da aceleração do grupo, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 7 – Média das 10 acelerações centrais separadas por *Gait Score*

Grupo / <i>Gait Score</i>	Média de Aceleração (m s <sup>-2</sup> )
0	0,994
1	0,857
2	0,537
3	0,364

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O algoritmo utilizado como base para a construção do *software* foi o Para-Analisador. Nele, há necessidade de dois valores de entrada:  $\mu$  e  $\lambda$ . No *software* desenvolvido, os valores utilizados para entrada, representando essas variáveis, foram Velocidade e Aceleração. Como, dentro da Lógica Paraconsistente, trabalha-se com valores entre 0 e 1, houve necessidade de fazer uma normalização nos dados da aceleração dentro do *software*, pois a planilha continha valores maiores do que 1. No caso da velocidade, os valores já estavam dentro de uma faixa aceitável.

Definiram-se, então, dois valores de corte, utilizando uma análise estatística por meio da média e moda das velocidades, sendo o primeiro para *Gait Score* 0 e o segundo, para *Gait Score* 3. Para *Gait Score* 0, utilizou-se o valor 0,030 m s<sup>-1</sup>, considerando-se *Gait Score* 0 os frangos com velocidade maior ou igual a esse valor. Para *Gait Score* 3, utilizou-se o valor 0,012 m s<sup>-1</sup>, considerando-se *Gait Score* 3 os frangos com velocidade menor ou igual a esse valor.

O *software* primeiro realiza uma análise dos valores inseridos, verificando se os mesmos se enquadram nos valores de corte do *Gait Score* 0 ou do *Gait Score* 3. Caso estejam entre os valores de corte (menor 0,030 m s<sup>-1</sup> e maior 0,012m s<sup>-1</sup>), o *software* necessita de uma análise posterior por meio do algoritmo Para-Analisador.

O algoritmo Para-Analisador efetua os cálculos de GC (Grau de Certeza) e GCT (Grau de Contradição) conforme as seguintes equações 1 e 2:

$$GC = \mu - \lambda; \quad (1)$$

$$GCT = (\mu + \lambda) - 1; \quad (2)$$

Existem também outras quatro variáveis dentro do algoritmo: C1, C2, C3 e C4 representando, sucessivamente, Valor de Controle de Veracidade, Valor de Controle de Falsidade, Valor de Controle de Inconsistência e Valor de Controle de Paracompleteza. Os valores dessas variáveis foram calibrados, utilizando-se uma

planilha de Excel, por meio da qual se calculou o GC e GCT de todas as 338 amostras, conforme os seguintes critérios:

Tabela 8 – Calibragem das variáveis

Variável	Valor	Resumo
C1	0,042	Média dos 10 GC Centrais Gait Score 1 e 2
C2	0,041	Média dos demais GC de Gait Score 1 e 2
C3	-0,308	Menor GCT de Gait Score 1 e 2
C4	0,016	Maior GCT Gait Score 1 e 2

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Sendo assim, os dados inseridos, estando entre os limítrofes de corte do *Gait Score* 0 e *Gait Score* 3, passam por uma análise em que se calcula o GC e o GCT, podendo-se chegar às seguintes conclusões:

- Se GC maior ou igual a C1, portanto a classificação será *Gait Score* 1.
- Se GC menor ou igual a C2, portanto a classificação será *Gait Score* 2.
- Se GCT maior ou igual a C3, portanto a classificação será Indefinida.
- Se GCT menor ou igual a C4, portanto a classificação será Indeterminada.

### 3.5 Composição da dissertação

A dissertação é composta pela revisão bibliográfica, descrição da metodologia e do desenvolvimento do *software* especialista, utilizando a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E $\tau$ . O item Resultados e Discussão é composto por trabalho científico submetido ao periódico Biosystems Engineering.

### 3.6 Metodologia de Desenvolvimento do *Software*

O contínuo lançamento de novas tecnologias e ferramentas torna praticamente impossível conhecer todas elas. Pensando em desenvolvimento, podemos encontrar diversas ferramentas e linguagens, dentre elas, Java, .NET, Ruby. Nesse trabalho, foi usada a linguagem Java, uma das mais utilizadas no mundo e considerada uma das mais importantes inovações dos últimos anos (FURGERI, 2012).

O Java tornou-se uma das linguagens mais populares do mundo devido à possibilidade de implementar aplicativos baseados no ambiente web, *softwares*

desktop, aplicativos para dispositivos móveis, eletrodomésticos, etc. Bilhões de dispositivos utilizam essa linguagem (DEITEL; DEITEL, 2010).

### 3.6.1 Linguagem de Programação Java

Java é uma plataforma de *software*. Permite que um mesmo aplicativo seja executado em diferentes plataformas, ou seja, tornou-se uma linguagem de programação multiplataforma (FURGERI, 2012).

Plataforma é um ambiente de *software* ou hardware no qual um programa roda. A maioria das plataformas é formada pelo conjunto de hardware e um Sistema Operacional, isto é, conjunto de hardware e *software* que atuam juntos. Java difere da maioria das outras plataformas porque é composta apenas de um *software* operando sobre uma outra plataforma qualquer (FURGERI, 2012).

Cada plataforma possui sua própria máquina virtual Java. Existe somente uma especificação padronizada para ela, tornando a interface uniforme para aplicativos em qualquer hardware.

Os programas desenvolvidos em Java são constituídos de partes chamadas classes, que possuem, por sua vez, partes denominadas métodos, os quais realizam tarefas e retornam informações, quando as tarefas são concluídas. Embora o programador possa criar cada parte necessária para formar seus programas em Java, o mais comum é utilizar as classes e coleções existentes na linguagem (DEITEL; DEITEL, 2010).

### 3.6.2 O que é MVC?

A arquitetura *MVC* é um modelo de design de projetos de *software*. Ela o divide em camadas de lógica e camadas de negócio, ambas separadas da camada de visual (GABARDO, 2012).

O *MVC* é reconhecido como um modelo de *design pattern* ou padrão de design de *software*, por ser utilizado como solução habitual para um problema conhecido, portanto, uma solução que possa ser reutilizada. Essa possibilidade de utilizar a solução de um problema para outro diverso fez com que o *MVC* fosse apontado como um modelo de *design pattern* (GABARDO, 2012).

A arquitetura *MVC* foi uma solução encontrada para separar o sistema em camadas, separando lógica e regras de negócio da camada de apresentação. Nela, implementamos três camadas distintas: *Model*, *View* e *Controller* (GABARDO, 2012).

### 3.6.3 Definição de Model

Responsável pela generalização dos dados, a camada *Model* faz com que as classes *model* tenham herança de propriedades da superclasse *model* do sistema, assim, tem características e comportamentos da mesma. Essa classe é comumente utilizada para gravar e recuperar dados dentro do banco de dados. Porém, é possível realizar essas tarefas de outras formas (GABARDO, 2012).

### 3.6.4 Definição de View

A camada *View* é responsável pela apresentação dos dados ao usuário. Ela recebe dados das classes *controllers* e não deve possuir comunicação direta com as classes *models* ou mesmo com o banco de dados (GABARDO, 2012).

### 3.6.5 Definição de Controller

A camada *Controller* é responsável pela ligação entre a camada de dados e a generalização *model* com camada visual *view*. As classes *controllers* também são responsáveis por carregar as classes *models* e *views*, receber informações e fazer verificações antes de enviá-las adiante (GABARDO, 2012).

### 3.6.6 UML

A organização que desenvolve *software* com sucesso é aquela que consegue entregar os produtos atendendo às necessidades dos clientes, cumprindo os prazos estabelecidos e fazendo uso correto de seus recursos (pessoas, equipamentos, etc) de forma sustentável (SBROCCO, 2011).

A UML é uma forma de representação gráfica para modelar sistemas, inclusive, a mais utilizada no mundo para modelar sistemas orientados a objetos. Ela foi responsável por unificar vários esquemas populares que existiam (DEITEL; DEITEL, 2010).

A engenharia de *software* é uma área de conhecimento da computação que se preocupa, basicamente, com a especificação, o desenvolvimento e a manutenção de sistemas de *software*. Ela utiliza metodologias aliadas a tecnologias relacionadas a gestão de projetos, além de outras disciplinas, como objetivo de organizar o produto de *software* a ser desenvolvido, prezando pela qualidade e pela produtividade. Portanto, a engenharia de *software* entra em ação quando iniciamos a definição do escopo e a identificação dos principais componentes que farão parte do *software*. Suas atividades vão desde o planejamento inicial do projeto até a instalação do *software* no cliente, incluindo o suporte, que pode ser oferecido posteriormente (SBROCCO, 2011).

Ha uma grande quantidade de *softwares* para modelagem no mercado. Saber escolher qual utilizar é uma tarefa muito importante para o sucesso do projeto de *software* que será desenvolvido (SBROCCO, 2011).

No caso deste trabalho, a ferramenta escolhida para a elaboração dos diagramas foi o Astah Community, ferramenta gratuita para o uso acadêmico e que auxilia na elaboração de diversos diagramas.

Sabemos que o desenvolvimento de um *software* é uma atividade complexa e, devido a essa complexidade, inevitavelmente nos deparamos com diversos problemas que tentamos desesperadamente resolver no dia a dia. Para exemplificar, podemos citar inicialmente os problemas relacionados a demanda reprimida por novos sistemas (também conhecidos como backlog de aplicativos), os quais ocorrem quando determinada empresa mantém uma fila de projetos de sistemas que aguardam o desenvolvimento, pois a demanda por novos sistemas é maior do que a capacidade da empresa em implementa-los (SBROCCO, 2011).

Os *Use Cases* (Casos de Uso) têm por objetivo auxiliar a comunicação entre analista de sistemas e clientes, descrevendo cenários e funcionalidades do sistema, sob a perspectiva do usuário. Em um diagrama de casos de uso, temos os atores, casos de uso e relacionamentos entre eles (SBROCCO, 2011).

Atores podem ser quaisquer elementos capazes de interagir com o sistema, ou seja, são externos a ele. *Business Case* são documentos que descrevem processos de negócio e seus relacionamentos com elementos externos a ele, como fornecedores, parceiros, clientes, etc. (SBROCCO, 2011).

### 3.6.7 Desenvolvimento do *Software*

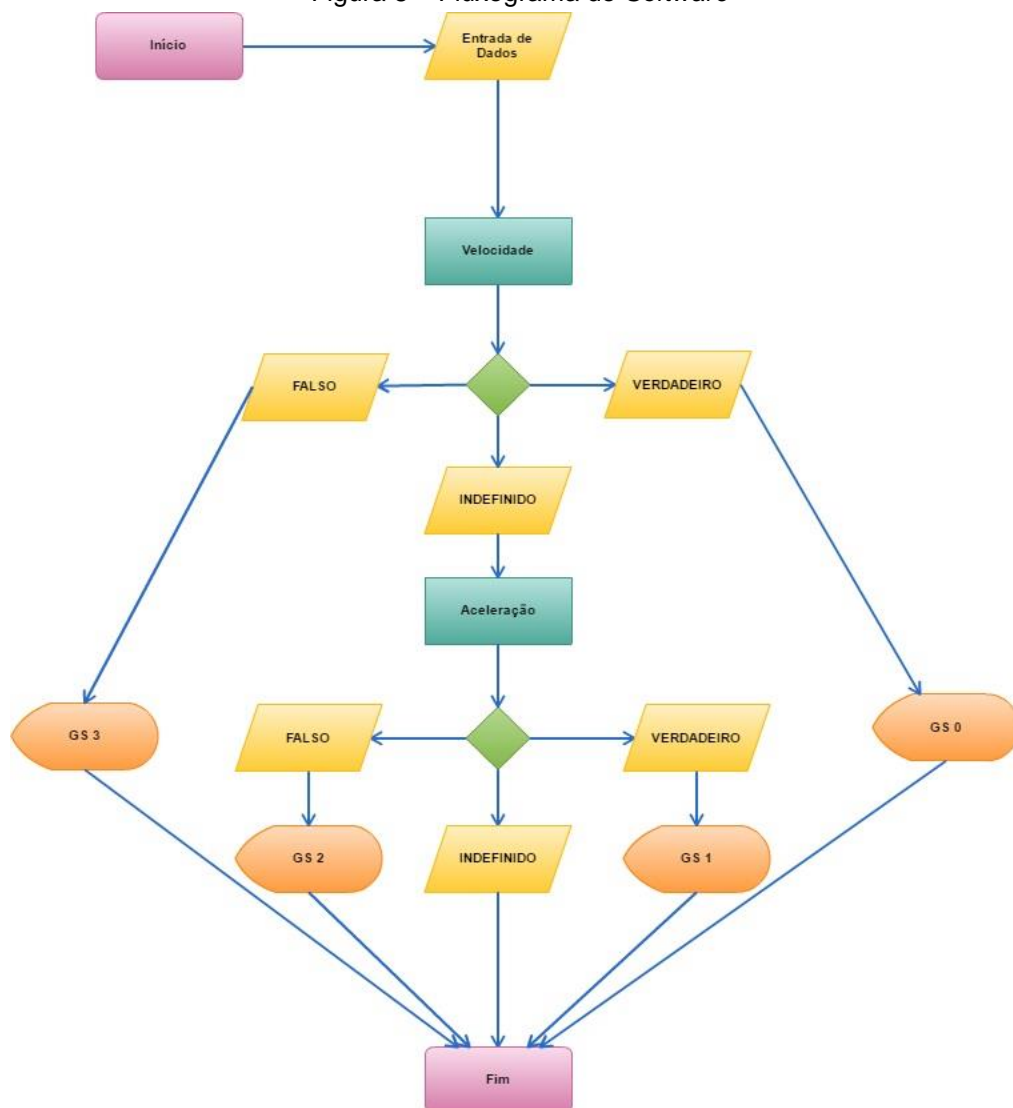
Neste tópico, foi detalhado todo o procedimento de concepção do *software*, com os diagramas de caso de uso e seus respectivos detalhamentos.

A Figura 8 mostra o fluxograma do *software* especialista. Inicialmente se tem a entrada de dados. O usuário faz a inserção da velocidade e aceleração por meio



de uma interface amigável. O primeiro dado analisado foi a velocidade. O sistema verifica se a mesma está entre o limite superior e inferior. No caso, foi realizada uma análise booleana (verdadeiro ou falso, cadastrado internamente no sistema). Se o valor estiver na faixa aceitável inferior ou superior, o sistema emite a resposta e imprime para o usuário, na tela, uma mensagem com a classificação de *Gait Score*. Se o valor da classificação estiver entre as faixas limites, considera-se indefinido para se obter resposta. Portanto, o sistema passa a utilizar a aceleração e assim faz a análise com a mesma. Sendo a resposta verdadeira ou falsa, o sistema emite, na tela, a classificação de *Gait Score*. Sendo indefinida, o sistema não emite classificação. Em todas as possibilidades, o sistema emite uma resposta e finaliza o processamento.

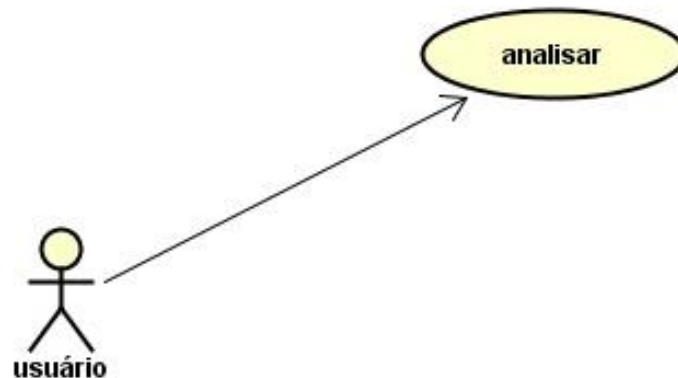
Figura 8 – Fluxograma do Software



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

## UC01 – Interface Inicial

Figura 9 – UC1 - Interface Inicial



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

### Detalhamento UC01– Interface Inicial

Nome do Cenário: Interface Inicial.

Atores: Usuário.

Propósito: Acessar o sistema.

Descrição Geral: Fornecer ao usuário uma interface, para que ele possa inserir os dados (velocidade e aceleração) e efetuar uma análise.

Pré-Condições: (condições que devem estar satisfeitas, para que o cenário ocorra)  
O usuário deve ter acessado o sistema; o Java deve estar instalado.

Fluxo de Eventos Típico – (Troca de informações entre Usuários e o Sistema):

1. O usuário deverá acessar a interface principal do sistema por meio do atalho disponibilizado.

Caminhos Alternativos:

O usuário pode fechar o sistema por meio do menu Sair.

O usuário pode acessar o menu Análise, para efetuar uma nova análise.

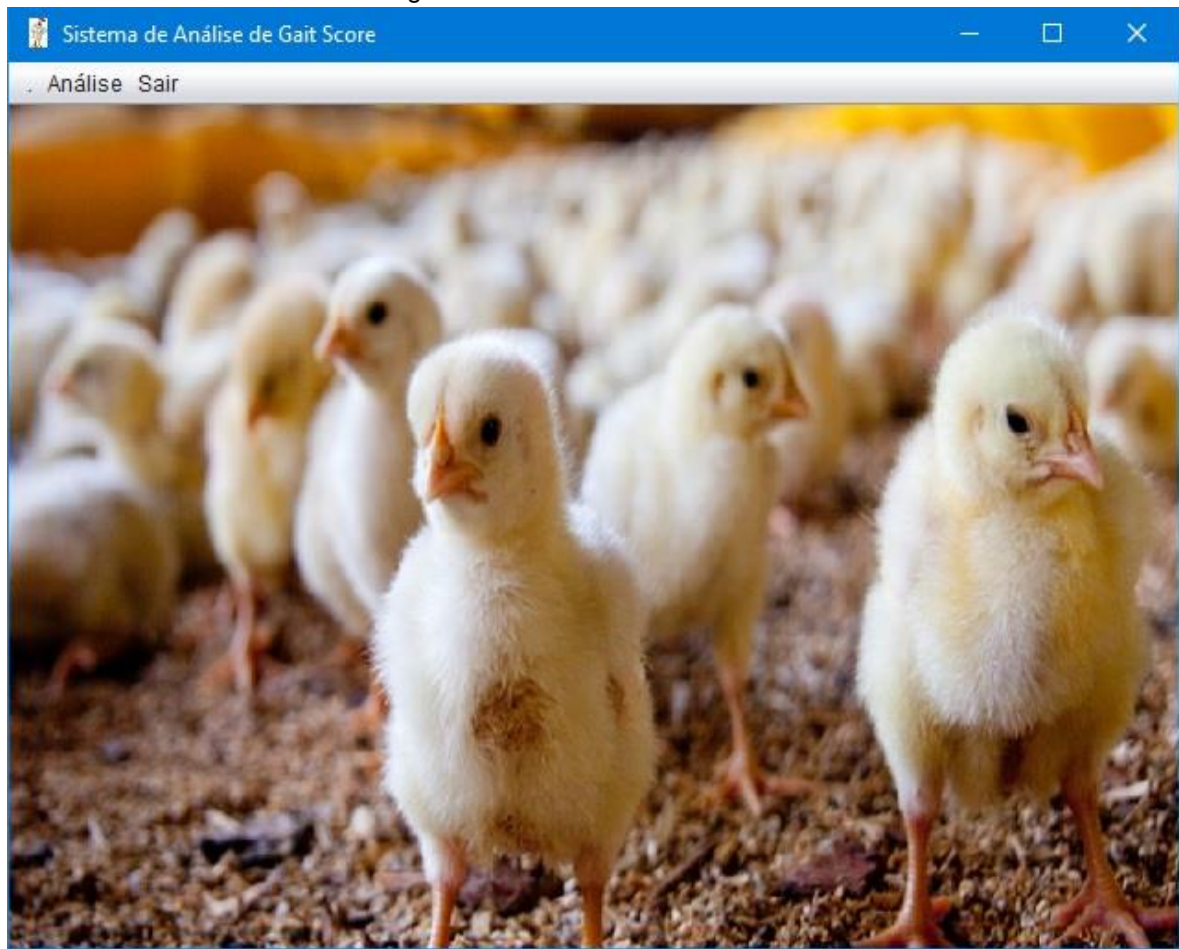
Exceções:

E1: Erro de acesso, APRESENTAR mensagem para o usuário.

Pós-Condições: Não aplicável

A Figura 10 mostra a tela inicial do sistema, onde o usuário tem a opção de efetuar uma nova análise ou sair do sistema, conforme detalhado no Diagrama de Caso de Uso da Figura 9.

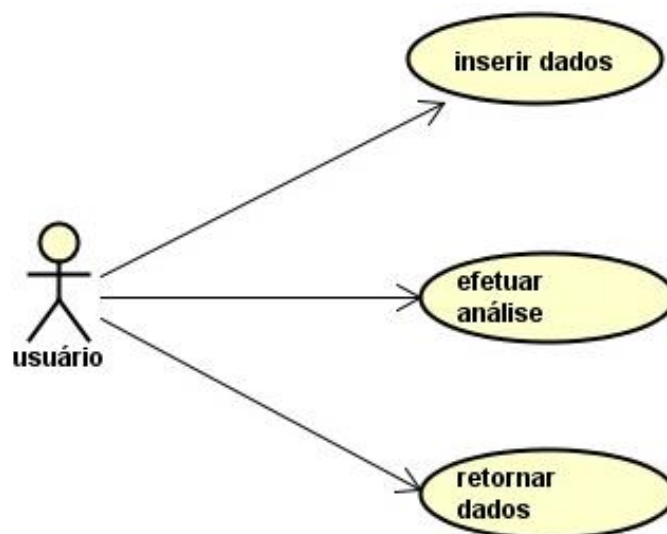
Figura 10 – Tela Inicial do Software



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

## UC02 – Análise de dados pelo usuário

Figura 11 – UC02 - Análise de dados pelo usuário



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

## **Detalhamento UC02 – Análise de dados pelo usuário**

Nome do Cenário: Análise de dados pelo usuário

Atores: Usuário.

Propósito: Efetuar análise de dados.

Descrição Geral: Fornecer ao usuário uma interface, para que ele possa selecionar a opção de inserir dados (velocidade e aceleração), efetuar uma análise e instantaneamente obter uma resposta para a análise dos dados.

Pré-Condições: (condições que devam estar satisfeitas, para que o cenário ocorra)  
O usuário deve ter acessado a função Análise no menu principal do sistema.

Fluxo de Eventos Típico – (Troca de informações entre Usuários e o Sistema):

1. O usuário deverá acessar o menu Análise dentro da interface principal do sistema. Deverá informar a velocidade e aceleração e clicar no botão Efetuar Análise, para que o sistema retorne uma mensagem com o resultado da análise.

Caminhos Alternativos:

O usuário pode fechar a tela de Análise e retornar ao menu principal.

O usuário pode fechar o sistema por meio do menu Sair.

O usuário pode acessar o menu Análise, para efetuar uma nova análise.

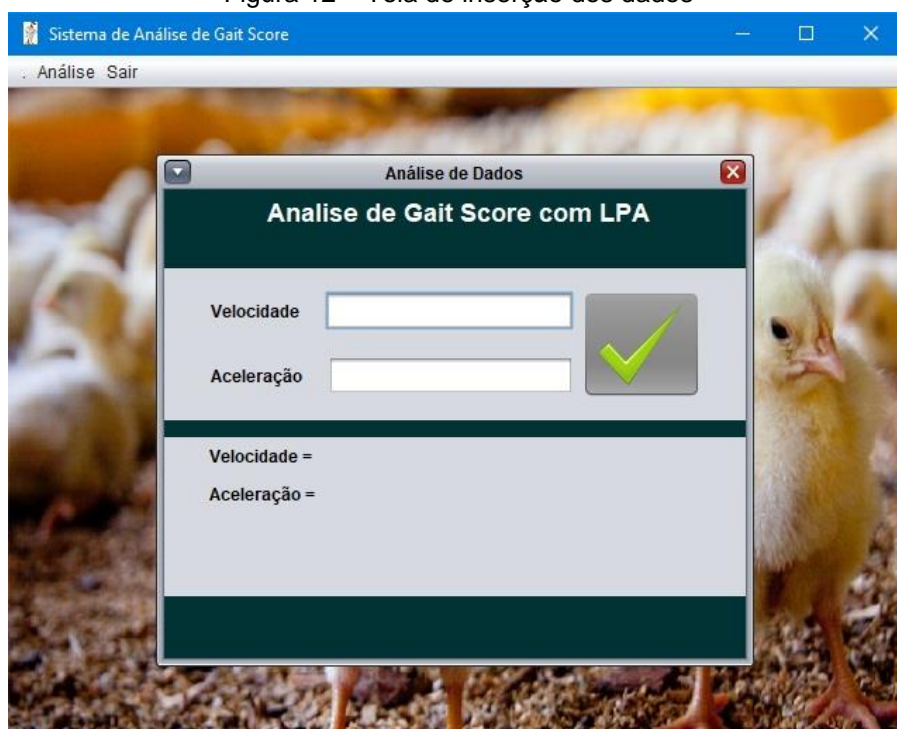
Exceções:

E1: Erro de parâmetros (o usuário pode informar algum carácter inválido no campo velocidade ou no campo aceleração).

Pós-Condições: Não aplicável

A Figura 12 mostra a tela de análise de *Gait Score* do sistema, onde o usuário tem campos para inserir velocidade e aceleração e um botão para efetuar a análise. O usuário também pode fechar essa tela. Todas as funcionalidades foram detalhadas no Diagrama de Caso de Uso da Figura 11.

Figura 12 – Tela de inserção dos dados



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A Figura 13 mostra a tela de análise de *Gait Score* do sistema após a inserção de dados e realização da análise, apresentando, assim, uma resposta na tela, com a classificação de *Gait Score*.

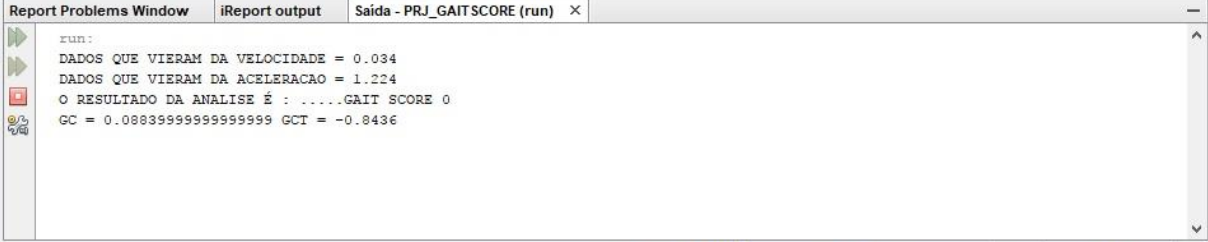
Figura 13 – Tela de resultado da análise dos dados



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A Figura 14 demonstra os resultados dos cálculos de GC e GCT realizados internamente no sistema. Esses dados foram visualizados via terminal e não foram disponibilizados para o usuário final do *software*.

Figura 14 – Saída de resultados e cálculos em modo texto



```
Report Problems Window | iReport output | Saída - PRJ_GAITSORE (run) X
run:
DADOS QUE VIERAM DA VELOCIDADE = 0.034
DADOS QUE VIERAM DA ACELERACAO = 1.224
O RESULTADO DA ANALISE É : .....GAIT SCORE 0
GC = 0.088399999999999999 GCT = -0.8436

PRJ_GAITSORE (run) | running... | 38:14 | INS
```

Fonte: Desenvolvido pelo autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do trabalho foram submetidos ao periódico Biosystems Engineering.

Utilizando todos os dados da planilha de amostragem geral (338 amostras), pode-se chegar aos seguintes resultados:

Tabela 9 – Resultados com amostragem total de estimativa de *Gait Score*

<b>Gait Score</b>	<b>Qtde Amostras (aves)</b>	<b>Qtde Acertos</b>	<b>Acertos (%)</b>
0	46	28	61
1	82	26	32
2	96	24	25
3	114	62	54
Total	338	140	42

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Utilizando os 10 dados centrais de cada velocidade e aceleração de *Gait Score* da planilha geral de amostragem (40 amostras), pode-se chegar aos seguintes resultados:

Tabela 10 – Resultados com amostragens centrais

<b>Gait Score</b>	<b>Qtde Amostras (aves)</b>	<b>Qtde Acertos</b>	<b>Acertos (%)</b>
0	10	10	100
1	10	5	50
2	10	7	70
3	10	10	100
Total	40	32	80

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

1           **Paraconsistent logic used for estimating the gait score of broiler chickens**

2   Irenilza de Alencar Nääs<sup>1\*</sup>, Luiz Carlos Machi Lozano<sup>1</sup>, Saman Abdanan Mehdizadeh<sup>2</sup>,  
3   Rodrigo Garófallo Garcia<sup>3</sup>, Jair Minoro Abe<sup>1</sup>

4

5   <sup>1</sup> Paulista University, Graduate Course in Production Engineering, Paulista University,  
6   Dr. Bacelar St 1212, São Paulo, SP, Brazil

7   <sup>2</sup> Department of Mechanics of Biosystems Engineering, College of Agricultural  
8   Engineering and Rural Development, Ramin Agriculture and Natural Resources  
9   University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Khuzestan, Iran.

10   <sup>3</sup> The Federal University of Grande Dourados, College of Agrarian Sciences, Rod  
11   Dourados-Itahum, km 12, Postal Code 79804-970, Dourados, Brazil

12

13

14           \*Corresponding author

15           [irenilza@gmail.com](mailto:irenilza@gmail.com); [irenilza.naas@unip.br](mailto:irenilza.naas@unip.br)

16           55-19-991146889

17



## 18       **Paraconsistent logic used for estimating the gait score of broiler chickens**

19

### 20       **Abstract.**

21       Visually estimating the gait score in a flock is not a precise task. The evaluation is done  
22       based on scores from 0 (sound bird) to 5 (lame bird). The extremes are easily  
23       identifiable; however, the intermediate scores are not evident. This study aimed to  
24       develop an algorithm and software to estimate broiler gait score. Video images were  
25       recorded from broilers walking on a special platform. The walkway was covered with  
26       bedding substrate. A blue panel provided a background to contrast with the birds.  
27       Selected broilers from the different gait scores were placed to walk on the runway, and a  
28       video was recorded. An algorithm was developed to analyse the video streams. The  
29       centroid of the chicken body was detected, through which the broiler's speed, and  
30       acceleration from gait score were calculated. The velocity and acceleration data were  
31       analysed using paraconsistent logic, and an algorithm was developed. The software was  
32       able to predict the intermediate values of broiler gait score with a low degree of  
33       uncertainty, given the broiler velocity and acceleration. For the estimation of GS 1, we  
34       obtained 50% accuracy. For GS 2 the estimation was 70% precise, and for GS 3, the  
35       results were 100% accurate. During the auditing of the flock welfare process, the  
36       intermediate results of broiler gait score are visually difficult to identify. Using the  
37       developed software it might be possible to detect lameness in broilers under commercial  
38       rearing since the velocity of displacement can be easily measured and used as input data  
39       by the growers.

40       **Keywords.** Broiler locomotion, gait dynamics, gait prediction, poultry production

41

### 42       **Introduction**

43 The broiler chicken is the most highly genetically selected livestock as it has a short  
44 production cycle. Nowadays, broiler meat is the most popular healthy meat worldwide.  
45 The development of broilers has been primarily directed at economic traits which have  
46 reduced the costs of production (Emmans and Kyriazakis, 2000; Caplen et al., 2012;  
47 Paxton et al., 2013). The body changes have included a significantly larger pectoral  
48 muscle mass (Corr et al. 2003; Schmidt et al. 2009). Some associations have been  
49 studied relating the consequent skeletal abnormalities to these anatomical changes  
50 (Vestergaard and Sanotra, 1999; Kestin et al. 2001; Alves et al., 2016), suggesting that  
51 their bodies did not evolve coherently with these traits, and perhaps predisposing them  
52 to lameness.

53 Broilers are reared worldwide using very similar and intensive systems of production,  
54 where birds are confined within a high flock-density housing during the growth  
55 (Knowles et al., 2008) and reared from hatch to slaughter within approximately 40 days.  
56 This advancement in meat production, at low cost, has led to reduced welfare (Bessei,  
57 2006) with diminished walking ability. Broiler locomotion has been previously studied  
58 to find a proper and precise way of predicting any abnormality of their gait (Corr et al.,  
59 1998; Bokkers and Koene, 2004; Dawkins et al., 2009; Nääs et al., 2010). In the  
60 developed scale (Kerstin et al., 1992) from 0 (sound bird) to 5 (lame bird), there are  
61 intermediate points in which even a trained observer might find it difficult to identify  
62 the appropriate gait score (GS).

63 Non-invasive methods have been developed to automatically assess the gait of several  
64 species including dairy cows (Song et al., 2008; Poursaberi et al., 2010), and broilers  
65 (Dawkins et al., 2013; Aydin, 2017a). Such models were able to predict lameness (Song  
66 et al., 2008), and to estimate animal traits and behaviour using pattern recognition  
67 techniques (Kashiha et al., 2013; Aydin, 2017). The use of the known models for

estimating gait score in broilers face an issue as the extreme limits of GS are easily visually detectable while some difficulty arises to identify the intermediate scores. The paraconsistent logic works with propositions  $p(\mu, \lambda)$ , where  $p$  is a proposition, and  $\mu$  and  $\lambda$  indicate the degree of favourable and contrary evidence, respectively. The pair  $(\mu, \lambda)$  is called the annotated constant, and the values of  $\mu$  and  $\lambda$  are limited between 0 and 1 (Da Costa et al., 1999; Da Silva Filho et al., 2009). Input data processing is done by the application of connective equations defined by the degree of certainty and the level of uncertainty  $pA(\mu_1, \lambda_1)$  and  $pB(\mu_2, \lambda_2)$ , respectively. Initially, the highest value of certainty is found ( $\mu_1$  or  $\mu_2$ ), proportional to  $(\mu_R)$ , followed by the minimisation of the degree of uncertainty ( $\lambda_1$  or  $\lambda_2$ ) proportional to  $(\lambda_R)$  (Da Costa et al., 1999; Da Silva Filho et al., 2009). The paraconsistent logic is applied to solve problems that present a high degree of uncertainty (Da Silva Filho et al., 2009; Martins, 2003; Da Silva Filho et al., 2016).

The gait score often found on commercial farms is in the in-between region, i.e. scores from 1 to 4, leading to a high level of uncertainty, as sound and lame birds are easily detected. The present study aimed to develop a paraconsistent algorithm to be used as the basis for software to predict the broiler gait score, given the recorded displacement velocity and acceleration of the bird.

86

## 87 **Materials and Methods**

88 A total of 300 1-day old chicks (genetic strain Cobb®500) were reared in an  
 89 experimental house at a flock density of 11 birds  $m^{-2}$ . Broilers were fed isonutrient feed  
 90 ration and water *ad libitum*, as recommended for the genetic strain. When the broilers  
 91 were 40 days old, 50 birds were randomly selected, and were each evaluated for gait  
 92 using the six scores method. The scoring system is defined as follows: 0= the gait is

smooth, the foot curls when lifted, and the bird appears well-balanced; 1= the gait is uneven, the foot may or may not bend when lifted; 2= the gait is uneven, the foot remains flat when lifted, the bird's stride is shortened, and the bird may have poor balance and use the wings for support; 3= similar to 2 but remains lying down unless gently nudged to move, and typically lies down after a series of steps; 4= birds are reluctant to move and use wings like crutches to walk, the bird can only take a few steps before lying back down; 5= is not able to take one step, and will shuffle if pushed to move (Kestin et al., 1992). Birds with a gait score of 4 to 5 were considered severely lame and were humanely culled. The field experiment took place at the Federal University of Grande Dourados, Brazil and the trial was approved by the Animal Ethics Committee (Protocol n. 030/2013).

#### **2.1. Video recording**

A video recording was made after visually assessing the GS of 25 birds. From the total of 25 scored birds, 18 males were carefully selected to represent the whole range of scores. The objective was to study birds which provide a clear description of the defined scores. The videos were taken in a specially built platform 1m long and 0.30 m wide, with a flat surface covered with 8 cm of bedding substrate (rice hulls), the same material the broilers had in the rearing house. The background for the video recording was a blue wall, placed to provide proper contrast with the birds. The platform was closed with a transparent acrylic wall 50 cm high (Figure 1a). The birds were stimulated to walk on the runway (Figure 1b), and the video was recorded in AVI format with speed of 60 frames s<sup>-1</sup> (FPS) using a video camera (Sony Handycam Memory Flash PJ200, Sony Corporation, Tokyo, Japan) equipped with special lenses (Lens Carl Zeiss® Vario-Tessar® Carl Zeiss, Oberkochen Germany). The video camera was fixed on a tripod at 1m distance from the platform directly facing the runway.

118 Insert Figure 1

119 The video signals of the broiler chicken movement (Figure 2 a) were converted to image  
 120 sequences and saved as a Jpeg files on the PC. The size of each captured image was  
 121 1080 x 1920 pixels. The centroid of the chicken body was detected using the  
 122 'regionprops' function in Matlab. The centroid detection process began with the  
 123 selection of a region of interest (ROI) on each acquired image, which was the blue  
 124 background of the image-capturing chamber (Figure 2b). The ROI was converted to  
 125 gray level image (255 levels) and then to a binary image (Figure 2c and d). A  
 126 binarisation threshold was estimated from the image intensity histogram. The optimal  
 127 threshold value was found by trial and error. The threshold was used to convert the  
 128 underlying image into a binary image. After binarisation, all the nearby areas were  
 129 labelled, and a threshold was applied on the adjacent labelled area to keep maximum  
 130 area, which was the chicken body, and to remove unwanted pixels (Figure 2e). Finally,  
 131 the centroid of the chicken body was detected (red spot Figure 2f). The analysis was  
 132 carried out by a program developed using Matlab v8.3 (Mathworks, Inc. Mass., USA).

133 Insert Figure 2

## 134 **2.2. Image analysis**

135 The Euclidean distance moved by the broiler's centroid between a pair of consecutive  
 136 frames was calculated. By calculating the Euclidean distance, both x and y displacement  
 137 would be taken into consideration. Afterward, the bird velocity and acceleration have  
 138 been computed. A matrix was formed for all videos analysed. The first displacement of  
 139 the body between consecutive frames ( $x_2 - x_1$ ) was calculated to help compute the  
 140 bird's speed and acceleration (Figure 3). This number could be positive or negative. If  
 141 the bird has higher displacement in the previous frame, this number is positive ( $x_2 > x_1$ )  
 142 and if it has lower displacement ( $x_2 < x_1$ ) it will be a negative number.

143 Insert Figure 3

144 The chicken velocity was determined from the displacement changes, in two  
 145 consecutive times, divided by a time difference which is the fixed number 1/29 (0.034  
 146 m s<sup>-1</sup>). Moreover, the acceleration was calculated from the velocity change in a given  
 147 amount of time. The absolute values were adopted to calculate the threshold with  
 148 negative and positive values. The algorithm was developed by fixing the image by  
 149 frame and cleaning it separating only the broiler, and to determine its centroid. The  
 150 velocity and acceleration of each group of birds with the same GS was recorded in an  
 151 Excel® table.

152 There were 388 data samples in total. The values were separated into GS (0, 1, 2, and  
 153 3). The GS 4 result was only used to determine the lower limit of walking (Figure 3b).  
 154 No GS 5 was found amongst the studied birds. The samples were classified using two  
 155 criteria (velocity and acceleration) to determine similarity within the data. For instance,  
 156 there were broilers with GS 3 with higher velocity than sound birds at some analysed  
 157 point of the trajectory. After testing several ways of ordering the data, samples were  
 158 selected based on the smallest standard deviation from the mean value (Table 1).

159 Insert Table 1

### 160 **2.3. Development of the paraconsistent algorithm**

161 After the determination of the velocity and the acceleration of each broiler  
 162 displacement, the paraconsistent analysis was applied to develop an algorithm to predict  
 163 the GS. The way the paraconsistent logic flows is presented in Figure 4.

164 Insert Figure 4

165 The paraconsistent logic translates suggestions of type  $p(\mu, \lambda)$ , being  $p$  a proposition  
 166 and  $(\mu, \lambda)$  are the degrees of favourable evidence and contrary evidence, respectively.

167 The pair  $(\mu, \lambda)$  is called the annotated constant, with the values of  $\mu$  and  $\lambda$  being limited

168 between 0 and 1 (Da Silva Filho et al., 2009). The processing of the input data is done  
 169 by the application of minimisation and maximisation connectives between the  
 170 formulations A and B that define the resulting state of the output, considering the  
 171 propositional ones with their respective degrees of belief and disbelief  $pA (\mu_1, \lambda_1)$  And  
 172  $pB (\mu_2, \lambda_2)$  We first obtain the highest value between the degrees of belief ( $\mu_1$  OR  $\mu_2$ )  
 173 and obtain the resulting belief level ( $\mu_R$ ), then minimising the degrees of disbelief ( $\lambda_1$   
 174 OR  $\lambda_2$ ) resulting disbelief ( $\lambda_R$ ) (Da Costa et al., 1999).

175 Considering the scenario of two expert groups A (E1, E2) and B (E3, E4), we can  
 176 demonstrate the application of the OR connective represented by the disjunction  $A \vee B$ :  
 177  $E1 (\mu_1, \lambda_1)$  OR  $E2 (\mu_2, \lambda_2) = (\text{Max } \{\mu_1, \mu_2\}, \text{Min } \{\lambda_1, \lambda_2\}) = AR (\mu_1, \lambda_1)$   
 178  $E3 (\mu_1, \lambda_1)$  OR  $E4 (\mu_2, \lambda_2) = (\text{Max } \{\mu_1, \mu_2\}, \text{Min } \{\lambda_1, \lambda_2\}) = AR (\mu_2, \lambda_2)$   
 179 Then the application of the AND connective between the annotated AR and BR signals,  
 180 representing the AR Conjunction  $\wedge BR$ :

$$181 \quad R = AR (\mu_1, \lambda_1) \text{ AND } BR (\mu_2, \lambda_2) = (\text{Min } \{\mu_1, \mu_2\}, \text{Max } \{\lambda_1, \lambda_2\}) = R (\mu_1, \lambda_1)$$

182 After applying the maximisation and minimisation, the degrees of certainty and  
 183 uncertainty are obtained by the degree of uncertainty ( $Gct (\mu, \lambda; \text{Eq. 1})$ ), and the degree  
 184 of certainty ( $Gc (\mu, \lambda; \text{Eq. 2})$ ).

$$185 \quad Gct = (\mu + \lambda) - 1 \quad \text{Eq. 1}$$

$$186 \quad GC = \mu - \lambda \quad \text{Eq. 2}$$

187 where  $\mu$  is favourable evidence and  $\lambda$  contrary evidence within the Paraconsistent Logic.

188 A paraconsistent system uses the following steps:

189 (1) the system receives information. The information is obtained through the use of two  
 190 independent variables in the range of 0 and 1. The first is the degree of certainty, and  
 191 the second is the degree of uncertainty;

192 (2) data processing using Equations 1 and 2 to meet the degree of contradiction and the  
193 level of confidence, respectively;

194 (3) to reach the inference.

195 To meet the third step the following conditions are needed (a) there exists a high degree  
196 of contradiction, there is no certainty to rely on the inference; therefore new evidence is  
197 needed, and (b) there exists a low degree of contradiction; an inference can be reached  
198 with a high degree of certainty. The high degree of contradiction and certainty can be  
199 positive or negative, and the value that defines high and low is a decision that depends  
200 exclusively on the system in which the inference is going to be used. The para-analyser  
201 algorithm translates the paraconsistent analysis through the degrees of certainty and  
202 uncertainty resulting in the values generated by the degrees of contradiction and  
203 confidence (Da Costa et al., 1999; Da Silva Filho et al., 2009). Half of the selected  
204 samples was used to develop the algorithm, and the other half was used to calibrate the  
205 algorithm.

206

## 207 **Results**

208 The general analysis of the data did not generate definitive information, as the  
209 classification was performed manually generating a margin of error. The data were then  
210 separated (according to each GS) in a way that the inference could be drawn from each  
211 group.

212 Separating the data between the four gait score groups, it can be noticed that the GS 1  
213 and 2 groups presented a disparity, where the mean speed for GS 2 was greater than for  
214 GS 1 (Table 1). The greatest mean speed was found in sound broilers (GS 0) and the  
215 smallest mean speed value was for GS 3.

216 Insert Table 2



217 To improve the quality of the information and to arrive at more precise results, the ten  
 218 central samples of each group were selected. The mean speed and mean acceleration of  
 219 the group was then calculated (Table 3). Using the central data, GS 0 had the highest  
 220 speed, and GS 3 still had the lowest values. However, the G 1 and G 2 results are still  
 221 confusing, therefore needing the use of artificial intelligence tool to improve the  
 222 analysis. Paraconsistent logic was applied. The process done with the velocity was also  
 223 carried out with the acceleration data, classifying within each group using the  
 224 acceleration as a parameter, after which the average of the total acceleration of each  
 225 group was calculated (Table 3).

226 Insert Table 3

227 The GS 1 and G 2 groups presented a disparity in the acceleration values, as in the  
 228 velocity. The mean value of the acceleration of broilers with GS 2 was higher than birds  
 229 with GS 1. The highest mean acceleration was found in sound broilers and the smallest  
 230 value in birds with GS 3. In the same way that was done with the speed, the 10 central  
 231 samples of each group were selected. The mean of the acceleration of the group was  
 232 then calculated by obtaining the results shown in Table 4.

233 Insert Table 4.

234 The algorithm used as the basis for the development of the software was the para-  
 235 analyser. In this algorithm, two input values are required:  $\mu$  and  $\lambda$ . In the developed  
 236 algorithm the values used for input were broiler velocity and acceleration related to each  
 237 GS. Within paraconsistent logic, the values need to be between 0 and 1, if not there is a  
 238 need to normalise the data. This procedure is done with the values of acceleration since  
 239 the spreadsheet contained values greater than 1. In the case of speed, the values were  
 240 within an acceptable range.

Two cut-off values were identified by applying statistical analysis using the mean and median values of velocity. The highest value was attributed to GS 0 and the second to GS 3. For GS 0, the value of  $0.030 \text{ m s}^{-1}$  was used, considering broilers with a velocity greater than or equal to this value to have GS 0. For GS 3 the value  $0.012 \text{ m s}^{-1}$  was used, considering broilers with GS 3 to be those with speed less than or equal to this value. The software first performs an analysis of the values entered, verifying if they fit the cut-off values of GS 0 or GS 3. If the values are between the cut-off values, the software needs an analysis using the para-analyser algorithm.

There are also four other variables within the algorithm C1, C2, C3, and C4 representing *upper certainty control value*, *lower certainty control value*, *upper contradiction control value*, and *lower contradiction control value*. The values of these variables were calibrated using an Excel® spreadsheet where the DC and DCT of all 338 samples were calculated using the criteria presented in Table 5. The rules are shown in Table 6.

Insert Table 5

Insert Table 6

Thus, the data inserted between the borderline for GS 0 and GS 3 are analysed by DC and DCT, where the following conclusions can be drawn:

If DC is greater than or equal to C1, then the classification will be Gait Score 1.

If DC is less than or equal to C2, then the classification will be Gait Score 2.

If DCT greater than or equal to C3, therefore the classification will be Undefined.

If DCT less than or equal to C4, therefore the classification will be Indeterminate.

A classification was performed using all the data (338 samples) from the general sampling worksheet (Table 7), and using the ten central data of each GS (40 samples) from the general sample worksheet (Table 8).

266 Insert Table 7

267 Insert Table 8

268 Using the presented results, software was developed using the paraconsistent algorithm  
269 in the language Java. The software used the flow diagram shown in Figure 5. Insert  
270 Figure 5

## 271 **Discussion**

272 The assessment of locomotion issues in broiler chicken is not an easy task. Gait scoring  
273 provides a practical assessment tool to visually detect gait-dynamic issues. Although the  
274 scoring system gives an accurate prediction for the extreme limits of broiler locomotion  
275 state, severe lameness (GS 5) and sound bird (GS 0), the intermediate values of gait  
276 score remain difficult to estimate. The auditing process of welfare includes the flock  
277 gait score, which is a laborious and repetitive task, usually presenting wrong results due  
278 to the inefficiency of the visual process. The use of paraconsistent logic in the present  
279 study allowed the development of an algorithm and software to enable the user to  
280 predict broiler gait score under commercial rearing using the bird velocity and  
281 acceleration. Our results were similar to the algorithm developed by Aydin (2017), who  
282 found that a way to identify broiler lameness starting from GS 3. The current  
283 investigation predicted broiler gait score from 0 to 3, an improvement from the previous  
284 findings.

285 There is no simple association of velocity and acceleration with the bird gait score  
286 (Dawkins et al., 2009, 2012), justifying the application of paraconsistent logic to the  
287 experimental data. For GS 0 we had 100% precise prediction when compared to the  
288 visual evaluation (sound broiler). For the estimation of GS 1, we obtained 50% of  
289 correct prediction. For GS 2 the estimate was 70% right, and for GS 3, the results were  
290 100% correct. The intermediate results of broiler gait score (GS 2 and GS 3) are those

visually difficult to identify (Aydin, 2017a), but here we achieved high accuracy in determining the values of GS 3.

The software has potential to be used as a monitoring tool for early detection of lameness in broilers under commercial rearing since the velocity of displacement can be easily measured and used as input data. The early detection of lameness in broiler flocks might reduce leg health problems and considerably alleviate welfare issues (Corr et al., 1998; Weeks et al., 2000; Knowles et al., 2008).

The proposed system and the future development of a smart phone App combined with other information from behaviour analysis for early detection of lameness may allow farmers to take immediate management actions to mitigate locomotion issues in broiler production.

### Conclusions

- A paraconsistent algorithm was developed to predict broiler gait score using the centroid of the chicken body, and the speed and acceleration during the bird displacement.
- A software was built to predict the gait score on the farm by recording the speed of the broiler while walking.

### Acknowledgements

The authors wish to thank Marlon Amadori and Diego Pereira Neves for helping to collect the field data and Prof. Almeida Paz for scoring the gait of the broilers in the field research. We also thank CAPES and CNPQ for the research grant.

### References

- Alves, M. C. F., Paz, I. C.L. A., Nääs, I. A., Garcia, R. G., Caldara, F.R., Baldo, G. A. A., Garcia, E. A., Molino, A.B. (2016). Locomotion of commercial broilers and

- indigenous chickens. *R Bras Zootec* 45, 372-379. Doi: 10.1590/S1806-92902016000700003.
- Aydin, A. (2017). Development of an early detection system for lameness of broilers using computer vision. *Comput Electron Agr* 136, 140-146. Doi: 10.1016/j.compag.2017.02.019.
- Aydin, A. (2017a). Using 3D vision camera system to automatically assess the level of inactivity in broiler chickens. *Comput Electron Agr* 135, 4-10. Doi:10.1016/j.compag.2017.01.024.
- Bessei, W. (2006). Welfare of broilers: a review. *Worlds Poult Sci J* 62, 455-466.
- Bokkers, E. A. M., Koene, P. (2004). Motivation and ability to walk for a food reward in fast- and slow-growing broilers to 12 weeks of age. *Behav Process* 67: 121-130.
- Corr, S. A., McCorquodale, C.C., Gentle, M.J. (1998). Gait analysis of poultry. *Res Vet Sci* 65, 233-238. Doi: 10.1016/S0034-5288(98)90149-7.
- Corr, S. A., Gentle, M. J., McCorquodale, C. C., Bennett, D. (2003). The effect of morphology on the musculoskeletal system of the modern broiler. *Anim Welf* 12:145-157.
- Da Costa, N. C. A., Murolo, A. F., Leite, C. F. S., Abe, J.M. (1999). *Lógica paraconsistente aplicada*. São Paulo: Atlas. (In Portuguese).
- Da Silva Filho, J. I., Holms G. A. T. A., Hurtado, G. V., Garcia, D. V. (2009). *Analysis and Diagnosis of Cardiovascular Diseases through the Paraconsistent Annotated Logic*. Studies in Computational Intelligence, Nakamura N. et al. (Eds): New Advances in Intelligent Decision Technologies. SCI 199, pp. 295-303. Springer, Berlin. Doi: 10.1007/978-3-642-00909-9\_29.
- Da Silva Filho, J.I., Vander Nunes, C., Garcia, D.V., Mario, M. C., Giordano, F., Abe, J. M., Tavares, M. T., Silveira Jr., P. L. (2016) Paraconsistent analysis network applied

341 in the treatment of Raman spectroscopy data to support medical diagnosis of skin  
 342 cancer. *Med Biol Eng Comput* 54, 1453. Doi:10.1007/s11517-016-1471-3.

343 Dawkins, M. S., Lee, H., Waite, C. D., Roberts, S. J. (2009). Optical flow patterns in  
 344 broiler chicken flocks as automated measures of behaviour and gait. *Appl Anim Behav*  
 345 *Sci* 119, 203-209. Doi: 10.1016/j.applanim.2009.04.009.

346 Dawkins, M. S., Cain, R., Roberts, S. J. (2012). Optical flow, flock behaviour and  
 347 chicken welfare. *Anim Behav* 84, 219–223. Doi: 10.1016/j.anbehav.2012.04.036.

348 Dawkins, M. S., Cain, R., Merelie, K., Roberts, S. J. (2013). In search of the  
 349 behavioural correlates of optical flow patterns in the automated assessment of broiler  
 350 chicken welfare, *Appl Anim Behav Sci* 145, 44-50.  
 351 Doi:10.1016/j.applanim.2013.02.001.

352 Emmans, G. C., Kyriazakis, I. (2000). *Issues arising from genetic selection for growth*  
 353 *and body composition characteristics in poultry and pigs*. P.39–52 in: The Challenge of  
 354 Genetic Change in Animal Production. Occasional Publication. Hill, W. G. et al. (Eds).  
 355 British Society of Animal Science, Edinburgh, U.K.

356 Kashiha, M., Bahr, C., Ott, S., Moons, C. P. H., Niewold, T. A., Ödberg, F.O.,  
 357 Berckmans, D. (2013). Automatic identification of marked pigs in a pen using image  
 358 pattern recognition. *Comput Electron Agr* 93, 111-120. Doi:  
 359 10.1016/j.compag.2013.01.013.

360 Kestin, S.C., Knowles, T.G., Tinch, A.E., Gregory, N.E. (1992). Prevalence of leg  
 361 weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Vet Rec* 131, 190-194.

362 Kestin, S.C., Gordon, S., Su, G., Sørensen, P. (2001). Relationships in broiler chickens  
 363 between lameness, live weight, growth rate and age. *Vet Rec* 148,195-197.  
 364 Doi:10.1136/vr.148.7.195

- 365 Knowles, T.G., Kestin, S. C., Haslam, S. M., Brown, S. N., Green, L.E., Butterworth,  
 366 A., Pope, S. J., Pfeiffer, D., Nicol, C. J. (2008). Leg disorders in broiler chickens:  
 367 prevalence, risk factors, and prevention. *PLoS One* 3(2): e1545. Doi:  
 368 10.1371/journal.pone.0001545.
- 369 Martins, H. G. A. (2003). Electric power systems contingencies analysis by  
 370 paraconsistent logic application. *IEEE Conference*. Doi: 10.1109/ISAP.2007.4441603
- 371 Nääs, I. A., Paz, I. C. L. A., Baracho, M. S., Menezes, A. G., Lima, K. A. O., Bueno, L.  
 372 G. F., Mollo Neto, M., Carvalho, V. C., Almeida, I. C. L., Souza, A. L.(2010).  
 373 Assessing locomotion deficiency in broiler chicken. *Sci Agric* 67: 129-135. Doi:  
 374 10.1590/S0103-90162010000200001.
- 375 Paxton, H., Daley, M. A., Corr, S. A., Hutchinson, J. R. (2013). The gait dynamics of  
 376 the modern broiler chicken: a cautionary tale of selective breeding. *J Exp Biol* 216,  
 377 3237-3248. Doi: 10.1242/jeb.080309.
- 378 Poursaberi, A., Bahr, C., Pluk, A., Van Nuffel, A., Berckmans, D. (2010). Real-time  
 379 automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape  
 380 analysis of cow with image processing techniques. *Comput Electron Agr* 74, 110-119.  
 381 Doi:10.1016/j.compag.2010.07.004.
- 382 Schmidt, C. J., Persia, M. E., Feierstein, E., Kingham, B., Saylor, W. W. (2009).  
 383 Comparison of a modern broiler line and a heritage line unselected since the 1950s.  
 384 *Poult Sci* 88, 2610-2619. Doi: 10.3382/ps.2009-00055.
- 385 Song, X., Leroy, T., Vranken, E., Willem Maertens, Sonck, B., Daniel Berckmans, D.  
 386 (2008). Automatic detection of lameness in dairy cattle—Vision-based trackway  
 387 analysis in cow's locomotion. *Comput Electron Agr* 64, 39-44, ISSN 0168-1699. Doi:  
 388 10.1016/j.compag.2008.05.016.

- 389 Vestergaard, K.S., Sanotra, G.S. (1999). Relationships between leg disorders and  
390 changes in the behaviour of broiler chickens. *Vet Rec* 144, 205–209. Doi:  
391 10.1136/vr.144.8.205.
- 392 Weeks, C. A., Danbury, T.D., Davies, H.C., Hunt, P., Kestin, S. C. (2000). The  
393 behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. *Appl Anim Behav Sci*  
394 67, 111–125. Doi: 10.1016/S0168-1591(99)00102-1  
395  
396



397 **Figure Headings**

398

399 Figure 1. Special imaging chamber developed for making the video footage (a) of the  
400 locomotion of the selected broilers (male and female of Cobb® genetic strain) with  
401 different gait scores (b).

402

403 Figure 2. The image processing steps: original image (a), selected ROI (b), converted  
404 ROI to gray level image (c), binarised image (d), unwanted pixels removal (e), centroid  
405 detection (f)

406

407 Figure 3. View of the broiler centroid displacement on the pathway with a sound bird  
408 (a) the picture containing 61 frames, and (b) a bird with gait score 4 the picture  
409 containing 211 frames.

410

411 Figure 4. Schematic description of the paraconsistent logic approach adopted to develop  
412 the algorithm to predict the gait score for broilers.

413

414 Figure 5. Flow diagram of the software using paraconsistent logic and developed for  
415 predicting the gait score based on the velocity of broilers while walking.

416

417

418

419   **Tables Headings**

420

421   Table 1. Selected samples from each registered gait score from data of velocity and  
422   acceleration of a broiler walking in a pathway.

423

424   Table 2. Mean of broiler velocity separated by the broiler gait scores.

425

426   Table 3. Mean values of the selected broiler velocities and acceleration in each group of  
427   gait score.

428

429   Table 4. Mean of the acceleration values grouped by each gait score

430

431   Table 5. The calibration of the variables used for developing the para consistent  
432   algorithm.

433

434   Table 6. Description of the calibration of the variables of velocity and acceleration  
435   related to the corresponding gait score.

436

437   Table 7. Results using the total of samples of broiler velocity and acceleration related to  
438   each gait score.

439

440   Table 8. Results using the central samples values of broiler velocity and acceleration for  
441   each gait score.



Figure 1. Special imaging chamber developed for making the video footage (a) of the locomotion of the selected broilers (male and female of Cobb® genetic strain) with different gait scores (b).

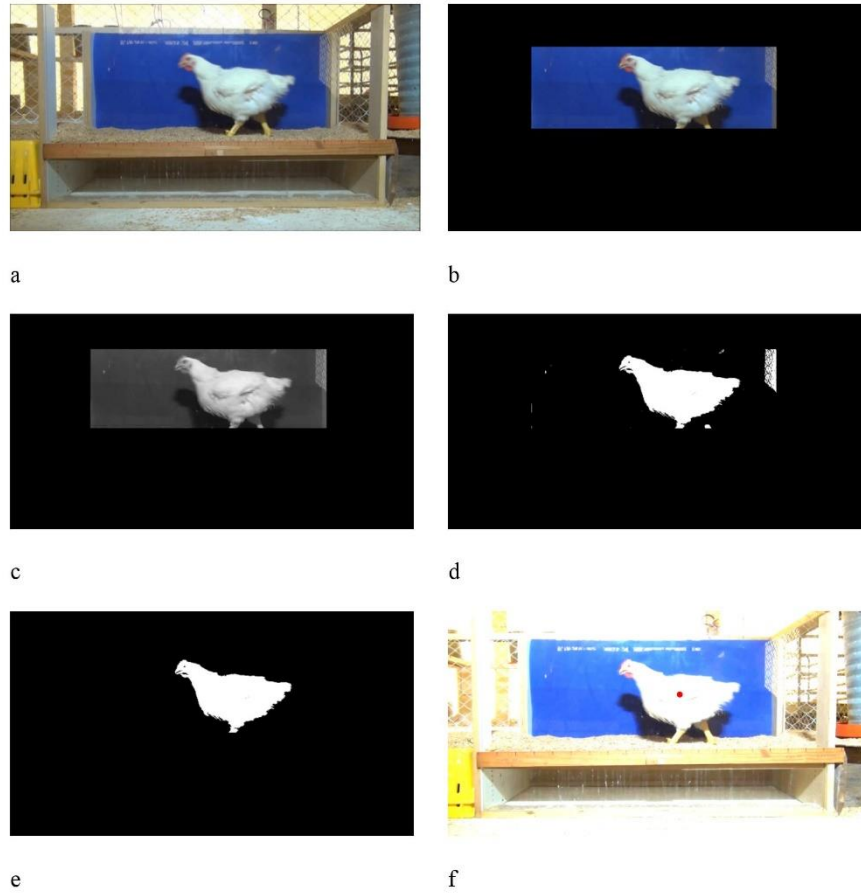
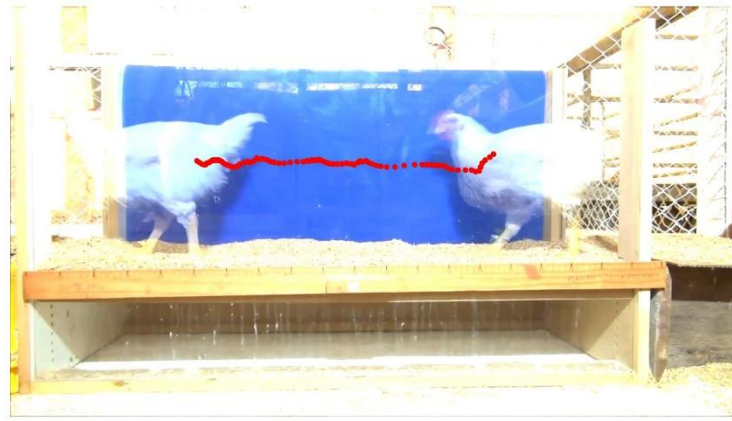


Figure 2. The image processing steps: original image (a), selected ROI (b), converted ROI to gray level image (c), binarized image (d), unwanted pixels removal (e), centroid detection (f)

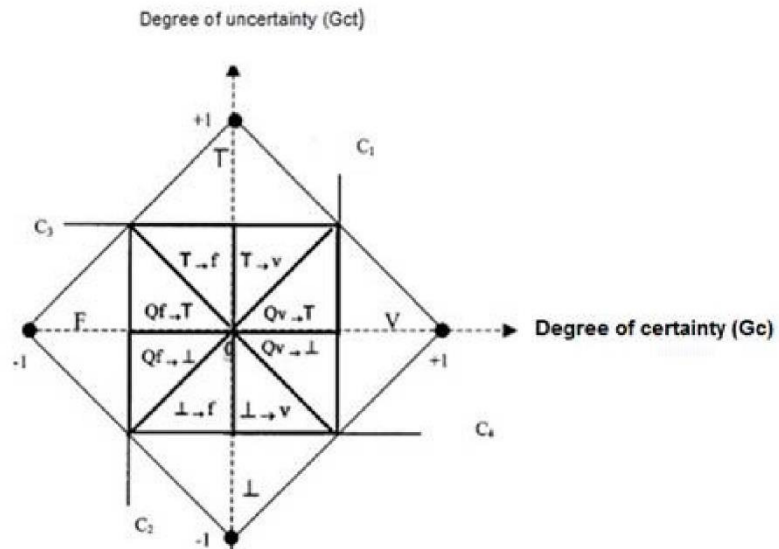


a



b

Figure 3. View of the broiler centroid displacement on the pathway with a sound bird (a) the picture containing 61 frames, and (b) a bird with gait score 4 the picture containing 211 frames.



$T$  = inconsistent  
 $F$  = false  
 $\perp$  = indetermined  
 $V$  = true  
 $\perp \rightarrow f \Rightarrow$  Indeterminate tending to false  
 $\perp \rightarrow v \Rightarrow$  Indeterminate tending to true  
 $T \rightarrow f \Rightarrow$  Inconsistent tending to false  
 $T \rightarrow v \Rightarrow$  Inconsistent tending to true  
 $Qv \rightarrow T \Rightarrow$  Almost true tending to the inconsistent  
 $Qf \rightarrow T \Rightarrow$  Almost false tending to the inconsistent  
 $Qf \rightarrow \perp \Rightarrow$  Almost false tending to the indetermined  
 $Qv \rightarrow \perp \Rightarrow$  Almost true tending to the indetermined  
 $Gct \Rightarrow$  Degree of uncertainty  
 $Gc \Rightarrow$  Degree of certainty  
 $C1 \Rightarrow$  Top certainty control value.  
 $C2 \Rightarrow$  Top uncertainty control value  
 $C3 \Rightarrow$  Lower value of certainty control  
 $C4 \Rightarrow$  Lower value of uncertainty control.

Figure 4. Schematic description of the paraconsistent logic approach adopted to develop the algorithm to predict the gait score for broilers.

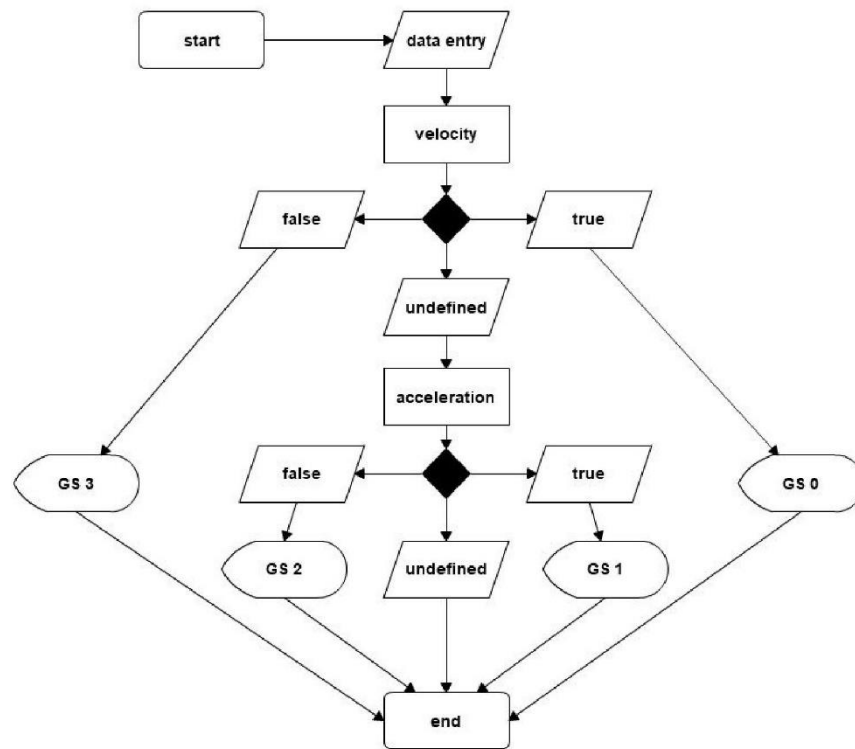


Figure 5. Flow diagram of the software using paraconsistent logic and developed for predicting the gait score based on the velocity of broilers while walking.

Table 1. Selected samples from each registered gait score from data of velocity and acceleration of a broiler walking in a pathway.

<b>Gait Score</b>	<b>Number of samples</b>
0 (n=4)	46
1 (n=5)	82
2 n=4)	96
3 (n=5)	114

n=number of broilers in the pathway test.



Table 1. Mean broiler velocity related to the broiler gait scores.

Gait Score	Mean velocity (m s <sup>-1</sup> )
0 (n=4)	0.041
1 (n=5)	0.022
2 n=4)	0.027
3 (n=5)	0.017

n=number of broilers in the pathway test.

Table 1. Mean values of the selected broiler velocity and acceleration in each group of gait score.

Group / Gait Score	Mean velocity (m s <sup>-1</sup> )	Mean acceleration (m s <sup>-2</sup> )
0 (n=4)	0.037	1.320
1 (n=5)	0.021	0.780
2 (n=4)	0.022	1.004
3 (n=5)	0.011	0.669

n=number of broilers in the pathway test.

Table 4. Mean of the acceleration values grouped by each gait score

<b>Group / Gait Score</b>	<b>Mean acceleration (m s<sup>-2</sup>)</b>
0 (n=4)	0.994
1 (n=5)	0.857
2 n=4)	0.537
3 (n=5)	0.364

n=number of broilers in the pathway test.

Table 5. The calibration of the variables used for developing the para consistent algorithm.

Variable	Value	Summary
C1	0.042	Mean of the 10 central $D_C$ for GS 1 and GS 2
C2	0.041	Mean of the other $D_C$ of GS 1 and GS 2
C3	-0.308	Lowest $D_{CT}$ of the value of GS 1 and GS 2
C4	0.016	Highest $D_{CT}$ of the value of GS 1 and GS 2

C= calibration of the variable, gait score;  $D_C$ =degree of certainty;  $D_{CT}$ =degree of contradiction

Table 6. Description of the calibration of the variables of velocity and acceleration related to the corresponding gait score.

Variable	Value	Description
C1	0.042	Average of 10 Central $G_C$ Gait Score 1 and 2
C2	0.041	Mean of the other $G_C$ of Gait Score 1 and 2
C3	-0.308	Minor $G_{CT}$ of Gait Score 1 and 2
C4	0.016	Higher $G_{CT}$ Gait Score 1 and 2

Table 7. Results using the total of samples of broiler velocity and acceleration related to each gait score.

<b>Gait Score</b>	<b>Number of samples</b>	<b>Algorithm Classification</b>	<b>Algorithm Classification</b>	<b>Algorithm Classification</b>	<b>Algorithm Classification</b>	<b>Algorithm Performance (%)</b>
		<b>GS0</b>	<b>GS1</b>	<b>GS2</b>	<b>GS3</b>	
0	46	<b>28</b>	7	9	2	61
1	82	19	<b>26</b>	23	14	32
2	96	33	19	<b>24</b>	20	25
3	114	18	12	22	<b>62</b>	54
Total	338	98	64	78	98	42

Table 8. Results using the central samples values of broiler velocity and acceleration for each gait score.

<b>Gait Score</b>	<b>Number of samples</b>	<b>Number of true values</b>	<b>True values (%)</b>
0	10	10	100
1	10	5	50
2	10	7	70
3	10	10	100
Total	40	32	80

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusão geral

A avaliação dos problemas locomotores em frangos não é uma tarefa fácil. O método de *Gait Score* fornece uma ferramenta de avaliação prática para detectar visualmente problemas dinâmicos de marcha. Embora o sistema de pontuação forneça uma previsão precisa para os limites extremos de estado de locomoção do frango, como a claudicação severa GS 5 e no caso de um frango que anda perfeitamente GS 0, os valores intermediários da pontuação da marcha ainda são difíceis de estimar. O processo de auditoria de bem-estar inclui o score de marcha do lote de frangos, tarefa laboriosa e repetitiva, geralmente apresenta resultados errados devido à ineficiência do processo visual. O uso de Lógica Paraconsistente, no presente estudo, permitiu o desenvolvimento de um algoritmo e de um *software*, para permitir que o usuário preveja a pontuação da marcha na criação comercial, usando a velocidade e aceleração da ave. Nossos resultados foram semelhantes ao algoritmo desenvolvido por Aydin (2017), quando o autor descobriu uma maneira de identificar a claudicação do frango iniciando no GS 3. A pesquisa atual viabiliza a previsão da pontuação da marcha dos frangos de GS 0 a GS 3, permitindo uma melhoria das descobertas anteriores.

Segundo Dawkins, Cain, Roberts (2012), não existe uma associação simples entre velocidade e aceleração com a pontuação da marcha da ave. Essa foi a razão pela qual decidimos aplicar a Lógica Paraconsistente aos dados experimentais. Para GS 0, tínhamos 100% de precisão, quando comparada à avaliação visual. Para a estimativa de GS 1, obtivemos 50% de precisão. Para o GS 2, a estimativa foi 70% precisa e, para o GS 3, os resultados foram 100% precisos. Como os resultados intermediários, a pontuação da marcha (GS 2 e GS 3) são aquelas visivelmente difíceis de identificar (AYDIN, 2017).

Os resultados fornecem alta precisão na determinação dos valores de GS 0 e GS 3. O *software* tem potencial para ser usado como ferramenta de monitoramento para a detecção precoce de claudicação em frangos de corte sob criação comercial, uma vez que a velocidade do deslocamento pode ser facilmente medida e usada como dados de entrada. A detecção precoce da claudicação em lotes de frangos de corte pode reduzir os problemas de saúde das pernas e melhorar consideravelmente



as questões de bem-estar (CORR; MCCORQUODALE; GENTLE, 1998; KNOWLES et al., 2008; WEEKS et al., 2000).

O sistema proposto e o desenvolvimento futuro de uma aplicação para dispositivos móveis, combinada com outras informações da análise de comportamento para detecção precoce de claudicação, podem permitir que os agricultores tomem medidas imediatas de gestão, para mitigar os problemas de locomoção no frango.

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuro**

Como observado anteriormente, o desenvolvimento de um *software* para dispositivos móveis, combinado com outras informações da análise de comportamento para detecção precoce de claudicação, pode permitir que os agricultores tomem medidas imediatas de gestão, a fim de mitigar problemas de locomoção no frango.

Por fim, sugere-se também a incorporação de outras genéticas e machos e fêmeas, para assim tornar o *software* universal e capaz de efetuar análises para diversos tipos de lotes de frangos.

## REFERÊNCIAS

ABE, Jair Minoro. **Paraconsistent Intelligent Based-Systems: New Trends in the Applications of Paraconsistency**, editor, Book Series: "Intelligent Systems Reference Library", Springer-Verlag, Vol. 94, ISBN:978-3-319-19721-0, 306 pages, Germany, 2015.

ABE, Jair Minoro; AKAMA, Seiki; NAKAMATSU, Kazumi. **Introduction to Annotated Logics: Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning**, Series Title Intelligent Systems Reference Library, Volume 88, Publisher Springer International Publishing, Copyright Holder Springer International Publishing Switzerland, eBook ISBN 978-3-319-17912-4, DOI 10.1007/978-3-319-17912-4, Hardcover ISBN 978-3-319-17911-7, Series ISSN 1868-4394, Edition Number 1, 190 pages, 2015.

ABE, Jair Minoro et al. **Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et.** 1. ed. Santos. SP: Editora Comunicar, 2011.

ABE, J. M.; DA SILVA FILHO, J. I.; CELESTINO, U.; DE ARAÚJO, H. C. **Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et.**, São Paulo, 2011.

ABE, Jair Minoro; DA SILVA LOPES, Helder Frederico; RENATO, Anghinah. **Paraconsistent Intelligent-Based Systems. Intelligent Systems Reference Library**, v. 94, p. 273–306, 2015.

AKAMA, Seiki. **Towards Paraconsistent Engineering**, Intelligent Systems Reference Library, Volume 110, 234 pages, 2016, ISBN: 978-3-319-40417-2 (Print) 978-3-319-40418-9 (Online), Series ISSN 1868-4394, Publisher Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-40418-9

ALVES, Marília Carvalho Figueiredo et al. **Locomotion of commercial broilers and indigenous chickens. Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 7, p. 372–379, 2016.

AMADORI, Marlon Sávio. **Gait Score, Qualidade Óssea e bem-estar de frangos de corte.** Universidade Federal da Grande Dourados, 2015.

AYDIN, A. Development of an early detection system for lameness of broilers using computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 136, p. 140–146, 2017.

AYDIN, A. Using 3D vision camera system to automatically assess the level of inactivity in broiler chickens. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 135, p. 4–10, 2017.

BESSEI, W. Welfare of broilers: A review. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. September, p. 455–466, 2006.

BERNARDI, Rodrigo. **Problemas locomotores em frangos de corte**. 50f. Dissertação em Zootecnia. Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2011.

BOKKERS, Eddie A. M.; KOENE, Paul. Motivation and ability to walk for a food reward in fast- and slow-growing broilers to 12 weeks of age. **Behavioural Processes**, v. 67, n. 2, p. 121–130, 2004.

CARVALHO, F. R.; ABE, J. M. **Tomadas de Decisão com Ferramentas da Lógica Paraconsistente Anotada**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2011.

CORDEIRO, A. F. S.; NÄÄS, I. A.; SALGADO, D. D. **Field evaluation of broiler gait score using different sampling methods**. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 11, n. 3, p. 149–154, 2009.

CORR, S. A.; MCCORQUODALE, C. C; GENTLE, M. J. **Gait analysis of poultry**. **Research in veterinary science**, v. 65, n. 3, p. 233–238, 1998.

CORR, S. A. et al. **The effect of morphology on the musculoskeletal system of the modern broiler**. 2003.

DA COSTA, N. C.; LEWIN, R. A. **Lógica Paraconsistente**. *Lógica*, p. 185/205, 1995.

DA COSTA, N. C. **Lógica Paraconsistente aplicada**. São Paulo: Atlas, 1999.

DA SILVA FILHO, J. I. et al. **Electric Power Systems Contingencies Analysis by Paraconsistent Logic Application**. *In: 2007 International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems*. [s.l.]: IEEE, 2007, p. 1–6.

DA SILVA FILHO, J. I. **Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada com Dois Valores - LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos**. São Paulo: Tese de doutorado apresentada a EPUSP, 1999.

DA SILVA FILHO, João Inácio; ABE, Jair Minoro. **Fundamentos das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes**. [s.l.]: Arte & Ciência, 2001.

DA SILVA FILHO, João Inácio et al. **Analysis and Diagnosis of Cardiovascular Diseases through the Paraconsistent Annotated Logic**. *In: New Advances in Intelligent Decision Technologies*. [s.l.]: Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, p. 295–303.

DA SILVA FILHO, João Inácio et al. Paraconsistent analysis network applied in the treatment of Raman spectroscopy data to support medical diagnosis of skin cancer. **Medical {&} Biological Engineering {&} Computing**, v. 54, n. 10, p. 1–15, 2016.

DAWKINS, Marian Stamp et al. In search of the behavioural correlates of optical flow patterns in the automated assessment of broiler chicken welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 145, n. 1–2, p. 44–50, 2013.

DAWKINS, Marian Stamp; CAIN, Russell; ROBERTS, Stephen J. Optical flow, flock behaviour and chicken welfare. **Animal Behaviour**, v. 84, n. 1, p. 219–223, 2012.

DAWKINS, Marian Stamp et al. Optical flow patterns in broiler chicken flocks as automated measures of behaviour and gait. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 119, n. 3–4, p. 203–209, 2009.

DEITEL, P.; DEITEL, H. **Java: como programar**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

EMMANS, G C; KYRIAZAKIS, I. Issues arising from genetic selection for growth and body composition characteristics in poultry and pigs. **The Challenge of Genetic Change in Animal Production**. Occasional Publication No. 27, n. October, p. 39–52, 2000.

FERNANDES, Barbara Cristina da Silva et al. Locomotion problems of broiler chickens and its relationship with the gait score. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, p. 1951–1955, 2012.

FURGERI, S. **Java 7: Ensino Didático**. São Paulo: Erica, 2012.

GABARDO, A.C. **PHP e MVC: com codeigniter**. São Paulo: Novatec, 2012.

KASHIHA, Mohammad Amin et al. **Automatic identification of marked pigs in a pen using image pattern recognition**. **Lecture Notes in Computer Science** (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 7887 LNCS, p. 205–212, 2013.

KESTIN, S C et al. Relationships in broiler chickens between lameness, liveweight, growth rate and age. **The Veterinary record**, v. 148, n. 7, p. 195–7, 2001.

KESTIN, S.C. et al. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. **Veterinary Record**, v. 131, n. 9, p. 190–194, 1992.

KNOWLES, Toby G. et al. Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. **PloS one**, v. 3, n. 2, p. e1545, 2008.

LAMBOT, Sébastien et al. Modeling of ground-penetrating radar for accurate characterization of subsurface electric properties. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 42, n. 11, p. 2555–2568, 2004.

MARIETTO, Marcio. **Utilização da Lógica Paraconsistente em Processos de Avaliação e Seleção: Análise de um Caso Prático**. n. 1997, p. 1–15, 2002.

MARTINS, H.G. **A Lógica Paraconsistente Anotada de Quatro Valores LPA4v aplicada em Sistemas de Raciocínio Baseado em Casos para o Restabelecimento de Subestações Elétricas.** 2003.

MARTINS, Helga. **A Lógica Paraconsistente Anotada de Quatro Valores - LPA4v aplicada em Sistema de Raciocínio Baseado em Casos para o Restabelecimento de Subestações Elétricas.** 2003.

MENDES, Ariel Antônio; PAZ, Ibiara Correia De Lima Almeida. **Norma Técnica de Produção Integrada de Frango.** União Brasileira de Avicultura, p. 64, 2009.

NÄÄS, Irenilza et al. Assessing locomotion deficiency in broiler chicken. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 129–135, 2010.

NEVES, Diego Pereira et al. Detection of flock movement and behaviour of broiler chickens at different feeders using image analysis. **Information Processing in Agriculture**, v. 2, n. 3–4, p. 177–182, 2015.

PAXTON, Heather et al. The gait dynamics of the modern broiler chicken: a cautionary tale of selective breeding. **The Journal of experimental biology**, v. 216, n. Pt 17, p. 3237–48, 2013.

POURSABERI, A. et al. Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape analysis of cow with image processing techniques. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 74, n. 1, p. 110–119, 2010.

SBROCCO, J. H. T. de C. **UML 2.3: teoria e prática.** São Paulo: Erica, 2011.

SCHMIDT, Carl J et al. Comparison of a modern broiler line and a heritage line unselected since the 1950s. **Poultry Science**, v. 88, n. 12, p. 2610–2619, 2009.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações.** São Paulo: Atlas, 2006.

ŠKRBIĆ, Zdenka et al. The effect of stocking density on certain broiler welfare parameters. *Biotechnology in Animal Husbandry*, v. 25, n. 1–2, p. 11–21, 2009.

SONG, Xiangyu et al. Automatic detection of lameness in dairy cattle—Vision-based trackway analysis in cow's locomotion. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 64, n. 1, p. 39–44, 2008.

THE MATHWORKS INC. MATLAB. **MathWorks.** Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/matlab/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

UBABEF. **Pesquisa comprova.** p. 1–32, 2012.

VESTERGAARD, K S; SANOTRA, G S. Relationships between leg disorders and changes in the behaviour of broiler chickens. **The Veterinary record**, v. 144, n. 8, p. 205–9, 1999.

WEEKS, C. A. et al. The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 67, n. 1–2, p. 111–125, 2000.