

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**

**Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de
estresse e conforto térmico utilizando Visão Computacional e
Inteligência Artificial**

Valéria Cristina Rodrigues

**Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Agronomia. Área
de concentração: Física do Ambiente
Agrícola**

Piracicaba

2006

Valéria Cristina Rodrigues
Bacharel em Física Teórico-Experimental

**Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições
de estresse e conforto térmico utilizando Visão Computacional e
Inteligência Artificial**

Orientador:

Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Física do Ambiente Agrícola**

Piracicaba

2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Rodrigues, Valéria Cristina

Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando Visão Computacional e Inteligência Artificial / Valéria Cristina Rodrigues. - - Piracicaba, 2006.

101 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
Bibliografia.

1. Aves poedeiras
 2. Comportamento animal
 3. Conforto térmico das construções
 4. Distribuição espacial
 5. Estresse animal
 6. Inteligência artificial
 7. Visão computacional
- I. Título

CDD 636.514

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Aos meus pais, Jussara e José Carlos, por me ensinarem a lutar e estarem sempre nos bastidores de minha vida atentos a tudo, e ao meu filho Pedro, por ser fonte imensa de alegria, abraços, carinhos, beijinhos...

Mãe, obrigada por ser mãe de meu filho, quando eu não estou por perto.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar mais esta oportunidade de evoluir;

À Universidade de São Paulo, por ser também meu lar desde 1998;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, e ao curso de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, pelo apoio oferecido;

Ao Professor Dr. Sérgio Oliveira Moraes, pelos ensinamentos que guardarei por todo o meu percurso e pelo amor e dedicação inesgotável à Ciência;

Ao Professor Dr. Ernane José Xavier Costa, pelas informações valiosas para a execução deste trabalho;

Aos meus pais, Jussara e José Carlos, e as minhas irmãs, Vanessa e Vânia, que tanto fizeram para que eu pudesse percorrer este caminho. Sei que não foi fácil, e esta conquista também é de vocês;

Ao Patrick, meu eterno companheiro, pela paciência imensurável e por lutar tanto, sempre ao meu lado;

Aos meus sogros Susanne e Frank, e meus cunhados Oliver e Jennifer pela grande confiança depositada em mim, sempre com palavras de grande estímulo;

À amiga Dra. Cristiane Guiselini, pelo incentivo e amizade de todas as horas;

Ao Prof. Dr. Heliton Pandorfi, pelo exemplo de grande luta, estímulo e amizade.

Às minhas amigas-irmãs, Erica e Carol, por serem sempre tão necessárias a minha vida desde muito tempo e por terem colaborado de forma decisiva para este trabalho;

Aos meus colegas de trabalho, à equipe NUPEA, que ao longo desses dois anos transformaram-se em grandes amigos, companheiros para o resto da vida, e assim agradeço:

Ao meu orientador Professor Dr. Iran José Oliveira da Silva, pela confiança, pelas ricas discussões, amizade e por me mostrar os horizontes desta área de estudo à qual decidi me dedicar. Obrigada por me mostrar qual o meu lugar nesta trilha;

À Professora Dra. Késia Oliveira da Silva pelas valiosas conversas, pelas lições de vida e amizade;

Ao amigo e Professor Afrânio Márcio Corrêa Vieira pelas indispensáveis colaborações e por me contagiar com seu entusiasmo pela Estatística;

Ao amigo José Antônio Delfino Barbosa Filho, pela generosidade de fazer do fruto de seu trabalho o objeto de meu estudo e por caminhar junto comigo em todas as etapas, sempre com grande interesse e palavras de incentivo;

À amiga Sulivan P. Alves, por dividir comigo seus conhecimentos e pelas importantes sugestões que me ajudaram muito a concretizar este trabalho e muitas outras coisas;

Ao meu sábio amigo Frederico Márcio Corrêa Vieira, um missionário, por tudo que dividiu comigo, pelas valiosas contribuições em minha vida, obrigada pelo simples fato de ser meu grande amigo;

À querida Elisabete M. Mellace, pelo humor incomparável, pelas horas de grande alegria e pela amizade verdadeira. *"Se todos fossem no mundo iguais a você..."*;

À amiga Fabiana Komatsu pelas boas risadas, por trazer alegria em dias não tão bons. Obrigada, querida Fabis;

À amiga e jornalista do NUPEA, Michela Maria de Paula pelo companheirismo e amizade, pelas conversas animadas e grande alegria sempre;

À grande mulher guerreira Maristela das Neves Conceição, pelas divertidas conversas, pela sabedoria e ajuda sempre tão bem-vinda, em todos os momentos;

Aos estagiários do NUPEA pela amizade e boa convivência do dia a dia;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudos;

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro para a realização deste projeto.

“Para os nossos antepassados, muitas coisas na natureza deviam ser temidas: raios, tempestades, terremotos, vulcões, pragas, secas, longos invernos. (...) Se compreendermos a natureza, existe a perspectiva de controlá-la ou, pelo menos, de mitigar os danos que possa causar. Nesse sentido, a ciência trouxe esperança.”

Carl Sagan

(Pálido ponto azul – 1994)

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	17
1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 A importância do estudo do comportamento e bem-estar animal	21
2.2 Comportamento termorregulatório de aves poedeiras	23
2.3 Análise Visual de imagens	25
2.4 Visão Computacional	26
2.5 Fundamentos para processamento e análise de imagens.....	31
2.6 Redes Neurais Artificiais Probabilísticas (PNN) e reconhecimento de padrões	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 Banco de Imagens	38
3.2 Animais.....	38
3.3 Tratamentos	38
3.4 Períodos e intervalos de análise de imagens.....	39
3.5 Parâmetros avaliados.....	39
3.5.1 Avaliação climática.....	39
3.5.2 Distribuição espaço-temporal das aves.....	40
3.5.3 Padrões de postura corpórea	42
3.6 Aquisição e armazenamento de imagens.....	45

3.7 Etapas para o desenvolvimento da Metodologia	45
3.7.1 Pré-processamento de imagens.....	47
3.7.2 Processamento de imagens	48
3.7.2.1 Centro de massa	48
3.7.2.2 Algoritmo de Fourier-Mellin	50
3.7.3 Análise de correspondência	51
3.7.4 Análise combinada dos métodos.....	54
3.7.5 Análise comparativa	54
3.8 Avaliação da Metodologia	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1 Avaliação climática.....	55
4.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar	55
4.1.2 Entalpia	57
4.2 Pré-processamento	59
4.2.1 Realce	59
4.2.2 Técnicas de segmentação.....	60
4.2.3 Operações entre matrizes	62
4.3 Processamento e análise de imagens.....	65
4.3.1 Método de distribuição espaço-temporal.....	65
4.3.1.1 Análise de dispersão espaço-temporal.....	67
4.3.2 Método para o reconhecimento de padrões	72
4.3.2.1 Análise para o reconhecimento de padrões	75
4.3 Análise combinada	80
4.5 Análise comparativa	82
4.5 Avaliação da eficiência metodológica.....	84

4.6 Contribuição científica	86
4.7 Aplicabilidade ao produtor	87
5 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS.....	89
ANEXO.....	95

RESUMO

Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando Visão Computacional e Inteligência Artificial

As pesquisas sobre comportamento animal possuem como objetivo identificar e quantificar sinais de sofrimento a fim de eliminar os problemas obedecendo às normas de bem-estar. As alterações destes comportamentos mostram as necessidades ambientais para sua sobrevivência. Em certos casos, apenas as mudanças comportamentais podem evidenciar uma situação de estresse. Quando há mudanças na temperatura do ambiente, os animais apresentam várias respostas para manter a temperatura do corpo, começando com a conservação máxima de energia como a inatividade. Duas das mais efetivas características do comportamento termorregulatório incluem seleção de ambiente e ajuste de postura. Técnicas de processamento e análise de imagens podem vir a colaborar com a busca de informações contidas em imagens de animais confinados. Métodos invasivos de quantificação de comportamento mostram que há interferência do experimentador nas reações dos animais, comprometendo os resultados da pesquisa. Este trabalho visou obter, através da Visão Computacional, informações quanto à distribuição espacial de aves poedeiras frente a situações de conforto e estresse térmicos. Foram analisadas seqüências de imagens em ambiente MATLAB 7.0 ® de dois grupos de 5 aves (Hy-line W36) com 21 semanas de idade em condições de conforto térmico ($T= 26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR}= 60\% \pm 2\%$) e 5 aves em condições de estresse térmico ($T= 35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR}= 70\% \pm 2\%$) controladas em câmara climática. As aves foram demarcadas com tintas não tóxicas na região dorsal. Através de técnicas de clusterização de cores e localização do centro geométrico das aves, foi possível analisar a frequência destas nas regiões de ninho, comedouro, bebedouro, área livre e “bebedouro + comedouro”, e através do uso de redes Neurais Artificiais, foi possível obter padrões de formas do corpo das aves e relacioná-los a alguns comportamentos. A distribuição espacial é um forte indício das necessidades do animal em diferentes condições evidenciando que a frequência em algumas regiões pode ser um indicativo de desconforto. A técnica de processamento e análise de imagens mostra-se como um método confiável e livre de subjetividade ou influência da fadiga humana no auxílio da classificação da dinâmica dos animais confinados. Trata-se de uma forma eficiente de analisar imagens de forma rápida para se ter conhecimento da dinâmica dos animais confinados ao longo do tempo. A necessidade do animal é demonstrada através de frequências em determinadas regiões de interesse para seu bem-estar.

Palavras-chave: Processamento de imagens; Comportamento animal; Bem-estar, Visão Computacional, Inteligência Artificial

ABSTRACT

Spatial distribution and welfare of Laying Hens in stress and comfort thermal conditions using Computer Vision and Artificial Intelligence

The animal behavior researches have as objective identify and quantify suffering signals in order to eliminate the problems obeying the welfare norms. The alterations of these behaviors show the ambient necessities for the animals' survivals. In certain cases, only the abnormal behaviors can evidence a situation of stress. When the environment temperature changes, the animals present some answers to keep the body's temperature constant, starting with the maximum conservation of energy as the inactivity. Two of the most effective characteristics of the thermoregulatory behavior includes environment selection and position adjustment. Image processing and analysis techniques can collaborate with the research of information contained in images of confined animals. Invasive methods of quantification of the behavior show that there is interference of the experimenter on the animal reactions compromising the research results. This work aimed to know, through the Computer Vision, information about the laying hens' spatial distribution at the thermal comfort and stress situations. Image sequences of two groups of 5 birds (hy-line W36) aging 21 weeks in conditions of thermal comfort ($T= 26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $\text{UR}= 60\% \pm 2\%$) and 5 birds in conditions had been analyzed of stress thermal ($T= 35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $\text{UR}= 70\% \pm 2\%$) and controlled in climatic chamber. The birds had been demarcated with not toxic inks in the dorsal region. Through colors clusters techniques in MATLAB 7.0 ® and the localization of the geometric center of the birds, it was possible to analyze the frequency of these birds in the nest regions, feed through, water through, free area and "water through + feed through", and through of Artificial Neural Network was possible to have standards shapes of bodies birds and to refers to some behaviors. The spatial distribution is an important indicative fort of the animal necessities in different conditions evidencing that the frequency in some regions can be a discomfort indicative. The processing technique and analysis of the images reveals as a trustworthy method and free of subjectivity or of the fatigue human`s influence in support of the dynamics classification of the confined animals. It is about one of the efficient form to analyze the images to have a better understanding of the dynamics of the confined animals` dynamics throughout time. The necessity of the animal is demonstrated through frequencies in determined regions of interest for its welfare condition.

Word-key: Image processing; Animal behavior; Welfare, Computer vision, Artificial Intelligence

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seqüência de imagens de um suíno confinado e suas variações de forma ao longo do tempo (TILLET, 1991).....	27
Figura 2 – Imagem em tons de cinza para reconhecimento de bordas da superfície de suínos na região do bebedouro (MARCHANT, 1993)	28
Figura 3 – Separação das aves do plano de fundo para análise de concentração na região do bebedouro (SERGEANT, 1998), (a) imagem original, (b) imagem binária	29
Figura 4 – Análise de distribuição de aves em comedouro e bebedouro através de diferentes cores (BENSON, 2004)	29
Figura 5 – Análise de deformações da superfície do corpo de uma ave através de modelagem geométrica para reconhecimento de comportamentos (LEROY, 2005).....	30
Figura 6 – Arquitetura da rede neural probabilística (adaptado de SOLER, 2003)	37
Figura 7 – Sistema de marcação individual no dorso das aves, de acordo com Rudkin e Stewart (2003). Imagem de Barbosa Filho (2004).....	41
Figura 8 – Regiões demarcadas para análise de dispersão espaço-temporal relativas ao sistema de confinamento das aves	42
Figura 9 – Identificações de posturas corpóreas adotadas pelas aves via sistema de aquisição de imagens (imagens aéreas).....	43
Figura 10 – Etapas necessárias à obtenção da distribuição espaço-temporal das aves.....	46
Figura 11 – Seqüência de operações para análise de postura corpórea das aves.....	47
Figura 12 – Regiões de interesse delimitadas por sistema cartesiano das imagens	49
Figura 13 – Sistema de coordenadas (x, y) em plano cartesiano para imagens binárias.....	50
Figura 14 – Temperaturas e umidades relativas do ar médias do primeiro ao terceiro período referentes ao tratamento de conforto térmico	55
Figura 15 – Temperaturas e umidades relativas médias do primeiro ao terceiro período referentes ao tratamento de estresse térmico.....	56

Figura 16 – Entalpia no período de conforto dentro dos limites estipulados para a linhagem.....	58
Figura 17 – Entalpia no período de estresse acima do limite máximo estipulado para a linhagem.....	58
Figura 18 – (a) imagem original; (b) imagem com contraste de 30% de aumento entre as cores.....	60
Figura 19 – (a) Imagem original; (b) Imagem resultado da subtração do plano de fundo	61
Figura 20 – Separação dos dorsos das aves em imagens secundárias por clusterização de cores.....	62
Figura 21 – Imagem padrão e subtração das cores vermelha, azul, verde e amarela ...	63
Figura 22 – Binarização da imagem de aves confinadas	63
Figura 23 – Eliminação de objetos com áreas inferiores à área ocupada pela ave na imagem	64
Figura 24 – Detecção de bordas da estrutura corpórea de uma ave	64
Figura 25 – Distribuição de aves em situação de conforto térmico: (a) Período 1; (b) Período 2; (c) Período 3; e estresse térmico: (d) Período 1; (e) Período 2; (f) Período 3; (Período 1: 10:00 às 11: 00 h;Período 2: 13:00 às 14:00 h; Período 3: 16:00 às 17:00 h).....	66
Figura 26 – Frequência média em regiões de interesse para os dias de análise de conforto	67
Figura 27 – Frequência média em regiões de interesse para os dias de análise de estresse.....	68
Figura 28 – Ilustração da análise de correspondência em situação de conforto térmico	71
Figura 29 – Ilustração da análise de correspondência para a situação de estresse térmico	71
Figura 30 – Imagens adquiridas por detecção de bordas para a classificação da RNA e o organograma de transformação de imagens digitais em caracteres numéricos.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores comuns dos parâmetros de imagens digitais	33
Tabela 2 – Posturas corpóreas apresentadas pelas aves e comportamentos inseridos relacionados	44
Tabela 3 – Representação de uma Tabela de Correspondência	52
Tabela 4 – Matriz de Correspondência	53
Tabela 5 – Faixas de temperatura e Umidade Relativa para os dois tratamentos	56
Tabela 6 – Valores representativos dos tratamentos adotados.....	57
Tabela 7 – Grau de correlação entre regiões de interesse e períodos para a situação de conforto	69
Tabela 8 – Frequência e regiões de interesse e massas (pesos) em estresse.....	70
Tabela 9 – Vetores de saídas desejadas	75
Tabela 10 – Vetores de teste e porcentagem de acerto.....	75
Tabela 11 – Resultados da RNA treinada de acordo com valores de % de acerto.....	76
Tabela 12 – Percentual médio de posturas corpóreas das aves submetidas ao conforto	77
Tabela 13 – Percentual médio de posturas corpóreas das aves submetidas ao estresse.....	78
Tabela 14 – Faixas de valores percentuais de postura corpórea observadas pela classificação da RNA conforme Hurnik (1988).....	79
Tabela 15 – Porcentagem padrão de tempo gasto para determinados comportamentos observados para situação de conforto térmico, segundo valores preconizados pela literatura.....	80
Tabela 16 – Comportamentos reconhecidos em porcentagem em regiões delimitadas para conforto	81
Tabela 17 – Comportamentos reconhecidos em porcentagem em regiões delimitadas para estresse.....	81
Tabela 18– Valores percentuais de tempo médio de execução dos comportamentos para situação de conforto para análise visual* e computacional, sendo P1 (período 1) das 10:00 às 11:00 h, P2 (período 2) das 13:00 às 14:00 h, P3 (período 3) das 16:00 às 17:00 h	83

- Tabela 19 – Valores percentuais de tempo médio de execução dos comportamentos para situação de estresse para análise visual (adaptado de Barbosa Filho, 2004) e computacional, sendo P1 (período 1) das 10:00 às 11:00 h, P2 (período 2) das 13:00 às 14:00 h, P3 (período 3) das 16:00 às 17:00 h83
- Tabela 20 – Verificação de tempo gasto em horas para a classificação das imagens...85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI – American National Standards Institute

BMP – Bitmap

CIE – Commission Photographic Experts Groups

DIP – Digital Image Processing

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

JPEG – Joint Photographic Experts Group

MATLAB – Matrix Laboratory

NUPEA – Núcleo de Pesquisa em Ambiência

OIE – Office International des Epizooties

ProbNN – Probabilistic Neural Network

PNN – Probabilistic Neural Network

RGB – Red, Green and Blue

RNA – Rede Neural Artificial

VIDEOCAP – Vídeo Capture software

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de postura vem-se destacando no Brasil indicando um crescimento de produção de ovos no primeiro trimestre de 2006 de 5,47% em relação ao mesmo período de 2005 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2006).

Com vista na grande importância econômica da avicultura, o país necessita adequar-se às principais mudanças exigidas pela União Européia (ANIMAL HEALTH AND WELFARE, 2006) as quais se referem às legislações de bem-estar animal.

Estudos sobre bem-estar já não são considerados como fatores irrelevantes para a manutenção da vida e qualidade dos produtos de origem animal. No Brasil há muitos grupos de pesquisa em ambiência que utilizam estudos fisiológicos e comportamentais para obter perfis de situações de conforto e estresse de animais de produção e buscar, desse modo, maiores informações quanto à sanidade, saúde, higiene e bem-estar.

Apesar do avanço que a Zootecnia de precisão apresentou nos últimos anos, existe ainda uma lacuna quanto à análise de comportamento, visto que a linguagem animal é comportamental, tornando-se importante, então, a necessidade de observações dos animais. Isto pode ser verificado não somente por observações e uso de etogramas para a quantificação dos comportamentos, como também, a dinâmica dos animais em termos de atividade motora, períodos de inatividade e frequência em determinados lugares como bebedouros, entre outros.

A etologia, estudo do comportamento animal, apresenta inúmeros problemas quanto à aquisição e análise de dados comportamentais, visto que a presença humana interfere na caracterização dos comportamentos, prejudicando assim o trabalho do pesquisador.

Atualmente, a análise de imagens é utilizada para estudos do comportamento, sendo uma técnica bastante difundida, que consiste na aquisição de imagens via câmeras digitais inseridas no topo das instalações de confinamento dos animais, sendo as imagens então capturadas e armazenadas em computadores para posterior análise visual.

A grande quantidade de informações torna necessários os sistemas de análise automática de comportamentos dos animais ou mesmo a dinâmica destes em relação a

determinadas situações, de forma a obter o maior número de informações possível em curto período de tempo. Respostas fisiológicas e comportamentais relacionadas ao ambiente são fontes seguras de informação sobre a influência do microclima local e suas conseqüências.

Sistemas de alto nível de programação, como “softwares” comerciais, possuem ferramentas auxiliares para informações quanto às atividades motoras dos animais, porém, apresentam limitações quanto à análise de dados e necessitam de grande investimento inicial, o que pode ser um agravante para as instituições de pesquisas não somente na obtenção dos programas, mas também na atualização contínua e necessária.

Com o avanço da microeletrônica e de modelagens matemáticas, é possível verificar a presença de área como Inteligência Artificial, Visão Computacional e Sistemas de Automação, sendo empregados em pesquisas de alta tecnologia em busca de conhecimento relevante para a melhoria das condições de bem-estar e qualidade de vida dos animais de produção. A informática é uma grande aliada no sentido de que pode servir de suporte para decisões e medidas preventivas baseadas em sistemas de informações.

Os desafios das pesquisas de ponta em Zootecnia de Precisão ainda estão relacionados ao alto custo e ao emprego de mão de obra especializada, mas existem setores produtivos que empregam as técnicas existentes e apresentam condições de competição com o mercado exterior, devido ao grande auxílio da tecnologia aos sistemas de otimização dos processos produtivos.

No Brasil, pesquisadores utilizaram o sistema de aquisição de imagens para registrar o comportamento de várias espécies de animais de produção tais como bovinos (MATARAZZO, 2004; PERISSINOTO, 2003), suínos (PANDORFI, 2002) e aves (ALVES, 2006; BARBOSA FILHO, 2004) contribuindo para um banco de imagens do Núcleo de Pesquisa em Ambiente (NUPEA – ESALQ, USP) que contém informações de comportamentos e variáveis fisiológicas destas espécies.

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma metodologia com a aplicação de Visão Computacional para avaliar comportamento de aves poedeiras em diferentes condições de estresse, observando perfis comportamentais e a dinâmica das aves numa relação espaço-temporal. E como objetivo secundário, tem-se o

propósito de introduzir aos pesquisadores uma ferramenta que possa oferecer um conjunto de dados relevantes quanto ao comportamento e bem-estar dos animais avaliados de forma não onerosa e invasiva e, para que não haja restrições quanto à qualidade de imagens e investimentos iniciais, como reivindicam os “softwares” comerciais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância do estudo do comportamento e bem-estar animal

O estudo dos animais e seus comportamentos, diante de um determinado ambiente, é considerado, hoje em dia, de extrema importância para o setor da economia de exportação de produtos de origem animal. A qualidade de vida desses animais confinados, com objetivo de grandes produções, depende dos cuidados atribuídos a eles. Este fato transformou-se em assunto de interesse na sociedade, e é discutido em termos de bem-estar animal.

Em fevereiro de 2004, a Organização Mundial de Saúde Animal (OFFICE INTERNATIONAL DES EPIZOOTIES, OIE) salientou a importância de padrões de bem-estar animal serem adotados por todos os países exportadores de produtos de origem animal. Isso afetará os países que não obedecerem às reivindicações feitas. Em consequência disto, a demanda de conhecimentos a respeito do bem-estar animal aumentou tanto em grandes setores de produção quanto para o setor da pesquisa Científica. O objetivo é conseguir meios de informações em relação aos problemas que afetam os animais em termos de estresse, como medi-los, encontrar o adequado manejo e executá-lo. (LUND, 2006).

Os estudos sobre bem-estar animal começaram a ganhar ênfase não somente pelo estudo propriamente dito, mas também pelo interesse econômico e público sobre como os animais são criados. Público este composto por consumidores, críticos sociais e produtores (FRASER, 1999).

O conhecimento prévio do comportamento animal é a forma de diagnosticar possíveis situações de desconforto que possam vir a prejudicar a produtividade e bem-estar de animais confinados. As pesquisas nesta área geraram informações importantes quanto à adaptação a certos agentes estressores, tais como recursos de termorregulação e controle de situações relacionadas ao ambiente em que vive.

O confinamento é de fato um meio de se obter maior controle sobre a produção e saúde animal, porém, problemas relacionados ao bem-estar alteram sua produtividade, pois existe a necessidade de adaptação para alcançar o estado de conforto, e isto resulta em respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que visam a man-

ter a homeostase animal (BARNETT, 1994). A forma de obter informações quanto ao estado de conforto dos animais é através de sua linguagem, o comportamento, e para isto existem métodos que incluem testes de preferência em que é permitido ao animal escolher algum aspecto de seu ambiente, supondo que o animal escolherá os melhores locais de interesse para seu bem-estar (DUNCAN, 2006). Os estudos que consideram a escolha dos animais por determinados lugares são adotados como um indicativo confiável das necessidades destes (BENNETT, 2000).

Os animais possuem comportamentos característicos, correspondentes às suas constituições fisiológicas e necessidades físicas. As alterações destes comportamentos mostram as necessidades ambientais para sua sobrevivência. Em certos casos, apenas as mudanças comportamentais podem evidenciar uma situação de estresse (PIRES, 1998).

As definições de bem-estar animal são numerosas, a diversidade de dimensões científicas do bem-estar animal requer, conseqüentemente, uma ênfase multidisciplinar de estudos. Nesse sentido, o bem-estar animal é uma mistura da ciência e valores (FRASER, 2004).

Devido à demanda por informações, muitos pesquisadores destacam-se em pesquisas que englobam assuntos como a análise do comportamento de aves confinadas e, para isto, fazem uso de tecnologias como sistemas de aquisição, processamento seguido por análise de imagens, ou mesmo, análise visual destas.

Segundo Pereira (2005), a dificuldade de medir as variáveis fisiológicas em condições de campo, faz com que outros métodos sejam objetos de atenção para a extração de informações como o comportamento animal, já que este é fortemente influenciado pelo ambiente em que o animal vive, e seus comportamentos serão então conseqüências deste meio.

Na área da etologia, o bem-estar pode ser avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais pode fornecer um melhor esclarecimento e otimização quanto ao comportamento dos animais pode vir a ser uma forma segura de informação, o que beneficiará o aumento da qualidade de vida animal, apresentando retornos econômicos positivos.

2.2 Comportamento termorregulatório de aves poedeiras

O desconforto causado por variáveis do ambiente, como altas temperaturas (T) e umidade relativa do ar (UR), provoca uma série de alterações na homeostase animal, o que acarreta mudanças fisiológicas e comportamentais.

A homeostase é a manutenção do equilíbrio orgânico, embora as condições ambientais variem. Trata-se da propriedade que alguns animais (aves e mamíferos), bem como o homem, possuem de manter a temperatura corporal constante, ou variando dentro de estreitos limites, enquanto a temperatura externa tem variações apreciáveis (RODRIGUES, 2006).

O equilíbrio da temperatura corpórea em animais homeotermos se dá pelo balanço energético em que a produção de calor metabólico é igual à perda de calor para o ambiente, desde que a temperatura ambiente esteja dentro dos limites da termoneutralidade (SILVA, 2001). O balanço entre os mecanismos de produção e perda de calor faz com que a temperatura corporal permaneça estável, sendo regulada por meio de mecanismos fisiológicos e também comportamentais, sempre que o centro termorregulador detecta variações do ambiente térmico com o objetivo de equilibrar o calor produzido e perdido ou ganho para o ambiente.

A fixação das temperaturas limites da zona de conforto é tarefa difícil de ser realizada, por depender de diversas variáveis, dentre as quais podem ser citadas, segundo Rodrigues (2006):

- a) as condições de conforto não dependem somente da temperatura, mas também das outras variáveis termodinâmicas do ar (umidade relativa, vento), bem como da radiação solar, as quais variam com a região do país, a época do ano e a hora do dia;
- b) a zona de conforto depende da idade;
- c) densidade, raça, condições de nutrição (energia da dieta);
- d) manejo, bem como condições das instalações (piso, telhado, etc.) e equipamentos também influem nas condições de conforto.

Segundo Freeman (1998), citado por Silva (2001), a zona de termoneutralidade para aves poedeiras adultas está entre 21°C e 28°C, sendo que a temperatura mínima é de 20°C. Com base em informações de Barbosa Filho (2004), não há valores ideais de umidade relativa para poedeiras, o que pode ser afirmado é que valores muito altos

de umidade relativa do ar (UR) podem tornar as aves ainda mais sensíveis ao estresse térmico. Esta faixa termoneutra está relacionada com a situação de conforto da ave em que os efeitos da temperatura (T) e umidade (UR) não são fatores estressores para a manutenção das aves.

A temperatura corpórea das aves de postura é de aproximadamente 41°C (BARBOSA FILHO, 2004), e a manutenção desta temperatura é realizada pelas trocas térmicas com o ambiente circundante.

Os comportamentos apresentados pelas aves são, em maior parte, referentes aos padrões encontrados em seus ancestrais (ODÉN, 2003). Segundo Sales et al. (2000), apud Barbosa Filho (2004), o fato de determinadas linhagens estarem voltadas para a produção em confinamento não altera os padrões comportamentais já estabelecidos. As aves em confinamento, mesmo após um período de adaptação, podem apresentar comportamentos imprevisíveis, de forma muito rápida ou que apresentem impossibilidade de serem determinados por um experimentador (JOHNSON, 1996).

Considerando o micro clima local de confinamento, quando há mudanças na temperatura do ambiente, os animais apresentam várias respostas para manter a temperatura do corpo, começando com a conservação máxima de energia como a inatividade (DARRE, 1987; FREEMAN, 1965). Em casos de animais confinados, que estão protegidos quanto à radiação solar sob coberturas que proporcionem sombras, estes procuram lâminas de água ou terrenos úmidos onde se espojam, diminuem a ingestão de alimentos, aumentam a ingestão de água, bem como aumentam os batimentos cardíacos, a circulação periférica e a taxa de respiração e de sudorese (RODRIGUES, 2006).

Duas das mais efetivas características do comportamento termorregulatório incluem seleção de ambiente e ajuste de postura (CHATONNEL, 1983; GORDON, 1984). Os animais procuram por lugares que contribuam para o mínimo esforço termorregulatório e gasto de energia. Durante a exposição a ambientes com altas temperaturas e umidade relativa do ar, há alterações como a queda no consumo de ração, maior consumo de água, busca por lugares frescos e maior dispersão entre as aves, o que favorece a perda de calor por convecção, condução e radiação (RUTZ, 1994).

Uma forma de caracterizar o ambiente ao qual as aves estão submetidas está relacionado com o estudo da entalpia. Esta grandeza física é responsável por indicar a

quantidade de energia contida em uma mistura de vapor de água em KJ por Kg de ar seco (NÄÄS, 1995).

2.3 Análise Visual de imagens

Estudos sobre o contato humano com aves poedeiras indicam que a interferência do homem no ambiente das aves pode ser determinante para o comportamento, produção e possíveis condições de conforto (BARNETT, 1994). Para que pesquisadores da área de avicultura possam realizar estudos quanto ao desempenho produtivo desses animais, é importante a adoção de sistemas de medidas fisiológicas, ambientais e comportamentais que apresentam o mínimo de contato humano.

Uma câmera acoplada a um computador é um sensor não invasivo de aquisição e armazenamento de grande quantidade de imagens sem qualquer influência no comportamento dos animais em observação.

Os benefícios de sistemas como estes para auxílio dos pesquisadores começaram a ser discutidos há quase 40 anos (DeSHAZER, 1988). Os autores sugerem muitas aplicações possíveis, incluindo o monitoramento contínuo de atividades no tempo. A análise visual de imagens beneficia o pesquisador quanto ao consumo de tempo dedicado à observação e susceptibilidade ao erro, já que as imagens registradas para posterior análise são controladas conforme a necessidade, pois a contínua análise visual do comportamento do animal pode fadigar o experimentador comprometendo as informações obtidas.

No Brasil, pesquisadores utilizaram o sistema de aquisição de imagens para registrar o comportamento de várias espécies de animais de produção, tais como: bovinos (MATARAZZO, 2004; PERISSINOTO, 2003), suínos (PANDORFI, 2002) e aves (ALVES, 2006; BARBOSA FILHO, 2004).

As discussões sobre a técnica de armazenamento e análise visual de imagens apresentaram boa aceitação devido ao controle adquirido em cada etapa de análise e possíveis acessos posteriores a estas, fazendo com que o pesquisador pudesse reavaliar dados, além de possuir um banco de imagens referentes ao experimento realizado.

2.4 Visão Computacional

Conforto animal é um dos assuntos mais importantes discutidos atualmente na ciência animal, mas a complexidade e diversidade de variáveis exigem medidas objetivas, envolvendo tecnologias que possam contribuir para a análise científica (MARIA, 2004).

Os aparelhos de medida de variáveis fisiológicas são objetos de extração de dados de forma invasiva e, portanto, um fator estressor a mais aos animais a serem avaliados. A análise de mudanças de comportamento pode ser usada para medir conforto, o qual poderá ser modificado pelos fatores ambientais e sociais (SCOTT, 1993).

O sistema descrito por Xin (1998) tal como uma microcâmera acoplada a um computador equipado com uma placa de aquisição de imagens apenas fornece um método de armazenamento de imagens para posterior análise visual.

Porém, devido ao maior número de pesquisas na área de comportamento animal, a quantidade de informação e tempo de análise aumentou substancialmente, fazendo com que os pesquisadores busquem por técnicas de processamento de imagens que possam gerar informações de modo automático, sem a interferência do pesquisador, contribuindo para a efetiva análise de seqüências de imagens.

O grande desenvolvimento de computadores e linguagens de programação fez com que a necessidade de automatizar estes sistemas fosse alvo de estudos em diversas áreas (ROSENFELD, 1991).

Um número considerável de aproximações para encontrar animais em uma imagem e caracterizar sua dinâmica foi relatado. Dusenbery (1985) salienta que o desenvolvimento da eletrônica possibilitou novas estratégias para análise de comportamento animal. Foi possível analisar a trajetória de 25 nematóides em uma mesma seqüência de imagens, utilizando para isto o contraste de cores entre os animais e plano de fundo.

Tillet (1991) utilizou a variação da forma da superfície de suínos para detectar sua posição e orientação, localizando o animal em cada uma das imagens, como mostra a Figura 1. Trata-se de seqüência de imagens de um suíno confinado em ambiente com uma microcâmara instalada no teto do sistema de criação.

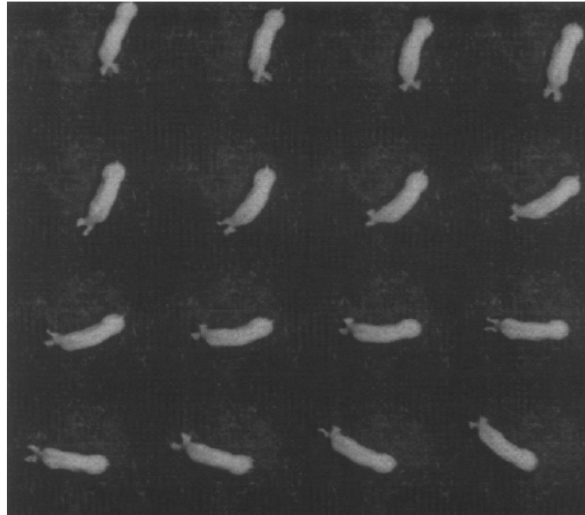


Figura 1 – Seqüência de imagens de um suíno confinado e suas variações de forma ao longo do tempo (TILLET, 1991)

Marchant & Schofield (1993) usaram técnicas de detecção de bordas da superfície dos corpos de suínos em regiões de interesse como o bebedouro, na Figura 2, para assim possibilitar a análise de freqüência de uso deste em determinada situação ambiental.

Mcfarlane (1995) desenvolveu um modelo simples, seguindo leitões em uma seqüência de imagens via processamento de “pixels”. O autor usou técnicas de realce de imagens com base em níveis de cinza que cada cor assume, e assim, os animais puderam ser diferenciados na seqüência analisada.



Figura 2 – Imagem em tons de cinza para reconhecimento de bordas da superfície de suínos na região do bebedouro (MARCHANT, 1993)

Em 1997, continuando trabalhos anteriores, Tillet et al. prosseguiram com os estudos e desenvolveram um modelo para analisar a trajetória de suínos a partir do contraste entre a cor do animal e plano de fundo.

Um ano depois, Sergeant et al. (1998) desenvolveram uma técnica para solucionar alguns problemas no aspecto da Visão Computacional. Seqüência de imagens de frangos em um grande aviário foi processada de forma a analisar a possibilidade de separar as aves do plano de fundo e obter um método para analisar a concentração de aves em algumas regiões durante o tempo. A Figura 3 mostra a técnica de segmentação de uma imagem, que consiste em separar do plano de fundo os objetos relevantes para a análise, no caso, as aves.

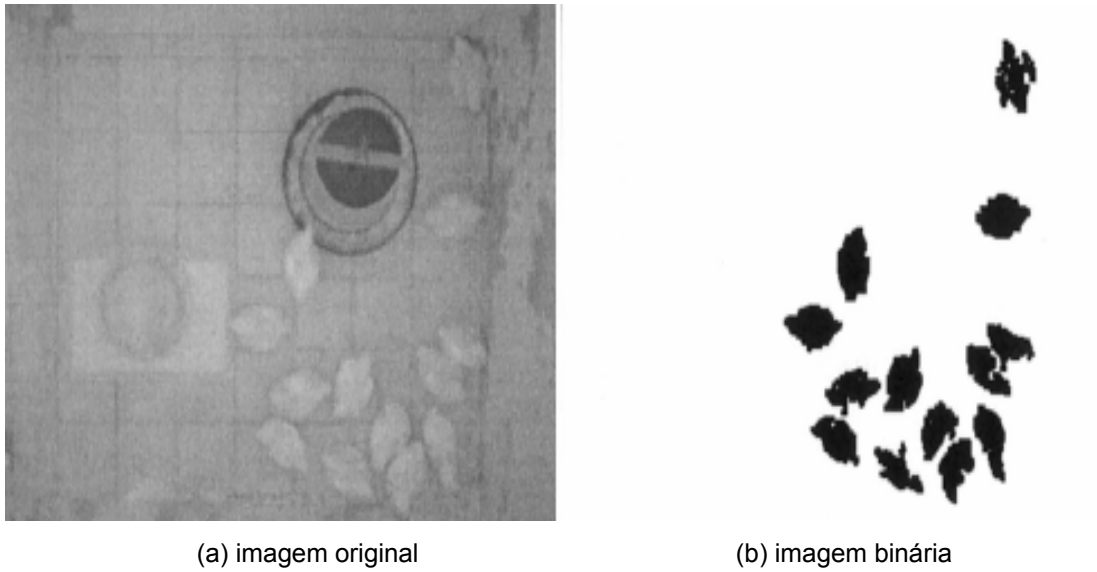


Figura 3 – Separação das aves do plano de fundo para análise de concentração na região do bebedouro (SERGEANT, 1998), (a) imagem original, (b) imagem binária

Benson (2004) também estudou a possibilidade do uso de Visão Computacional para grandes aviários. O algoritmo desenvolvido conta o número de aves nas regiões como bebedouro e comedouro (Figura 4) ao longo do tempo avaliado.

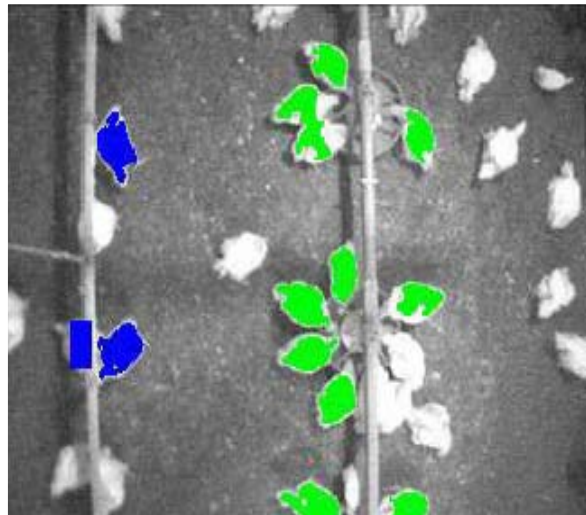


Figura 4 – Análise de distribuição de aves em comedouro e bebedouro através de diferentes cores (BENSON, 2004)

Leroy et al. (2005) pesquisaram as formas geométricas adquiridas pelo corpo das aves poedeiras durante determinados comportamentos, tais como: comer, beber, caminhar, ciscar entre outros, e finalizaram um sistema de programação avançada capaz de detectar o comportamento de uma ave. Uma elipse foi utilizada de forma a modelar as modificações sofridas pelo corpo da ave, ao efetuar determinado comportamento (Figura 5).

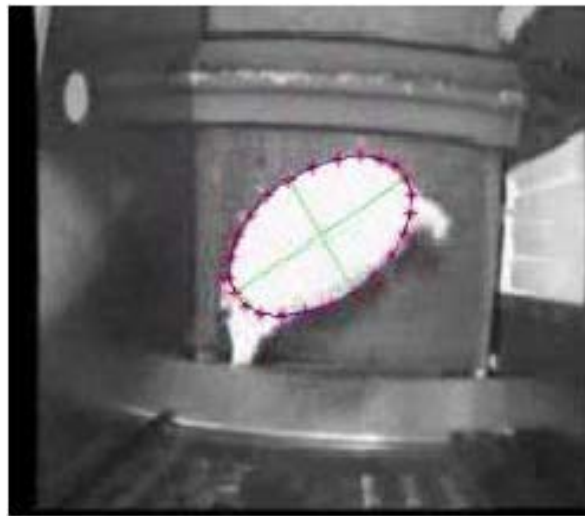


Figura 5 – Análise de deformações da superfície do corpo de uma ave através de modelagem geométrica para reconhecimento de comportamentos (LEROY, 2005)

Os “softwares” comerciais apresentam ferramentas de rastreabilidade espacial dos animais em que o tempo e a rota seguida são de interesse (LIND, 2005). A detecção de cada animal num grupo é feita através de cores diferentes atribuídas ao dorso do animal (NILSSON, 2005). Dessa forma, os animais devem ser marcados por cores em sua superfície para que se tornem visíveis ao sistema de programação avançada. Mas trata-se de um programa que envolve equipamentos específicos, portanto são “softwares” e “hardwares” que exigem determinadas características para processar as imagens de alta resolução. Tudo isto inflaciona o investimento para adquirir estes programas, o que é um problema para as instituições de pesquisas no país, e inviabiliza uma aplicação futura não onerosa aos produtores interessados em sistemas de análise de imagens e tomadas de decisão em tempo real.

Um sistema flexível quanto a equipamentos, qualidade de imagens, entre outros fatores, contribui para o uso da técnica proposta no presente trabalho, o que proporciona aos usuários uma forma de adaptar a metodologia para qualquer animal a ser observado, independente do tamanho, quantidade e qualidade da imagem.

O rastreamento por vídeo ou seqüência de imagens é adequado para medir o comportamento como uma medida espacial, procurando saber qual a freqüência do animal em determinada região, ou mesmo distância percorrida, períodos de inatividade, até comportamentos que ocorrem durante horas, ou dias, fato que compromete a eficiência do observador humano (SPINK, 2001).

Todas as técnicas de processamento e análise de imagens aqui citadas, com exceção de técnicas que utilizam programação avançada, como o trabalho de Leroy et al. (2005), estão em contínua pesquisa de métodos que apresentem soluções possíveis de serem efetuadas em ambientes simples de programação a partir do emprego de técnicas de processamento de imagens digitais e uso de contrastes, tais como: imagens binárias, algoritmos de segmentação e melhoramento de imagens (GONZALEZ, 2001) de fácil compreensão e acessibilidade aos pesquisadores.

2.5 Fundamentos para processamento e análise de imagens

Sistemas computacionais são capazes de interpretar imagens digitais a partir de um conjunto de métodos e técnicas definidos por Visão Computacional. O conjunto de dados digitais é transformado em números passíveis de interpretações que indiquem situações relevantes a um contexto qualquer.

A Visão Computacional está em desenvolvimento, suas abordagens e soluções são ainda objetos de muitas pesquisas. Sua aplicação ainda não possui um modelo genérico que possa englobar métodos distintos para os diferentes enfoques tais como níveis de cognição que possam contribuir para uma percepção visual. Portanto os métodos são específicos para cada problema que se quer resolver (ROSENFELD, 2001).

Para interpretar imagens, a utilização de um conjunto de algoritmos específicos é necessária. Esses algoritmos utilizam técnicas como filtros de contrastes, detectores de bordas de objetos, segmentação de imagens em regiões, classificadores de cores entre outras. A seqüência desses algoritmos gera resultados para um conjunto específico de

imagens, não podendo estas serem generalizadas para demais estudos (GONZALEZ, 1992).

Dessa forma, compreender as limitações e os recursos disponíveis faz parte do estudo da aplicação das técnicas em questão. O correto gerenciamento das informações é resultado do uso das tecnologias empregadas, pois permitem monitorar e controlar o funcionamento de um sistema de forma segura, com o objetivo de registrar ocorrências de um determinado evento (FIALHO, 1999).

Este processo apresenta descrições de objetos de pesquisa contidos em vídeos, imagens e seqüência destas. Processamento digital de imagens (“Digital Image Processing – DIP”) é um conjunto de técnicas de transformações às quais as imagens são submetidas com o propósito de extrair informações relevantes das mesmas, eliminando ruídos e barreiras físicas para a melhor interpretação humana e computacional (GONZALEZ, 1992).

O termo Análise está relacionado à descrição quantitativa de informações contidas em uma imagem, indicando parâmetros que descrevem eventos. As informações obtidas apresentam-se de várias formas, como a área de objetos, distribuição destes, densidade entre outras, conforme a necessidade da pesquisa em questão.

A implementação de um sistema de Visão Computacional para rastreamento de aves pode apresentar grande capacidade de extração de conjuntos de dados complexos como o comportamento animal, comparando com as técnicas convencionais de análise visual humana.

O referido estudo requer planejamento com etapas pré-definidas de pré-processamento, processamento e análise de imagens que serão abordados nos tópicos seguintes.

Uma imagem digital é definida como um conjunto de pontos denominados “pixels” (“Pictures Elements”) dispostos em uma matriz chamada “Bitmap” (BMP) ou Mapa de Bits. Trata-se de um reticulado, ou seja, uma matriz onde cada ponto apresenta uma informação referente à cor da imagem (GONZALEZ, 2001).

O número de “pixels” da imagem indica a resolução da mesma, e cada um desses elementos possui um par de coordenadas designado pela função bidimensional $f(x,y)$, em que a amplitude f é a intensidade da cor naquele ponto.

O sistema visual humano é capaz de detectar três faixas diferentes de luz que são ondas eletromagnéticas que indicam tonalidades de cor. Essas faixas correspondem às tonalidades de vermelho (“Red”), verde (“Green”) e azul (“Blue”), compondo o sistema RGB de cores (CIE, 1986). As combinações destas três cores básicas constituem o espectro de visão do ser humano, dessa mesma forma, o computador utiliza usualmente este sistema de cores, as quais são codificadas por diferentes níveis de cinza de cada uma das cores citadas.

As diferentes combinações de cores deste sistema são capazes de gerar qualquer tipo de cor, e o sistema visual humano não é capaz de detectar todas as cores geradas (JAIN, 1989).

Para uma imagem digital com 256 valores de níveis de cinza, o valor (0,0,0) representa a cor preta, pois todas as três cores básicas apresentam o mesmo nível de cinza, ao contrário do valor (255,255,255) representante da cor branca, onde as três cores estão presentes em suas intensidades máximas.

O computador trabalha com linguagem binária, e cada informação é armazenada em forma de Bytes. Cada Byte possui 8 bits que, por sua vez, apresentam os valores de 0 e 1. Assim, cada combinação de 0 e 1, contendo 8 dígitos, representa um bit. Dessa forma, tem-se que $2^8 = 256$ bits que são o número de cores detectável pelo computador (GONZALEZ, 2001).

Existem valores padrões para os níveis de cinza das imagens digitais, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Valores comuns dos parâmetros de imagens digitais

Parâmetros	Símbolo	Valores Típicos
Linhas	N	256, 512, 525, 625, 1024, 1035
Colunas	M	256, 512, 768, 1024, 1320
Níveis de cinza	L	2, 64, 256, 1024, 4096, 16384

Fonte: Gonzalez, 2001

Uma imagem real (analógica), para tomar formato de um processamento digital, precisa ser discretizada, para tanto se faz uma amostragem, através das placas de aquisição de imagens, de $f(x, y)$, que é a divisão dos eixos x e y numa grade formada por “pi-

xels". A função $f(x, y)$ nas direções de x e y gera uma matriz $M \times N$ de pontos (M linhas e N colunas) com valores discretos de intensidade de f em K níveis de cinza.

Quando o par de coordenadas x e y e a amplitude f assumem valores finitos, discretos, diz-se que a imagem é digital, pois apresenta valores fixos para cada ponto da imagem, os chamados "pixels" que são os elementos das imagens digitais.

Os programas de Processamento e Análise de Imagens trabalham com níveis de cinza, portanto a imagem deve estar binarizada. Dessa forma, quando se tem o conhecimento dos níveis da imagem, pode-se adotar um limiar relacionado aos tons de cinza e através da subtração do plano de fundo, adquirir imagens com apenas os objetos em evidência (KENNETH, 1996).

2.6 Redes Neurais Artificiais Probabilísticas (PNN) e reconhecimento de padrões

A partir dos anos 80, sistemas especialistas como as Redes Neurais Artificiais apresentaram um grande avanço para solucionar problemas de reconhecimento de padrões presentes em imagens (PERELMUTER, 1995).

O reconhecimento de objetos por meio da Visão Computacional tem evoluído intensamente devido à necessidade já retratada quanto à automatização de processos de caracterização e classificação que fogem à percepção humana ou mesmo demandam muito tempo e trabalho.

As Redes Neurais Artificiais (RNA) desempenham importante papel no processamento e classificação de sinais e imagens (HEIKKONEN, 1996) e suas aplicações estão presentes nas mais diversas áreas e atividades.

As RNAs são técnicas computacionais que utilizam modelos matemáticos com base na estrutura neural de organismos inteligentes e que, após treinamento e aprendizagem, adquirem a propriedade de generalização e são capazes de reconhecer padrões e fazer previsões (HAYKIN, 1994).

As Redes Neurais Probabilísticas (PNN) são consideradas de grande aplicabilidade em reconhecimento de padrões por muitos autores. O uso dessas Redes é bastante abrangente, podendo ser aplicadas a qualquer tarefa de reconhecimento de padrões (SOLER, 2003).

Davoli et al. (1999) propuseram um sistema híbrido para uso de reconhecimento de objetos planos em imagens em tons de cinza, através do uso de algoritmo capaz de identificar objetos independentemente de sua translação, rotação ou escala. Isto facilita a classificação de objetos em qualquer localização na imagem, através de sua forma. Muitos desses algoritmos que tornam as imagens invariantes podem ser empregados para reconhecimento de faces (MOLLER, 2001).

As Redes Neurais Probabilísticas (PNN) fazem parte de um conjunto de algoritmos computacionais chamados Redes Neurais de Specht. Estes sistemas utilizam como base matemática a regra de Bayes e são utilizados para reconhecimento de padrões entre outros (SOLER, 2003).

Especificamente, a PNN é considerada por muitos autores como a melhor rede de classificação de padrões. A principal característica dos métodos Bayesianos é o explícito uso de probabilidade para quantificar incertezas em inferências baseadas na análise estatística. A inferência Bayesiana é um processo de identificação de um modelo para um conjunto de dados, resumindo os resultados através de distribuição de probabilidade dos parâmetros a serem analisados, no caso, as posturas corpóreas apresentadas pelas aves.

Quando os elementos, no caso, as imagens individuais das aves, que serão submetidos à classificação, apresentam variações dentro da própria classe que define um padrão, o uso de densidade de probabilidade é recomendado. Com base em estratégias de decisão apoiadas na regra de Bayes, pode-se, resumidamente, admitir que estas auxiliam na minimização do chamado “risco esperado”, ou seja, para cada classe ou padrão que se quer encontrar, simbolizada por C_s , com $s = 1, \dots, q$; existe um erro, $\xi_s > 0$, associado à classificação incorreta de um elemento dentro da classe, mas por hipótese, os erros podem ser considerados iguais para cada um dos elementos dentro da classe associada.

Os elementos a serem classificados possuem dimensões p , como na eq. 1:

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_p] \quad (1)$$

A regra de Bayes indica que, para um dado conjunto de padrões X de entrada, a classe à qual pertence, C_r , é:

$$h_r \xi_r f_r(X) > h_s \xi_s f_s(X) \quad \text{para todo } s \neq r$$

Onde $f_i(X)$ é a função de densidade de probabilidade para o padrão X numa determinada categoria C_i e erro ξ_i . Mas, se a densidade de probabilidade dos padrões a serem classificados não é conhecida, o conjunto de dados de treino é suficiente para apresentar à rede os comportamentos das funções de densidade e assim dar continuidade à classificação pela rede.

A função de densidade de probabilidade $f(X)$ é encontrada pela PNN através da soma das informações de cada neurônio por meio de treinamento da rede. Tem-se que esta rede é capaz de estimar a função densidade de probabilidade $f(x)$ através da soma de contribuições gaussianas centradas em cada padrão de treino.

A PNN possui 4 camadas como mostra a Figura 6 e são assim definidas:

i) camada de entrada, contendo os padrões a serem classificados sendo que o número de neurônios nesta camada é igual à dimensão do espaço de padrões p , portanto, o vetor de entrada pode ser denominado como a eq. 2:

$$X = [X_1, \dots, X_p] \quad (2)$$

ii) camada das unidades de padrões, cada neurônio representa um padrão de treino com os pesos W_j específicos como mostra a eq. 3:

$$W_j = [W_{j1}, \dots, W_{jn}] \quad (3)$$

considerando que $j=1, \dots, m$, m é o número de padrões de treino

iii) camada de soma das densidades de probabilidades de cada classe, ou padrão a ser classificado

iv) camada de saída responsável pela classificação de Bayes

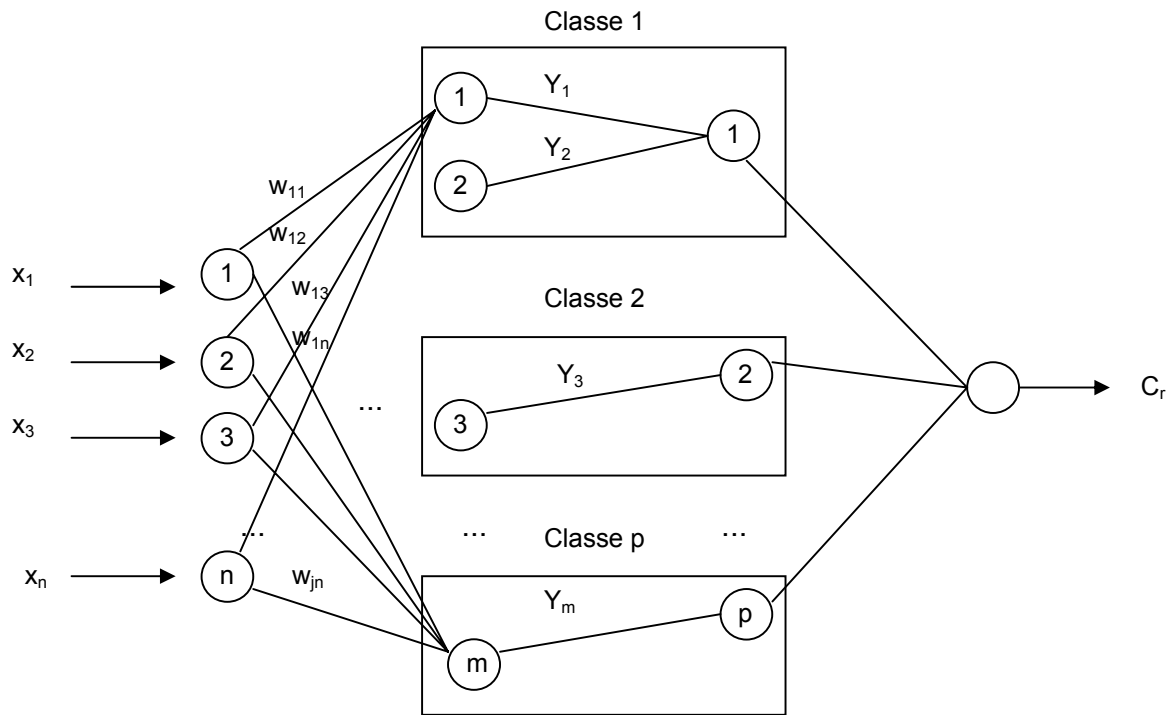


Figura 6 – Arquitetura da rede neural probabilística (adaptado de SOLER, 2003)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Banco de Imagens

As imagens utilizadas para o desenvolvimento da metodologia referente a este trabalho são oriundas da pesquisa desenvolvida por (2004) nas dependências do Núcleo de Pesquisa em Ambiente (NUPEA), junto ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

Foram processadas e analisadas imagens de aves poedeiras confinadas em sistemas de criação “cama+ninho” dentro de câmara climática para o devido controle das variáveis dos tratamentos.

3.2 Animais

Foram utilizadas 10 aves de postura da linhagem Hy-line W36 com idade de 21 semanas. Para cada um dos tratamentos, conforto e estresse, foram empregadas 5 aves para avaliação comportamental durante a pesquisa.

3.3 Tratamentos

Partindo da premissa de que os animais se comportam diferentemente quando expostos às condições ambientais diferenciadas, optou-se por uma avaliação em duas condições de estresse, que foram consideradas como tratamentos nesta pesquisa. As aves foram expostas a duas condições ambientais controladas dentro da câmara climática.

Tratamento 1: condição de conforto térmico, $T = 26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 60\% \pm 2\%$

Tratamento 2: condição de estresse térmico, $T = 35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 70\% \pm 2\%$

As imagens analisadas consistem em microfilmagens de 4 dias não consecutivos, sendo dois dias para cada tratamento.

Segundo Barbosa Filho (2004), houve um período de adaptação gradativa ao ambiente, num total de 21 dias para cada tratamento.

3.4 Períodos e intervalos de análise de imagens

Foram analisadas seqüências de uma hora de imagens, em intervalos de 10 segundos, para três períodos do dia, num total de 4 dias, ou seja, 12 seqüências de imagens foram utilizadas. Os horários foram assim selecionados:

Período da manhã: Período 1 - das 10:00 às 11:00 horas

Períodos da tarde: Período 2 – das 13:00 às 14:00 horas

Período 3 – das 16:00 às 17:00 horas

Os horários foram adotados, segundo Barbosa Filho (2004), como base no trabalho de Rudkin e Stewart (2003).

O fotoperíodo adotado dentro da câmara climática foi de 16 horas de luz e 8 horas de escuro (16L:8E) segundo (2004).

3.5 Parâmetros avaliados

Para caracterizar os diferentes ambientes aos quais foram expostos os animais e a linguagem comportamental, verificaram-se: avaliação climática, distribuição espaço-temporal e padrões de postura corpórea.

3.5.1 Avaliação climática

Conforme pesquisa de Barbosa Filho (2004), os dados de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) foram registrados por mini estações meteorológicas e data logger Hobo® alojados na câmara climática onde as aves foram confinadas para o devido estudo. As variáveis foram utilizadas para obtenção do perfil climático dentro da câmara nos dias correspondentes às imagens processadas, portanto, temperatura, umidade relativa do ar e entalpia foram analisados para a devida caracterização do micro clima local.

A entalpia foi adotada como parâmetro para que pudesse avaliar o ambiente em termos de índice de conforto. Esta variável física de grandeza psicrométrica apresenta a relação de energia contida em uma mistura de vapor de água e ar (Kcal / kg de ar seco), segundo Furlan (2001), citado por Barbosa Filho (2004) e relaciona temperatura e umidade relativa do ar em uma mesma variável.

A zona de conforto atribuída às aves poedeiras está relacionada às combinações de umidade e temperatura do ar ambiente. Essas duas variáveis são responsáveis pela capacidade das aves de dissipar calor (TEETER, 1996).

A eq. 4 pode ser então dada por:

$$H = 6,7 + 0,243 \times tbs + \left\{ \frac{UR}{100} \times 10^{\left(\frac{7,5 \times tbs}{237,3 + tbs} \right)} \right\} \quad (4)$$

onde:

H = entalpia (Kcal / kg de ar seco);

Tbs = temperatura de bulbo seco (°C);

UR = umidade relativa do ar (%);

A entalpia pode ser usada para fornecer um índice a um determinado microclima a fim de que represente a dinâmica das trocas térmicas no ambiente.

3.5.2 Distribuição espaço-temporal das aves

A distribuição espaço-temporal das aves está relacionada com a informação sobre o local onde as aves se encontram no instante da análise de imagem. Ao longo do tempo as aves se movem de forma a ocuparem uma das áreas delimitadas pelo experimento, áreas estas que poder ser o bebedouro, o comedouro, o ninho, entre outras posteriormente definidas.

Com base no método de identificação de Rudkin e Stewart (2003), utilizado por Barbosa Filho (2004) quanto à marcação do dorso das aves com tinta não tóxica (Figura 7), foi possível reconhecer individualmente as aves.



Figura 7 – Sistema de marcação individual no dorso das aves, de acordo com Rudkin e Stewart (2003).
Imagem de Barbosa Filho (2004)

Isto contribuiu para que a técnica de segmentação de imagem através de clusterização “K-means” fosse utilizada para separação de cada uma das aves (dorso com a tinta) em imagens isoladas. Dessa forma favorece a efetiva análise de distribuição espaço-temporal apresentada nos tratamentos mencionados.

A primeira hipótese deste trabalho é que existe uma distribuição espacial padrão de aves em condições de conforto e estresse. Obviamente, segundo Martin (1993), não há ações iguais ao longo de 24 horas, pois as atividades dependem do horário do dia, e isto pode ser evidenciado pela atividade motora e distribuição espacial das aves ao longo do tempo, submetidas aos tratamentos adotados. As áreas delimitadas para a análise de distribuição das aves são ilustradas na Figura 8. Dessa forma, foi possível viabilizar a análise de frequência de cada uma das aves nestes locais tais como bebedouro, comedouro, área livre, “bebedouro + comedouro” e ninho, ao longo dos períodos analisados.

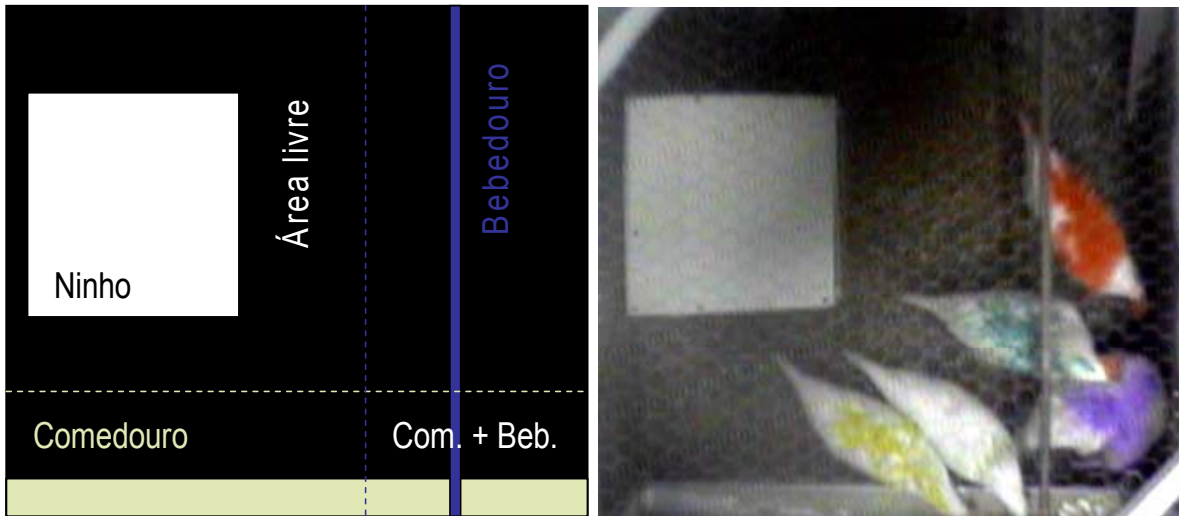


Figura 8 – Regiões demarcadas para análise de dispersão espaço-temporal relativas ao sistema de confinamento das aves

A partir da separação de cada ave (dorso) em imagens distintas, é possível a binarização destas e cálculo do centro de massa para o estudo da distribuição espaço-temporal. Desse modo, pode-se desenvolver um estudo de tendência de concentração das aves ao longo dos tratamentos.

3.5.3 Padrões de postura corpórea

O sistema de reconhecimento de padrões tem o objetivo de identificar as formas adquiridas pelos corpos das aves para determinados comportamentos como beber, comer, estar parada, sentada, ciscando e investigando penas.

O objetivo da busca por padrões de postura corpórea está relacionado com a necessidade de obter informação quanto ao comportamento efetivo da ave num dado momento de análise, pois pode haver muito tempo de permanência da ave em um determinado local, mas seu comportamento pode não retratar a necessidade de estar naquele lugar específico. Por exemplo: a ave pode apresentar-se muito tempo na área delimitada pelo comedouro, porém, pode estar parada, ou efetuando qualquer outro tipo de comportamento sem se alimentar.

Para cada um desses comportamentos, foi verificada a possibilidade de ser corretamente classificado através de uma Rede Neural Probabilística (Probabilistic Neural

Network, PNN), independente das variações ocorridas pela rotação, translação e escala das imagens. Para isto foi utilizado o algoritmo da transformada de Fourier-Mellin (DOLL, 2004) que é capaz de transformar as imagens em espectros invariantes, ou seja, tamanho dos objetos, rotação e translação não são informações pertinentes ao processamento, mas sim as formas geométricas assumidas, e desse modo disponibilizá-las para entrada de dados em sistema de classificação como as Redes Neurais Artificiais.

A análise conjunta de distribuição espacial e reconhecimento de formas pode fornecer dados importantes para o estudo da dinâmica das aves nos dois tratamentos adotados.

A Figura 9 indica os comportamentos realizados pelas aves através de análise visual do experimentador. Esta imagem é resultado do sistema de aquisição e armazenamento de imagens aéreas utilizado para o presente estudo, caracterizado de forma detalhada em item designado para tal.

Especificamente nesta imagem, as posturas observadas são parada, investigando penas, ciscando e comendo para as aves com o dorso de cores vermelho, verde, roxo e amarelo respectivamente. A ave que não recebeu tinta em seu dorso, portanto ave de cor branca, não aparece na imagem por estar no ninho.



Figura 9 – Identificações de posturas corpóreas adotadas pelas aves via sistema de aquisição de imagens (imagens aéreas)

Os padrões comportamentais e suas conseqüentes posturas corpóreas, que poderão ser diferenciadas por um sistema de Visão Computacional baseado em Redes Neurais Artificiais, são detalhados abaixo e estão relacionados com as avaliações de acordo com Rudkin & Stewart (2003) citados por Barbosa Filho (2004).

- a) Comendo – ave se alimentando, caracterizado pela ave com a cabeça no comedouro.
- b) Bebendo – ave ingerindo água, apresenta-se bicando o bebedouro tipo Nipple.
- c) Investigando penas – ave investigando as próprias penas com o bico.
- d) Ciscando – ave em situação de exploração do seu ambiente com os pés ou bico.
- e) Sentada – ave sentada propriamente ou em postura.
- f) Parada – ave em pé, com corpo estendido sem apresentar nenhum dos comportamentos anteriores.

Os comportamentos especificados foram adotados para o presente estudo, por serem visualmente perceptíveis ao experimentador. Outros comportamentos foram inseridos nos anteriores por se tratarem de posturas corpóreas de grande semelhança em termos de deformações geométricas, portanto a Tabela 2 mostra os comportamentos a serem avaliados.

Tabela 2 – Posturas corpóreas apresentadas pelas aves e comportamentos inseridos relacionados

Postura corpórea das aves	Comportamentos inseridos
Bebendo	Bebendo
Comendo	Comendo
Investigando penas	Inv. Penas + movimento de conforto + banho de areia
Parada	Parada + procurando o ninho + empoleirar
Sentada	Sentada + postura
Ciscando	Ciscando + agressividade

3.6 Aquisição e armazenamento de imagens

As imagens foram registradas por microcâmeras de vídeo instaladas no teto da câmara climática. O armazenamento e gerenciamento das imagens foram feitos pelo “software VIDEOCAP 5.1”. As imagens armazenadas foram gravadas em um banco de dados em Access 97 em formato BMP (Bitmap) e convertidas para o formato JPEG (Joining Photographic Experts Group) com dimensões de 320 x 240 “pixels”, ocupando 64,6 KB de espaço. As imagens capturadas são de 4 dias não consecutivos, sendo dois dias para cada tratamento em 3 períodos do dia: manhã, das 10:00 às 11:00 horas; e tarde, 13:00 às 14:00 horas e 16:00 às 17:00 horas (Barbosa Filho, 2004).

As seqüências das imagens referentes aos períodos analisados são de 1 hora de duração com imagens coletadas a cada 10 segundos, metodologia adotada a partir de estudos prévios (BARBOSA FILHO, 2006) que indicam o tempo máximo de coleta de dados permitido para que não houvesse falhas nas informações quanto aos comportamentos presenciados. Para cada seqüência foram analisadas 360 imagens, sendo assim, o Banco de imagens analisado contém 12 seqüências de 360 imagens, o que perfaz um total de 4.320 imagens processadas e analisadas.

As imagens processadas pelo programa MATLAB 7.0 ® apresentaram-se como RGB, matriz de 320 x 240 x 3 (espaço tridimensional de cores) e classe uint8, o que possibilita os valores das cores serem fornecidos no intervalo de [0 255], e assim utilizados 256 tons de cinza para análise das cores.

Imagens entre os períodos de 10 segundos foram utilizadas para o devido treinamento da Rede Neural Artificial para caracterização das posturas corpóreas das aves de modo a não prejudicar a classificação pelo sistema.

3.7 Etapas para o desenvolvimento da Metodologia

Para a determinação da metodologia proposta, foi necessária uma seqüência de atividades de forma a equacionar os problemas assim definidos em etapas: Pré-processamento de imagens, Processamento de imagens e Análise de imagens.

As funções e algoritmos necessários ao processamento das seqüências de imagens foram implementados com a utilização do “software” MATLAB 7.0® e seus “toolboxes” de Processamento de Imagem e Estatística. Trata-se de um sistema que traba-

Iha com matrizes de forma rápida, o que facilita tarefas e soluciona muitos problemas computacionais em tempo real.

Para o estudo de Reconhecimento de Padrões foi adaptado um programa de Redes Neurais Probabilísticas, utilizando a linguagem de programação C, segundo padrão ANSI (American National Standards Institute), com base em programa desenvolvido por Soler (2003).

As Figuras 10 e 11 ilustram as seqüências de operações de pré-processamento necessárias para posterior processamento e análise de imagens. São dois sistemas direcionados a finalidades diferentes. A primeira ilustra a seqüência de técnicas viáveis para se extrair das seqüências de imagens informações relacionadas à dispersão espaço-temporal das aves. A segunda mostra as etapas necessárias para extração de informações úteis para o reconhecimento da forma do corpo das aves ao longo do tempo, trata-se de seqüências que contenham imagens que serão submetidas a um sistema de classificação.

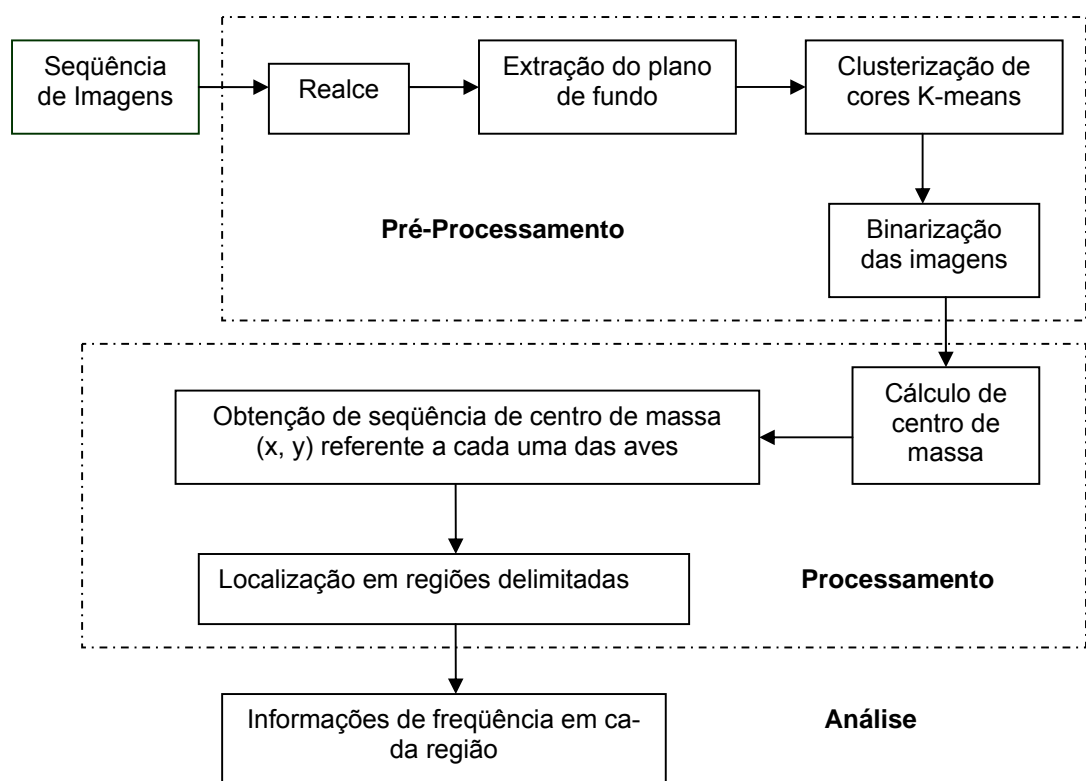


Figura 10 – Etapas necessárias à obtenção da distribuição espaço-temporal das aves

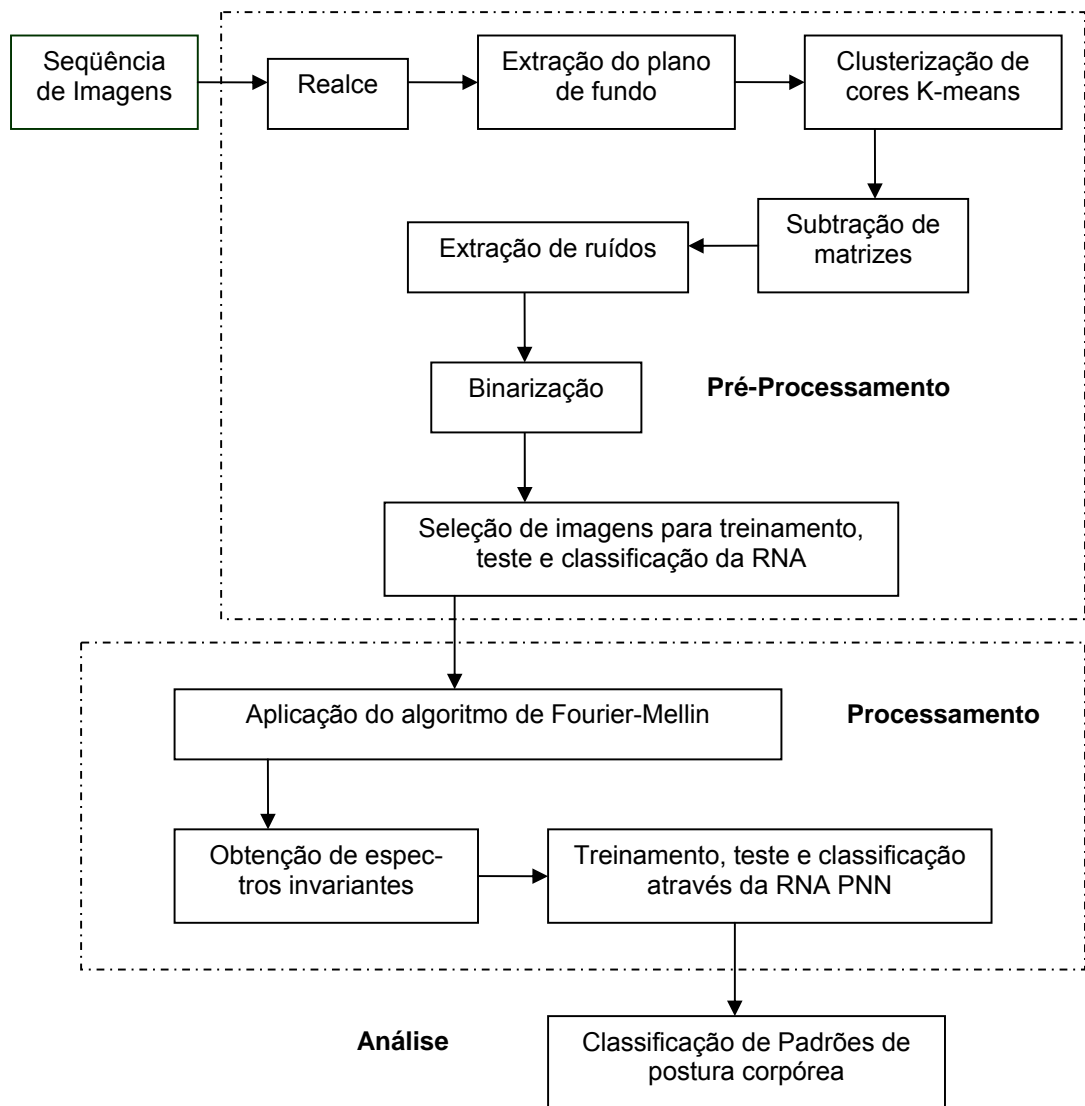


Figura 11 – Seqüência de operações para análise de postura corpórea das aves

3.7.1 Pré-processamento de imagens

O pré-processamento da seqüência de imagens é a etapa fundamental para obtenção de bons resultados na fase de análise e consiste em melhorar a imagem, adotando técnicas específicas.

São muitas as técnicas para melhoramento de imagens, mas para o presente estudo, serão usadas técnicas de fácil compreensão e implementação em ambiente computacional MATLAB 7.0 ® o que poderá ser reproduzido por eventuais usuários.

O objetivo desta etapa é retirar das imagens objetos estranhos aos alvos de pesquisa, portanto, possibilitará a eliminação de obstáculos para a efetiva análise das aves presentes nas imagens. São apresentadas três técnicas de pré-processamento de imagens: realce, segmentação e operações matriciais, com finalidades específicas para os tipos de processamentos aos quais serão submetidas.

3.7.2 Processamento de imagens

O processamento de imagens no referido trabalho é caracterizado por soluções específicas que visam a obter informações do conjunto de imagens pré-processadas em uma dada seqüência temporal. Foram utilizadas duas técnicas de processamento com diferentes finalidades: o cálculo de centro de massa, para a análise de distribuição das aves nas regiões delimitadas, e a aplicação do algoritmo de Fourier-Mellin (DOLL, 2004) para obtenção das posturas corpóreas das aves.

Desse modo, tem-se que para cada seqüência de imagens processadas foram obtidas informações quanto à freqüência nas regiões anteriormente definidas e posturas do corpo de cada uma das aves ao longo do tempo.

3.7.2.1 Centro de massa

A primeira técnica de processamento apresentada está relacionada com a análise da distribuição espaço-temporal realizada pelas aves em cada um dos tratamentos. As seqüências de imagens pré-processadas são utilizadas como informação para cálculo do centro de massa de cada imagem na seqüência possibilitando, assim, o rastreamento das aves ao longo dos tratamentos e obtenção de informações quanto à freqüência das mesmas em regiões de interesse delimitadas como especificado pela Figura 12.

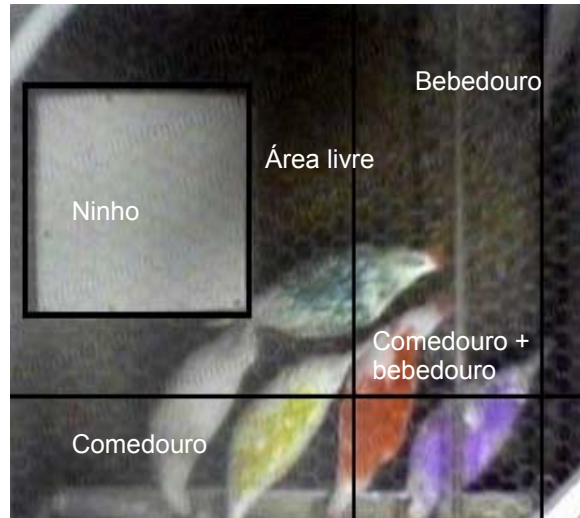


Figura 12 – Regiões de interesse delimitadas por sistema cartesiano das imagens

As áreas delimitadas acima foram adotadas por meio da experimentação visual a fim de que 51% da área das aves estivesse dentro da região de interesse.

O centro de massa de todas as imagens da seqüência, para cada ave, foi calculado com base nos conceitos de imagens digitais e geometria.

Partindo da informação de que a imagem digital é formada por “pixels” que assumem valores 0 e 1, pode-se atribuir a isto um sistema de massas (GONZALEZ, 1992) com valores 0 para “pixels” em preto e 1 para o branco (Figura 13). Dessa forma, tem-se um sistema formado por n pontos P_1, P_2, \dots, P_n no plano, sendo que cada um desses pontos apresenta uma orientação tal que $P_n(x_n, y_n)$ está associada a uma massa m_n que assume dois valores, 0 e 1.

O centro de massa $C(x,y)$ desse sistema pode então ser definido pelas equações 5 e 6:

$$x = \left[\frac{(m_1 \times x_1 + m_2 \times x_2 + \dots + m_n \times x_n)}{M} \right] \quad (5)$$

$$y = \left[\frac{(m_1 \times y_1 + m_2 \times y_2 + \dots + m_n \times y_n)}{M} \right] \quad (6)$$

tal que $M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$.

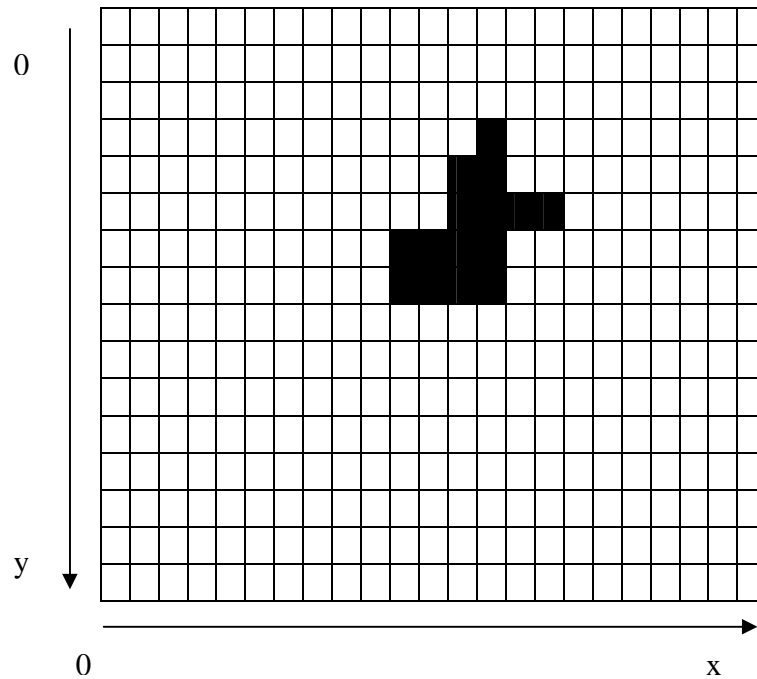


Figura 13 – Sistema de coordenadas (x, y) em plano cartesiano para imagens binárias

As seqüências de imagens foram processadas, e os dados coletados em série, formando o conjunto de dados de dispersão espaço-temporal de cada ave individualmente. Para tanto, será utilizada a técnica estatística de Análise de Correspondência que permitirá, de forma simples, o conhecimento de regiões com maiores freqüências das aves em cada um dos períodos para os dois tratamentos mencionados.

3.7.2.2 Algoritmo de Fourier-Mellin

O algoritmo possui a propriedade de transformar as imagens em espectros invariantes de forma a apresentar informações sobre a forma geométrica de um objeto em uma imagem, independente de tamanho, rotação ou posição na imagem (DOLL, 2004).

3.7.3 Análise de correspondência

Finalizadas as fases anteriores, as imagens são então analisadas de forma a obter informações quanto (1) à distribuição espaço-temporal em termos de freqüência nas regiões delimitadas e (2) postura corpórea adquirida pelas aves ao longo do tempo.

Para a análise estatística foi adotada a técnica de Análise de Correspondência. Para tanto, foi utilizado o trabalho de Greenacre (1987). Trata-se de uma técnica estatística para Análise de Tabelas simples ou múltiplas em forma de matrizes de dados categóricos. Estas matrizes são convertidas em gráficos em que linhas e colunas são representadas em dimensões reduzidas através de pontos em um gráfico.

Dessa forma é possível estudar as relações existentes entre as categorias de linhas e colunas da Tabela de correspondência.

A técnica é considerada descritiva e exploratória e ainda é responsável pela simplificação de dados complexos. A única exigência é que a matriz de dados seja retangular com entradas não negativas.

A forma de Tabela de correspondência utilizada para a avaliação dos dados presentes é denominada simples. A Tabela 3 é a matriz que representa as freqüências absolutas de dupla entrada com i categorias de linhas e j categorias de colunas das variáveis A e B, respectivamente, onde os números representam a freqüência observada pela intersecção da i -ésima categoria da variável A com a j -ésima categoria da variável B.

Tabela 3 – Representação de uma Tabela de Correspondência

		B						
A		1	2	...	j	...	J	Total linha
1		n_{11}	n_{12}	...	n_{1j}	...	n_{1J}	n_{1+}
2		n_{21}	n_{22}	...	n_{2j}	...	n_{2J}	n_{2+}
...		
i		n_{i1}	n_{i2}	...	n_{ij}	...	n_{iJ}	n_{i+}
...		
l		n_{l1}	n_{l2}	...	n_{lj}	...	n_{lJ}	n_{l+}
Total coluna		n_{+1}	n_{+2}	...	N_{+j}	...	n_{+J}	N

onde:

n_{ij} é a freqüência observada pela intersecção da i-ésima categoria da variável A com a j-ésima categoria da variável B;

n_{i+} freqüência total observada na i-ésima categoria de A;

n_{+j} freqüência total observada na j-ésima categoria de B;

N total geral de freqüências observadas;

A matriz de freqüências relativas é chamada de matriz de correspondência (P) onde cada linha ou coluna de P é considerada um vetor de proporções tal que (eq. 7):

$$P = \left(\frac{1}{n} \right) \times N \quad (7)$$

onde N é a matriz de freqüência absoluta mostrada na Tabela 3.

A Tabela 4 está relacionada com os vetores de freqüência denominados massas. As massas da i-ésima linha e j-ésima coluna são n_{i+} / n e n_{+j} / n respectivamente.

Tabela 4 – Matriz de Correspondência

		B						
A		1	2	...	j	...	J	Total linha
1		p_{11}	p_{12}	...	p_{1j}	...	p_{1J}	p_{1+}
2		p_{21}	p_{22}	...	p_{2j}	...	p_{2J}	p_{2+}
...		
i		p_{i1}	p_{i2}	...	p_{ij}	...	p_{iJ}	p_{i+}
...		
l		p_{l1}	p_{l2}	...	p_{lj}	...	p_{lJ}	p_{l+}
Total coluna		p_{+1}	p_{+2}	...	P_{+j}	...	p_{+J}	P

Onde: $p_{ij} = n_{ij} / n$; $p_{i+} = n_{i+} / n$; $p_{+j} = n_{+j} / n$.

Os vetores a_i (eq. 8) e b_j (eq. 9) são chamados de vetor de linha e vetor de coluna respectivamente tal que:

$$a_i = \left[\frac{p_{i1}}{p_{i+}} \quad \frac{p_{i2}}{p_i} \quad \dots \quad \frac{p_{iJ}}{p_{i+}} \right] \quad (8)$$

$$b_j = \left[\frac{p_{1j}}{p_{j+}} \quad \frac{p_{2j}}{p_j} \quad \dots \quad \frac{p_{lj}}{p_{+j}} \right] \quad (9)$$

Os vetores a_i e b_j representam uma distribuição multinomial, condicionada a i -ésima categoria da variável A e j -ésima categoria da variável B, respectivamente. Estes vetores são os chamados perfis de linha ou coluna.

As distâncias entre os perfis são obtidas através da métrica ponderada D_r ou distância qui-quadrado que é a matriz diagonal das proporções marginais de linhas $r_i = n_{i+}/n$ ($i=1, \dots, l$), que compõem o vetor r , o centróide dos perfis coluna ou vetor de massa

de linhas, úteis para as informações sobre as correspondências entre variáveis pertencentes às categorias analisadas.

3.7.4 Análise combinada dos métodos

Após obtenção dos dados de distribuição e posturas corpóreas das aves ao longo de cada período, utilizando os métodos de distribuição espaço-temporal e reconhecimento de padrões, respectivamente, foi possível verificar as posturas adquiridas pelas aves e sua localização em cada uma das seqüências de imagens processadas anteriormente.

Dessa forma, têm-se informações quanto ao efetivo comportamento das aves e suas localizações ao longo dos três períodos considerados.

3.7.5 Análise comparativa

Para propiciar uma avaliação da metodologia, foi realizada uma análise comparativa entre o trabalho presente e a pesquisa realizada por Barbosa Filho (2004). Dessa forma, foi possível verificar a importância das informações e coerência com os dados referentes à análise visual.

3.8 Avaliação da Metodologia

A partir da análise comparativa, foi verificada a eficiência da metodologia utilizada para o presente processamento e análise de imagens. E assim, colocadas em discussão as necessárias melhorias e possíveis mudanças que poderão otimizar o processo para a devida automatização dos métodos propostos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação climática

Para a caracterização do ambiente a que foram submetidas as aves de postura, foi realizada a avaliação do microclima local considerando temperatura, umidade relativa do ar e entalpia de cada um dos tratamentos presentes.

4.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar

Após o período de adaptação ao qual as aves foram submetidas, as variáveis temperatura e umidade relativa do ar mostraram-se variantes com relação aos valores de controle pela câmara climática em situações de estresse e conforto, isto devido a problemas de interação das aves com o meio por causa de permanência de dejetos, o fegação e o aumento de umidade na cama. A temperatura manteve-se próxima aos valores estipulados para conforto e estresse, porém a umidade mostrou-se de difícil controle (BARBOSA FILHO, 2004).

As Figuras 14 e 15 ilustram as médias de temperaturas e umidades relativas do ar nos tratamentos de conforto e estresse térmico respectivamente.

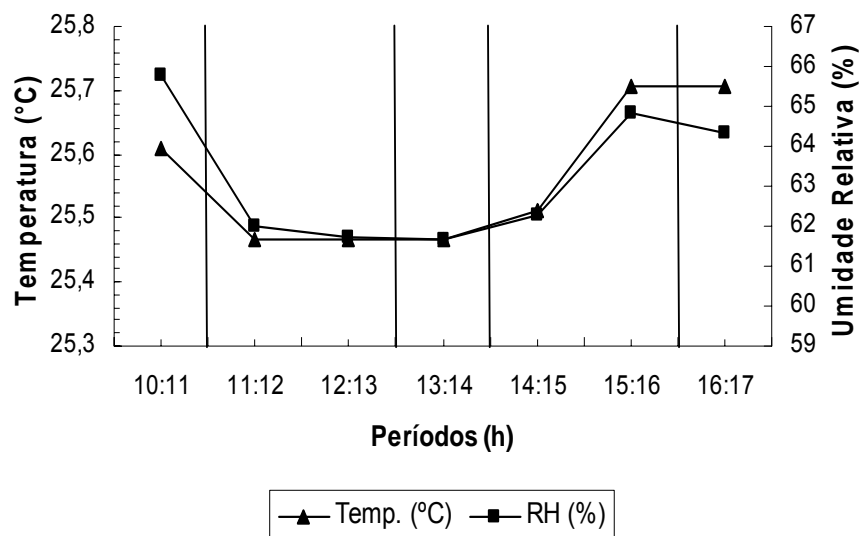


Figura 14 – Temperaturas e umidades relativas do ar médias do primeiro ao terceiro período referentes ao tratamento de conforto térmico

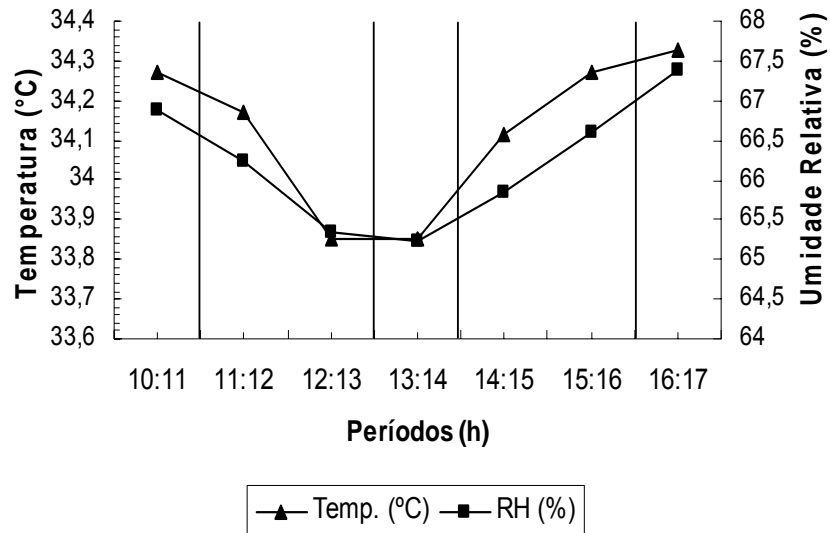


Figura 15 – Temperaturas e umidades relativas médias do primeiro ao terceiro período referentes ao tratamento de estresse térmico

Estas variáveis são medidas dentro da câmara climática e estão relacionadas aos dias de análise das seqüências de imagens, com início no primeiro até o terceiro período em destaque no gráfico.

Para a situação de conforto e estresse térmico, verifica-se que as faixas de temperaturas médias e umidades relativas do ar na câmara climática mantiveram-se dentro dos limites propostos de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Faixas de temperatura e Umidade Relativa para os dois tratamentos

	Conforto		Estresse	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temp. (°C)	25,4	25,7	33,8	34,3
UR (%)	61,6	65,7	65,2	67,3

Diante das variações de temperatura e umidade relativa do ar no interior da câmara, mesmo sendo controlada por sensores monitorados por mini-estações meteorológicas,

cas, adotaram-se os seguintes valores para melhor retratação das situações em câmara climática (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores representativos dos tratamentos adotados

	Temp. (°C)	UR (%)
Conforto	26	63
Estresse	34	67

Fonte: Barbosa Filho (2004)

4.1.2 Entalpia

Com base em cálculos previamente estipulados, em situação de conforto térmico, a entalpia não ultrapassou os limites máximo e mínimo estipulados para a linhagem, ao contrário da situação de estresse que se mostrou muito acima do limite máximo, como é indicado pelas Figuras 16 e 17, respectivamente.

Este fato contribui para que o ambiente, em situação de estresse térmico, não proporcione meios de trocas eficientes de calor para as aves, devido à grande umidade e temperatura. Quanto ao conforto, não existem problemas relacionados à troca de calor com o meio, já que a massa de vapor de água contida no ar, sob aquela temperatura, não é fator limitante para as trocas térmicas. Isto mostra que os intervalos de temperatura e umidade relativa adotadas retratam de modo coerente as duas situações às quais as aves foram submetidas.

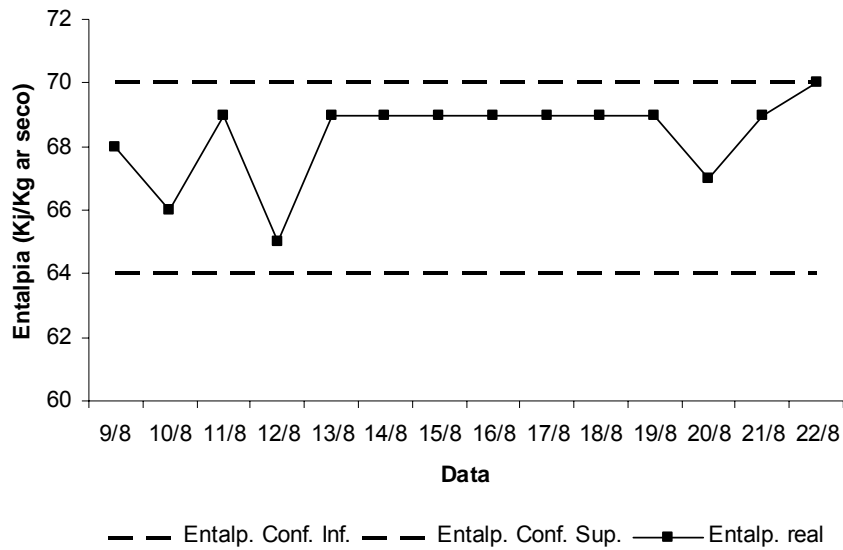


Figura 16 – Entalpia no período de conforto dentro dos limites estipulados para a linhagem

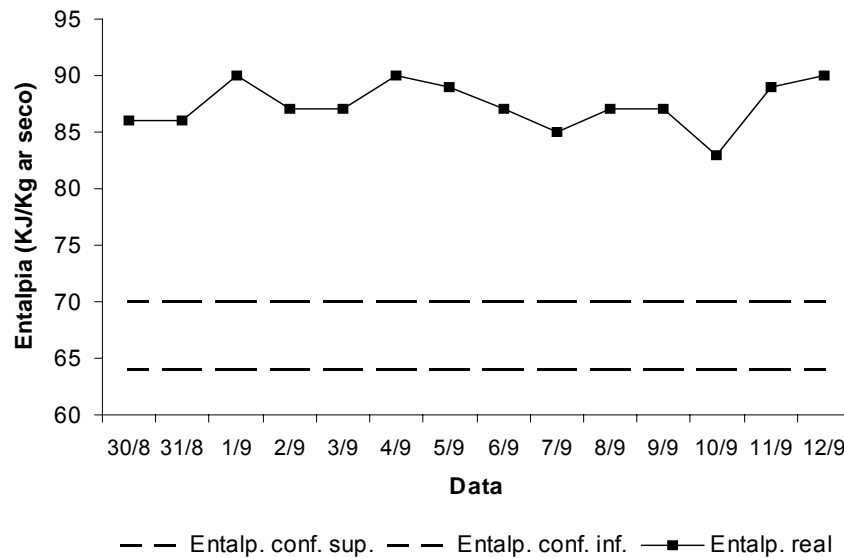


Figura 17 – Entalpia no período de estresse acima do limite máximo estipulado para a linhagem

Com relação à entalpia, estabeleceu-se que a faixa ótima de conforto está compreendida entre 64 e 70 KJ/kg de ar seco, englobando as faixas de 26°C e 63% de umidade relativa. Dessa forma verifica-se, na Figura 16 que, durante todo o experimento, as aves se mantiveram em condições de conforto nesse tratamento.

Deve-se observar que, para o tratamento de estresse térmico, foi estabelecido que a entalpia acima de 70 KJ/kg de ar seco é fora da faixa ótima de conforto.

De acordo com a Figura 17, nota-se que as aves foram submetidas ao ambiente com altos valores de entalpia.

4.2 Pré-processamento

Os resultados das transformações sofridas pelas imagens, que possibilitaram a extração de informações referentes à distribuição e posturas corpóreas das aves, são apresentados de forma seqüencial de acordo com a metodologia proposta anteriormente.

O pré-processamento de imagens foi realizado pelas seguintes técnicas: realce, segmentação e operações matriciais. A importância destes artifícios de melhoramento de imagens está relacionada com a sua qualidade para posteriores sistemas de processamento e extração de informações.

4.2.1 Realce

A técnica de realce é utilizada com o propósito de aumentar o contraste entre as cores atribuídas ao dorso das aves, a fim de que, ao longo da seqüência, as cores possam ser facilmente destacadas, fato importante para o uso do algoritmo de análise de distribuição espaço-temporal das aves isoladamente.

O realce adotado é específico para as imagens em questão, a fim de solucionar alguns problemas de luminosidade das imagens e destacar as cores importantes para o efetivo rastreamento das aves.

O contraste atribuído à imagem foi testado de 0 a 100%, e o valor adotado foi a critério do mínimo contraste capaz de evidenciar todas as cores. Isto foi testado através do algoritmo de Clusterização "K-means" a ponto de que todos os dorsos pudessem ser separados em imagens secundárias. A Figura 18 mostra a imagem original e a transformada, a qual foi submetida ao aumento de contraste em 30%.



(a)

(b)

Figura 18 – (a) imagem original; (b) imagem com contraste de 30% de aumento entre as cores

Uma vez adotados os parâmetros de realce, estes podem ser aplicados às demais imagens da seqüência.

As imagens receberam tratamento para aumento de 30% do contraste entre as cores, o que também contribui para o contraste entre aves e plano de fundo. O realce foi aplicado às seqüências de imagens. O valor atingido é o mínimo necessário para evidenciar as cores. O valor mínimo foi adotado a fim de que não houvesse acréscimo de informações desnecessárias nas imagens.

4.2.2 Técnicas de segmentação

A extração do plano de fundo é essencial para remover obstáculos estranhos aos objetos de análise e facilitar o processo de segmentação de imagens. Uma imagem do local, sem as aves, pode ser utilizada e, através de subtração de matrizes, apenas as aves podem ser destacadas nas imagens e estas são então segmentadas.

A segmentação é a mais importante técnica de pré-processamento aplicada a uma imagem, sendo de fundamental importância para que haja extração de detalhes pertinentes da mesma.

Segmentar consiste em dividir a imagem em diferentes regiões de interesse. Pode-se dividir a imagem em objetos e plano de fundo. A imagem obtida neste caso apre-

senta duas regiões: o fundo em preto e os objetos em branco, ou vice-versa. Esta imagem com dois níveis de cinza é chamada de imagem binária.

Portanto a segmentação baseia-se nas mudanças abruptas no nível de cinza das imagens que podem ser segmentadas por reconhecimento de bordas, o que diminui a quantidade de informação nas mesmas e será utilizada também para o estudo de reconhecimento de padrões, já que apenas a geometria assumida pelo corpo da ave é de interesse neste caso. A imagem binária apresenta a grande facilidade de manipulação, pois há redução da quantidade de informação na imagem porque os valores dos “pixels” são 0 ou 1, diferente do sistema RGB de cores que podem apresentar três números para o mesmo “pixel” (RAJA, 1998).

A Figura 19 mostra as imagens original e transformada. Esta última é resultado da extração do plano de fundo e aves.

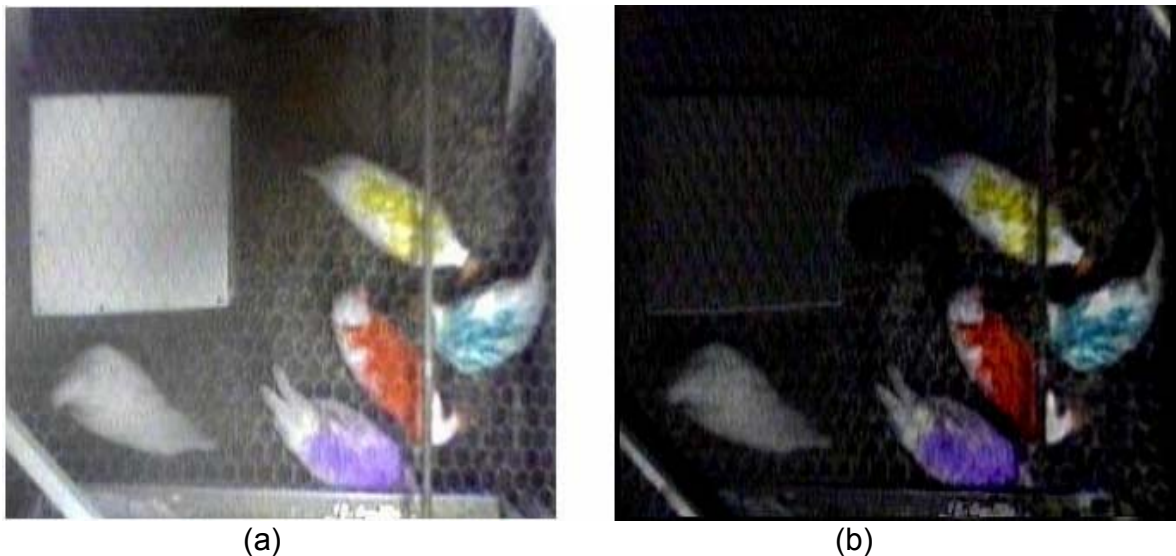


Figura 19 – (a) Imagem original; (b) Imagem resultado da subtração do plano de fundo

A segmentação de imagens coloridas é outra forma de obter informações direcionadas ao que se quer medir e é feita com a utilização de técnicas de Clusterização K-means. O procedimento utilizado consiste em converter imagens RGB para o espaço L^*a^*b de cores ou CIELAB (CIE, 1986). Este sistema é capaz de quantificar as diferenças visuais entre cores e separá-las umas das outras em imagens secundárias.

A Figura 20 mostra a separação das cores dos dorsos das aves em imagens secundárias. Cada uma das 5 aves foi ilustrada em imagens separadas para posterior cálculo do centro geométrico do dorso em evidência.

As imagens secundárias serão processadas de forma que o centro geométrico das aves seja calculado e assim, o perfil de dispersão espaço-temporal seja traçado ao longo dos períodos analisados.

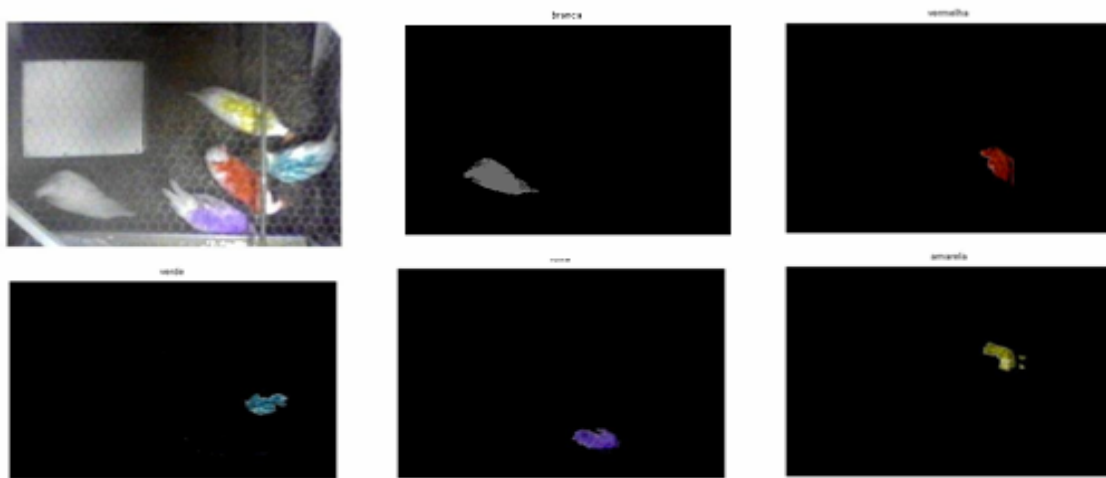


Figura 20 – Separação dos dorsos das aves em imagens secundárias por clusterização de cores.

4.2.3 Operações entre matrizes

Foram desenvolvidos cálculos de subtração de matrizes correspondentes às imagens a fim de obter as aves separadamente para o efetivo contorno destas e identificação das posturas adquiridas ao longo do tempo nos referidos tratamentos, de forma individual.

Primeiramente, foram subtraídas da imagem resultante de realce e extração de plano de fundo, os dorsos das aves. Assim, obtiveram-se imagens com apenas a ave branca por inteiro, as demais Figuras foram retiradas por não possuírem área semelhante à ocupada por uma ave na imagem. O procedimento foi seguido para extração das cores brancas e dorsos das aves para que todas as aves pudessem ser identificadas nas imagens.

Uma vez realizadas estas operações, o procedimento adotado foi automatizado de forma a facilitar o pré-processamento das imagens.

A Figura 21 mostra a imagem das aves cujas cores dos dorsos foram subtraídas. Após a subtração, estas foram binarizadas (Figura 22) de forma a apresentar a cor preta para o substrato e branca para as aves. O processo de binarização é essencial para que haja redução de quantidade de informação a ser processada pelo computador.



Figura 21 – Imagem padrão e subtração das cores vermelha, azul, verde e amarela



Figura 22 – Binarização da imagem de aves confinadas

Após binarização, os objetos em branco com áreas inferiores à área média ocupada por uma ave, verificada previamente, foram excluídos da imagem de forma a caracterizar um filtro, possibilitando a obtenção de uma imagem com apenas uma ave, como mostra a Figura 23.



Figura 23 – Eliminação de objetos com áreas inferiores à área ocupada pela ave na imagem

Na Figura 24 é indicada a forma apresentada pela ave, obtida por processo de detecção de bordas.



Figura 24 – Detecção de bordas da estrutura corpórea de uma ave

Esta etapa é de extrema importância para o estudo de análise de posturas corpóreas das aves ao longo do tempo classificadas através do uso de Redes Neurais Artificiais.

Esse procedimento é essencial, uma vez que o formato ou contorno corporal de uma ave é simétrico, fazendo com que não existam diferenças, em algumas ocasiões, entre parte posterior e inferior das aves. Esta diferenciação pode ser vista em suínos cujo corpo é assimétrico com relação às partes inferiores e posteriores.

4.3 Processamento e análise de imagens

O processamento das imagens resultou em informações quanto à distribuição das aves e as posturas corpóreas apresentadas pelas mesmas ao longo dos três períodos e tratamentos analisados. O processamento das imagens foi realizado pelo método de distribuição espaço-temporal e pelo método de reconhecimento de padrões, em que para cada método foram feitas as análises de imagens.

4.3.1 Método de distribuição espaço-temporal

Foi analisada a distribuição de cada uma das aves, durante uma hora em três períodos do dia, para dois dias de cada tratamento. A frequência em cada uma das regiões, o tempo de inatividade e a dependência temporal de algumas distribuições para os dois tratamentos foram analisadas, sendo esta última avaliada por técnica de análise de correspondência a fim de verificar em quais dos períodos de cada tratamento houve maior ou menor frequência de uso das regiões específicas.

O processamento das imagens permitiu que se obtivessem mapas com as indicações das regiões mais freqüentadas pelas aves nos três períodos, para cada um dos tratamentos adotados.

A Figura 25 ilustra as tendências de trajetórias das aves ao longo dos períodos avaliados, identificando as regiões de maior frequência.

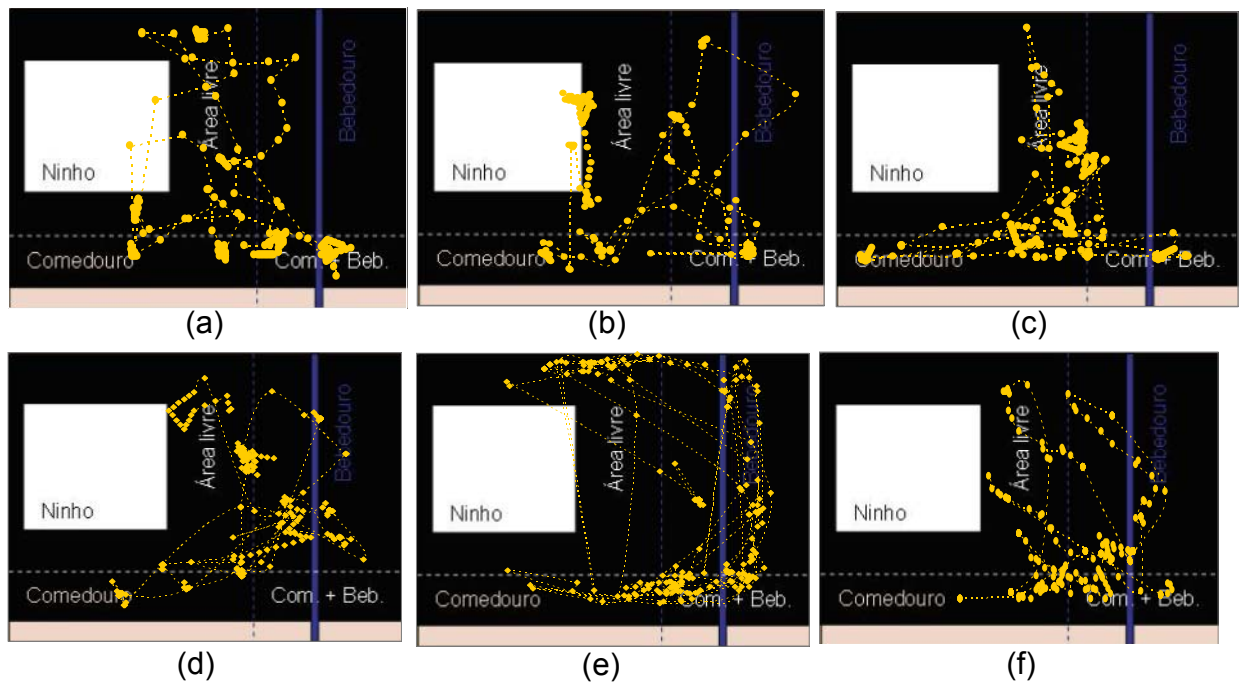


Figura 25 – Distribuição de aves em situação de conforto térmico: (a) Período 1; (b) Período 2; (c) Período 3; e estresse térmico: (d) Período 1; (e) Período 2; (f) Período 3; (Período 1: 10:00 às 11:00 h; Período 2: 13:00 às 14:00 h; Período 3: 16:00 às 17:00 h)

As áreas avaliadas consistem em regiões como bebedouro, comedouro, ninho, área livre e bebedouro + comedouro para as duas situações investigadas.

Os padrões de distribuição repetem-se para as demais aves (Anexo B). Para o estresse, as aves exploram mais o espaço disponível, ao passo que, em situações de conforto, existe uma tendência clara de que, ao passar para períodos da tarde, as aves vão se concentrando em determinadas regiões como bebedouro e comedouro. O fato de se movimentarem proporcionando uma sensação de agitação provavelmente deve-se à razão das aves trocarem calor com o meio. Apesar de que, quando submetidas ao estresse, tendem a se alimentarem menos, a presença na região do comedouro pode ser um indicativo de ócio, visto que as aves piscam, ou mesmo procuram bicar objetos, no caso, a comida que cai do comedouro. Outra justificativa pode ser a proximidade com a área do bebedouro que pode estar ocupado por outras aves.

Ao analisar as médias de frequência das aves, como indica a Figura 25, tem-se que em condições de conforto a frequência das aves ao bebedouro foi progressiva,

aumentando ao longo dos períodos. A presença no comedouro foi maior no segundo período.

Por meio dos mapas de distribuição espacial, pode-se verificar que, em condições de conforto, as aves se distribuem no entorno do comedouro e ninho, porém em condições de estresse é notório a distribuição ao longo do bebedouro. Esses resultados confirmam as observações realizadas no campo e é justificado pela redução do consumo de ração e a necessidade de reposição hídrica das aves.

Finalizadas as etapas de pré-processamento e processamento, as informações extraídas nesta última etapa são então avaliadas por meio de estudos de frequência das aves nas regiões delimitadas vistas anteriormente e também através de Análise de Correspondência.

4.3.1.1 Análise de dispersão espaço-temporal

A Figura 26 mostra as frequências apresentadas na situação de conforto térmico para os três períodos avaliados.

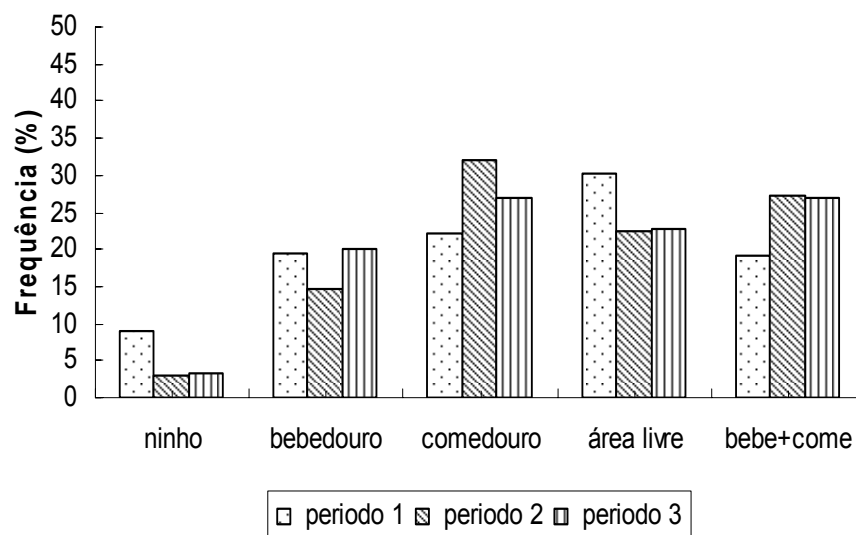


Figura 26 – Frequência média em regiões de interesse para os dias de análise de conforto

Observa-se que a distribuição das aves ao longo dos períodos de conforto apresenta-se de forma equivalente para os três períodos. As maiores frequências neste ca-

so estão relacionadas com a área de comedouro, livre e bebedouro + comedouro. Esta última área apresenta acesso ao comedouro e bebedouro. É notório que, em condições de conforto, há uma melhor distribuição das aves no espaço disponível, ou seja, a frequência de uso foi homogênea nas diferentes áreas estudadas. O que não é evidente nas condições de estresse. Quanto ao estresse térmico, a Figura 27 mostra as frequências citadas.

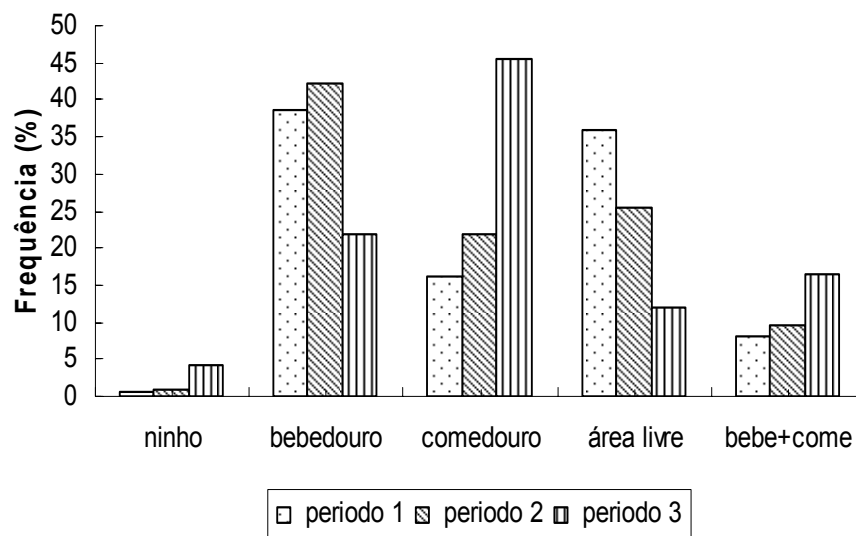


Figura 27 – Frequência média em regiões de interesse para os dias de análise de estresse

Para as situações de estresse, a frequência das aves na região do bebedouro aumentou substancialmente, principalmente nos dois primeiros períodos de análise. Isto se deve à necessidade de perder calor através do uso da água como meio dissipativo, considerando ainda a reposição da água pela perda efetuada através da ofegação. A ocupação da área livre decresceu ao longo do tempo. Desse modo, tem-se que as aves mantiveram-se nas regiões onde poderiam ingerir água ou alimento. A presença das aves no ninho também diminuiu com relação à situação de conforto nos três períodos.

Dessa forma, pode-se verificar que quando as aves foram submetidas a condições estressantes, sua frequência de uso ficou delimitada entre as áreas de bebedouro e comedouro. Deve-se ressaltar que a presença na área do comedouro, por exemplo, não significa que a ave esteja ingerindo água, principalmente pelos períodos de maior frequência, de acordo com a Figura 27, nos períodos 1 e 2. Além disso, observa-se

uma inversão nas freqüências de uso, ou seja, nos períodos em que se aumentou a freqüência nos bebedouros, reduzindo a presença nos comedouros.

A Análise de Correspondência feita para a Tabela de regiões de interesse e períodos indica a contribuição de cada região ocupada pelas aves em cada um dos 3 períodos analisados.

A Tabela 7 mostra a freqüência de aves em cada região para cada um dos 3 períodos analisados em situação de conforto térmico.

Tabela 7 – Grau de correlação entre regiões de interesse e períodos para a situação de conforto

Regiões	P1	P2	P3	massa
Ninho	0,097	0,193	0,210	0,051
Bebedouro	0,359	0,271	0,370	0,181
Comedouro	0,274	0,394	0,332	0,271
Área livre	0,397	0,301	0,302	0,251
Beb. + comed.	0,260	0,374	0,366	0,254
massa	0,333	0,333	0,333	

Os dados mostram que (análise de massa) a maior e menor contribuições para o conjunto de dados são relativas às freqüências relacionadas ao comedouro e ninho respectivamente. Ou seja, para as condições de conforto, a localização de menor importância está relacionada com o ninho, e a de maior importância e, conseqüentemente de freqüência é o comedouro. A segunda freqüência que mais contribuiu para o conjunto de dados está relacionada com a área livre, área esta em que a ave não está se alimentando ou ingerindo água.

Ao analisar cada período, a maior freqüência observada para o primeiro foi na área livre. Isto pode ser explicado por comportamentos de pré-postura e postura que são caracterizados pela inquietude das aves e necessidade de estarem próximas ao ninho. No segundo período, as aves mostram-se mais freqüentes na região do comedouro, e no período da tarde, entre as 16:00 e 17:00 horas no bebedouro.

Na situação de estresse térmico (Tabela 8), a frequência mais alta refere-se à região do bebedouro, a segunda maior está relacionada com o comedouro, o que pode ser explicado pela simples bicagem da ração ou mesmo pelo fato de que a ração pode se encontrar no substrato e as aves exploram estes objetos sem a intenção de se alimentarem. A menor frequência foi indicada na região do ninho.

Tabela 8 – Frequência e regiões de interesse e massas (pesos) em estresse

Regiões	P1	P2	P3	massa
Ninho	0,117	0,141	0,043	0,019
Bebedouro	0,378	0,409	0,213	0,324
Comedouro	0,195	0,263	0,542	0,280
Área livre	0,492	0,346	0,163	0,246
Beb. + comed.	0,235	0,284	0,481	0,114
massa	0,333	0,333	0,333	

Tais comportamentos, em condições de estresse, são condizentes com as situações reais, que ocorrem no campo, ou seja, nesses períodos as aves procuram mais os bebedouros, e a procura pela região do ninho é reduzida.

Por meio da avaliação da distância Euclidiana, como pode ser observado nas Figuras 28 e 29, quanto menor a distância entre os períodos e o local de permanência, maior correlação existe entre eles.

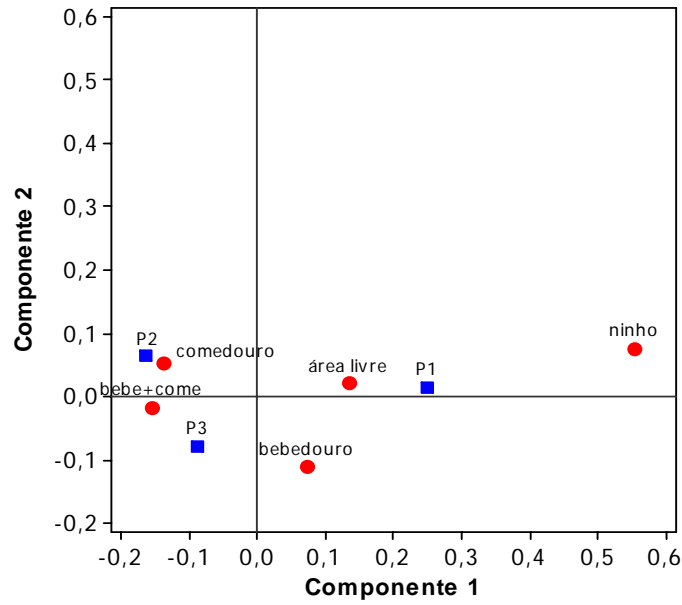


Figura 28 – Ilustração da análise de correspondência em situação de conforto térmico

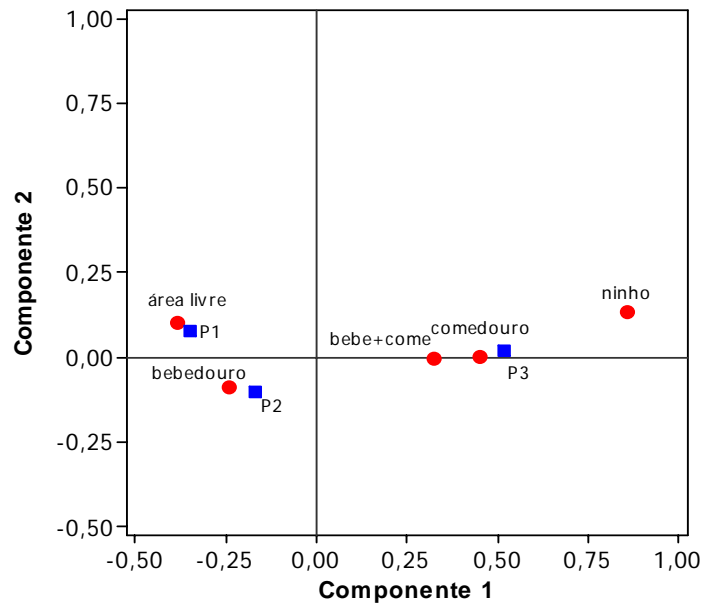


Figura 29 – Ilustração da análise de correspondência para a situação de estresse térmico

Dessa forma, verifica-se que para a situação de conforto há uma maior correlação entre período 1 e área livre, visto que neste horário do dia as aves estão à procura do ninho.

O período 2 apresentou-se mais correlacionado com o comedouro, momento este em que as aves estavam nesta região ingerindo alimento. Quanto ao período 3 este mostrou-se com alto grau de correlação com a região “comedouro + bebedouro”. Dessa forma as aves tinham acesso à comida e água.

Na situação de estresse, as maiores correlações apresentaram-se entre período 1 e área livre, assim como a situação de conforto. Isto pode indicar que o estresse calórico não influenciou a procura por ninho. Período 2 e bebedouro mostraram-se mais correlacionados que os demais períodos, e período 3 e comedouro também mostraram-se de grande grau de correlação. Os gráficos ilustram de maneira direta os índices de correlação mostrados nas Tabelas 7 e 8.

4.3.2 Método para o reconhecimento de padrões

Para o treinamento da Rede Neural Probabilística, foram utilizadas 1.800 imagens escolhidas de forma a apresentar 300 imagens de cada período dos tratamentos analisados. Foi necessária a classificação visual para posterior uso da metodologia proposta para o reconhecimento de padrões através de sistema inteligente.

A Figura 30 é uma amostra do conjunto de formas adotadas. Cada postura corpórea apresenta suas distorções visíveis por meio de detecção de bordas.

As Figuras mostradas são apenas exemplos de cada forma adquirida pela ave ao efetuar um comportamento. Muitas variantes de cada forma foram adotadas para que o sistema de Rede Neural Artificial (RNA) pudesse reconhecer as formas, mesmo apresentando variações, ou seja, cada postura corpórea apresenta inúmeras formas que são registradas e utilizadas pelo sistema para seu aprendizado e posterior poder de generalização. Dessa maneira, a Rede apresenta uma função de probabilidade para uma determinada ação, relacionando a um determinado comportamento.

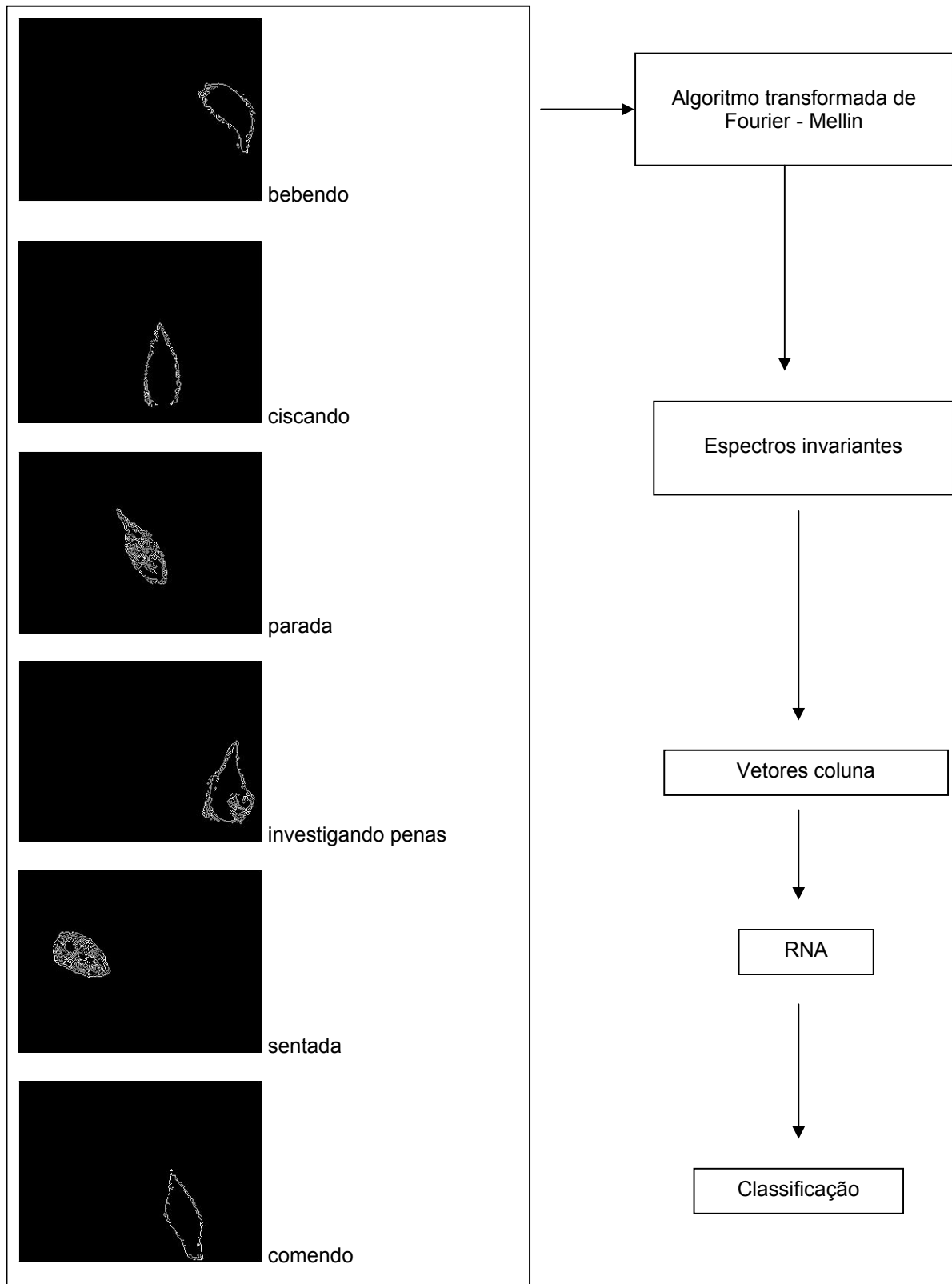


Figura 30 – Imagens adquiridas por detecção de bordas para a classificação da RNA e o organograma de transformação de imagens digitais em caracteres numéricos

As seqüências de imagens pré-processadas em etapas anteriores para o processo de reconhecimento de padrões foram submetidas ao algoritmo de Fourier-Mellin (DOLL, 2004), implementado em ambiente MATLAB®, cuja propriedade é transformar as imagens em sistemas invariantes quanto à rotação, translação e escala de cada forma a ser classificada posteriormente pela Rede Neural Artificial (RNA).

Os espectros são separados em conjunto de dados para entrada do sistema de classificação de imagens

Foi utilizado como base o programa ProbNN implementado em C por Soler (2003). As modificações foram realizadas devido às dimensões dos dados de avaliação.

Inicialmente, foram definidas as dimensões dos vetores de entrada, do número de classes ou padrões, número de vetores de treino, número de vetores de teste e o número máximo entre vetores de teste e treino.

As imagens correspondentes às posturas adquiridas pelas 5 aves foram classificadas visualmente para compor os vetores de treino e teste da PNN.

As seis posturas corpóreas reconhecidas pelo sistema visual humano, após o devido pré-processamento, foram então classificadas para cada ave de forma que cada postura possuísse várias amostras que apresentassem a maior variação possível entre elas.

Na fase de treinamento da rede, a entrada e saída desejadas foram informadas ao sistema para que um procedimento de aprendizado supervisionado fosse executado.

Para que houvesse um efetivo treino da rede utilizada, foram fornecidos os mesmos 5 vetores de treinamento para possíveis melhorias no desempenho do sistema de classificação.

Na fase de classificação da rede, somente as entradas são fornecidas, o que retornará à classe de cada imagem conforme o aprendizado da rede ocorrido com o treinamento. A fase de teste da rede consiste em avaliar o erro apresentado pelo sistema de classificação e é realizado antes desta. Assim, é verificado o poder de generalização do sistema adotado.

Cada postura e suas variações foram então agrupadas em classes a seguir definidas na Tabela 9.

Tabela 9 – Vetores de saídas desejadas

Classe	Vetor de saída desejada
Bebendo	1 0 0 0 0 0
Ciscando	0 1 0 0 0 0
Parada	0 0 1 0 0 0
Investigando penas	0 0 0 1 0 0
Sentada	0 0 0 0 1 0
Comendo	0 0 0 0 0 1

Os valores numéricos dispostos para os vetores de saída são meramente informativo. Estes vetores compreendem uma forma de fazer com que a RNA utilize uma codificação numérica para que haja facilidade de obtenção dos resultados.

4.3.2.1 Análise para o reconhecimento de padrões

Após as operações de reconhecimento de padrões, o sistema forneceu as informações resumidas nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Vetores de teste e porcentagem de acerto

Vetores de teste	Porcentagem de acerto (%)					
	Bebendo	Ciscando	Parada	Inv.Penas	Comendo	Sentada
1	65	80	60	55	75	85
2	75	75	80	75	75	80
3	65	75	75	75	80	80
4	80	70	65	75	55	75
5	50	75	80	55	85	75

A Tabela 10 apresenta as classes de posturas a serem reconhecidas pela rede e as respectivas porcentagens de acerto na classificação das posturas nas imagens.

Verifica-se pela Tabela 10 que todos os vetores, de forma geral, apresentaram índice superior a 50% de acerto para os vetores apresentados à rede.

Os vetores 2 e 3 apresentaram maiores porcentagens de acerto. Estas diferenças estão relacionados ao fato de que a escolha das imagens representantes para cada classe foi feita de forma aleatória, podendo não apresentar as variações inerentes às imagens de cada classe.

Percebe-se que as posturas melhor identificadas são “sentada” e “ciscando”, pois apresentaram bom desempenho de classificação em termos de porcentagem, ou seja, segundo Nunes (2002), a técnica de reconhecimento de bordas e algoritmos de para extrair as variações das imagens (DOOL, 2004), aliada ao uso de redes neurais artificiais, pode ser considerada eficiente como ferramenta para reconhecimento de padrões. O autor analisou a possibilidade de reconhecimentos de formas geométricas tais como triângulos, quadrados e círculos. A rede, neste caso, apresentou 100% de acerto, pois se trata de imagens que não apresentam grandes variações entre mesmas figuras geométricas. Quanto às aves, as formas adquiridas por estas apresentaram-se muitas vezes com grande variabilidade no mesmo padrão de postura, o que pode ter influenciado a margem de erro da RNA. A Tabela 11 apresenta o resultado da classificação da RNA, para o conjunto de imagens.

Tabela 11 – Resultados da RNA treinada de acordo com valores de % de acerto

Classe	Porcentagem de acerto (%)
Bebendo	65
Ciscando	60
Inv. Penas	70
Comendo	70
Parada	75
Sentada	80

As imagens das seqüências de análise foram então submetidas à classificação da rede. O total de 4.320 imagens foi classificado pela rede em várias etapas para que não houvesse problemas com o tempo de processamento. As posturas apresentaram um nível de acerto razoável em torno de 65%. O erro apresentado pode ser explicado por problemas de oclusão, quando as aves estão muito próximas, dificultando o reconhecimento e classificação individual pela RNA. O fato das aves possuírem simetria entre parte posterior e inferior do corpo, também pode ser um fator de erro. Um sistema mais apurado para detecção de bordas poderá reduzir a margem de erro.

Os resultados obtidos para a situação de conforto e estresse são mostrados nas Tabelas 12 e 13 respectivamente.

Tabela 12 – Percentual médio de posturas corpóreas das aves submetidas ao conforto

Postura	Período 1	Período 2	Período 3
Comendo	23	44	20
Bebendo	3	4	2
Ciscando	8	6	12
Inv. Penas	7	15	15
Sentada	30	10	28
Parada	29	21	23

A Tabela 12 mostra que, em condições de conforto para o período 1, as aves estão, na maior parte do tempo, em posições condizentes com os comportamentos de estar sentadas e paradas, respectivamente. Isto pode ser explicado pelo fato de que neste período as aves estão à procura do ninho, ou mesmo em postura na região de área livre, haja vista que as aves não utilizaram o ninho para a postura propriamente dita. No segundo período, 44% do tempo, as aves apresentaram-se comendo, e no terceiro período a postura corpórea de maior relevância foi estar sentada seguida por parada, que estão relacionadas com a maior freqüência das aves na região do “comedouro e bebedouro” onde as aves tinham acesso ao bebedouro para empoleiramento.

A Tabela 13 está relacionada com a condição de estresse térmico.

Tabela 13 – Percentual médio de posturas corpóreas das aves submetidas ao estresse

Postura	Período 1	Período 2	Período 3
Comendo	29	25	17
Bebendo	11	29	15
Ciscando	29	13	21
Inv. Penas	15	14	30
Sentada	4	15	13
Parada	12	4	4

Para esta situação, as posturas de maior frequência no período 1 foram “comendo” e “ciscando” com o valor de 29% as duas. Isto pode ser explicado pelo fato de que as formas das aves “comendo” e “ciscando” são semelhantes e estão em acordo com a situação de conforto, pois apresentaram-se com maior frequência na região livre.

O período 2 foi marcado pela postura de beber seguida por comer. Este resultado está de acordo com a análise de distribuição espacial, já que as aves apresentaram-se mais frequentemente na região do bebedouro. O período 3 mostra que as aves apresentaram-se com 30% de frequência de posturas de investigar penas, sendo que a distribuição espacial mostra que estas estavam mais frequentemente na área do comedouro, o que pode ser explicado pela necessidade da ave de forragear, não estando diretamente ligada à área de presença.

Baseando-se nos resultados apresentados, é possível estabelecer uma classificação lingüística para indicativo de conforto em função dos comportamentos observados. Os comportamentos foram classificados tal como mostra a Tabela 14, tomando como base o trabalho de Hurnik (1988). Os comportamentos foram separados em classes como essenciais à vida e comportamentos essenciais ao conforto e saúde.

Tabela 14 – Faixas de valores percentuais de postura corpórea observadas pela classificação da RNA conforme Hurnik (1988)

Classe	Comportamentos	Conforto (%)	Estresse (%)
Essenciais a vida	Comendo	20-44	17-29
	Bebendo	2-4	11-29
Essenciais ao conforto e saúde	Ciscando	6-12	13-29
	Inv. Penas	7-15	14-15
	Sentada	10-30	4-15
	Parada	21-29	4-12

Com base nos valores preconizados pela literatura quanto aos comportamentos analisados, têm-se condições de estabelecer padrões de conforto que possam esclarecer algumas alterações destes nos dados observados.

Foram considerados os trabalhos de diversos autores (BARBOSA FILHO, 2004; RUDKIN e STEWART, 2003; MOLLENHOST, 1999; MENCH, 1985) sobre comportamento de aves alojadas em sistemas de criação como o utilizado para o presente estudo, e os parâmetros observados serviram de base para a adoção de um sistema de limites de porcentagem de tempo em que as aves realizam determinados comportamentos. As classes foram separadas, segundo Hurnik (1988), para classificação das faixas obtidas no experimento e com base em literatura citada.

Dessa forma, a Tabela 15 mostra faixas padrões de porcentagem de tempo de ocorrência de determinados comportamentos das aves:

Tabela 15 – Percentagem padrão de tempo gasto para determinados comportamentos observados para situação de conforto térmico, segundo valores preconizados pela literatura

Classe	Comportamentos	Conforto (%)
Essenciais a vida	Comendo	21-26
	Bebendo	1-3
Essenciais ao conforto e saúde	Ciscando	8-14
	Inv. Penas	10-20
	Sentada	7-13
	Parada	4-17

Fonte: Barbosa Filho, 2004; Rudickin e Stewart, 2003; Mollenhost, 1999; Mench, 1985; Barehan, 1976

Esses valores mostram que em câmara climática existem faixas que admitem maior percentagem de tempo transcorrido, quando comparados com os preconizados pela literatura. Isto pode ser explicado pelo fotoperíodo adotado na câmara e pelo fato do ambiente não estar diretamente vinculado ao ambiente externo e suas variações no decorrer do dia.

4.3 Análise combinada

Com o objetivo de refinar os estudos de localização e postura corpórea, realizou-se uma análise combinada entre os métodos.

Ao analisar a distribuição de aves ao longo da seqüência de imagens, podem-se ter informações quanto à localização de cada ave na seqüência temporal analisada, porém, o comportamento não está necessariamente relacionado com a localização da ave. É importante constatar que a freqüência em determinados lugares do “box” mostra a necessidade da ave quanto ao conforto, como a presença no bebedouro ser maior em situações de estresse comparando com situações de conforto térmico.

Para verificação da distribuição temporal das aves e posturas corpóreas adquiridas, foi enumerada cada uma das 360 imagens de cada período, dia e tratamento. Para

cada ave, foram analisadas em conjunto a postura corpórea adquirida e a localização com o objetivo de indicar qual situação da ave naquele momento de análise.

Foi analisado, através da postura corpórea, qual o comportamento da ave em todas as imagens e sua localização entre as áreas delimitadas, para as seqüências de imagens nos três períodos, sendo a média de comportamentos para cada tratamento mostrada nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Comportamentos reconhecidos em porcentagem em regiões delimitadas para conforto

Regiões de- limitadas	Tratamento: Conforto					
	Bebendo	Ciscando	Inv. penas	Comendo	Parada	Sentada
Bebedouro	59	13	12	0	7	9
Comedouro	0	68	2	29	1	0
Ninho	1	0	0	0	0	99
Área livre	1	61	14	4	10	10
Com. + Beb.	36	36	4	15	8	1

Tabela 17 – Comportamentos reconhecidos em porcentagem em regiões delimitadas para estresse

Regiões de- limitadas	Tratamento: Estresse					
	Bebendo	Ciscando	Inv. penas	Comendo	Parada	Sentada
Bebedouro	76	21	0	0	0	3
Comedouro	0	14	1	82	2	1
Ninho	0	0	0	0	11	89
Área livre	6	63	15	2	5	9
Com. + Beb.	52	2	0	45	1	0

Verifica-se que existe uma forte correlação entre localização e comportamento efetuado pelas aves, quando submetidas a situações de estresse. O ato de beber água em situação de estresse, quando na região do bebedouro, é de 76 %. Isto não é verificado quando em situações de conforto, pois nota-se que o ato de beber água é de 59% contra 41 % de outros comportamentos em situação de estresse.

Pode ser visto ainda que, em situações de estresse, a presença das aves no comedouro está relacionada com outros comportamentos 82% das aves nesta região estavam na posição de se alimentar conforme a classificação das posturas adquiridas pelas aves. Isto pode ser explicado pelo fato de que a ave não atingiu o estado de prostração e ainda estava ingerindo alimento para utilizar energia para usar estratégias de perda de calor ou bicagem do alimento.

4.5 Análise comparativa

Foram comparados os dados obtidos pela classificação das imagens feitas pela Rede Neural Probabilística com os dados de origem pertencentes ao trabalho de Barbosa Filho (2004).

As posturas corpóreas analisadas no presente estudo foram adotadas de forma visual pelo experimentador, sem diferenciar possíveis variações de comportamento que pudessem adotar as mesmas posturas corpóreas. O trabalho original possui 12 comportamentos, dos quais 6 foram adotados para a caracterização neste trabalho, tais como: comendo, bebendo, ciscando, parada, sentada e investigando penas.

Movimentos de conforto, agressividade e banho de areia foram unidos às formas de “investigando penas” devido à alta assimetria adotada pelo corpo da ave ao efetuar esses comportamentos. O mesmo pode ser verificado para “procurando o ninho” e em “poleirada”, os quais também foram somados ao comportamento de “estar parada”. Do mesmo modo, que o comportamento de postura foi somado ao de estar sentada.

Dessa maneira tem-se que apenas 6 situações podem ser caracterizadas com certa eficiência pela Rede adotada.

Os percentuais dos dois últimos períodos foram somados para que pudesse ser feita a comparação com os dados de referência.

A Tabela 18 mostra as semelhanças entre as caracterizações feitas pela técnica adotada e o método de caracterização visual (Barbosa filho, 2004).

Tabela 18– Valores percentuais de tempo médio de execução dos comportamentos para situação de conforto para análise visual* e computacional, sendo P1 (período 1) das 10:00 às 11:00 h, P2 (período 2) das 13:00 às 14:00 h, P3 (período 3) das 16:00 às 17:00 h

Padrões de comportamentos	Método visual*		Método computacional	
	P1	P2+P3	P1	P2+P3
Comendo	28	20	23	18
Bebendo	2	1	3	3
Ciscando	1	15	8	9
Inv. Penas	5	12	7	14
Sentada	26	30	30	22
Parada	26	22	29	34

* adaptado de Barbosa Filho, 2004

Os valores percentuais dos comportamentos são condizentes com os dados de referência. Para as situações de estresse térmico, também foram encontrados resultados semelhantes quanto à eficiência da técnica (Tabela 19).

Tabela 19 – Valores percentuais de tempo médio de execução dos comportamentos para situação de estresse para análise visual (adaptado de Barbosa Filho, 2004) e computacional, sendo P1 (período 1) das 10:00 às 11:00 h, P2 (período 2) das 13:00 às 14:00 h, P3 (período 3) das 16:00 às 17:00 h

Padrões de comportamentos	Método visual		Método computacional	
	P1	P2+P3	P1	P2+P3
Comendo	36	25	29	27
Bebendo	9	6	11	12
Ciscando	25	19	29	19
Inv. Penas	4	5	15	29
Sentada	14	6	14	9
Parada	12	39	2	4

Mais uma vez é notório as diferenças entre os tratamentos e comportamentos observados. Os padrões observados através dos dois métodos de análise de imagens, vi-

sual (BARBOSA FILHO, 2004) e computacional apresentam-se condizentes à medida que caracterizam as condições de conforto como uma situação de grande demanda por alimento, e baixo consumo de água. Quanto ao estresse, os dois métodos acusam a maior percentagem de consumo de alimento em relação à situação de conforto, o que foi justificado anteriormente pela demanda energética para controle térmico, pois as aves são animais muito agitados e podem estar apenas bicando o alimento (DUNCAN, 1987).

4.5 Avaliação da eficiência metodológica

A metodologia demonstrou que existe a possibilidade de automatizar a análise de imagens de forma segura quanto às informações de dispersão espaço-temporal de animais confinados. O fato de adotar tinta não tóxica facilitou a detecção de cada ave na imagem, possibilitando a apresentação de trajetórias bem definidas, e assim ilustrar de forma clara a tendência de distribuição dos animais em determinadas situações.

As operações entre matrizes demonstraram ser de grande facilidade e com resultado satisfatório para o efetivo rastreamento dos animais.

Problemas de oclusão e a forma simétrica das aves foram as causas da margem de erro apresentado pela classificação da Rede Neural Probabilística quanto ao reconhecimento de padrões das posturas corpóreas das aves. Porém, esta técnica, em particular, demonstrou ser de grande capacidade de generalização e poderá contribuir de forma decisiva para a busca de sistemas automáticos de análise de comportamento animal. Este trabalho apenas testou a hipótese da possibilidade de um sistema de Visão Computacional que possa classificar, de forma segura, os comportamentos realizados pelas aves.

Quanto ao tempo gasto para a análise das imagens, foi comparado o tempo de trabalho do experimentador entre o método visual (Barbosa Filho, 2004) e o método de Visão computacional proposto.

A Tabela 20 indica o tempo necessário para a execução das etapas listadas, comparando método visual e computacional.

Tabela 20 – Verificação de tempo gasto em horas para a classificação das imagens

	Visão computacional	Método visual
n° de imagens analisadas visualmente	1.800	43.200
tempo gasto (h)	56	160
n° de imagens classificadas	4.320	43.200
Tempo gasto (h)	16	160

O tempo gasto para análise visual das imagens, para uso do referido treino da RNA, foi de aproximadamente 56 horas. A RNA, após o treino, utilizou 16 horas para a classificação das 4.320 imagens para o referido estudo. Apesar do fato de que esse tempo seja 10% do tempo gasto para a classificação das imagens pelo método visual, tem-se que esta foi feita a cada segundo, diferente do método computacional que analisou imagens a cada 10 segundos.

Portanto o tempo de classificação é o mesmo para os dois métodos, porém deve-se considerar o fato de que o tempo para a classificação das imagens pelo método computacional está relacionado com o tempo gasto pelo computador. Isto é importante, ao considerar a fadiga do experimentador ao analisar visualmente as imagens.

Técnicas mais sofisticadas poderão suprir algumas deficiências da metodologia em questão, e um sistema que rastreie animais e reconheça sua postura ao mesmo tempo fornecerá dados relevantes quanto às imagens a serem analisadas.

Esta metodologia poderá ser generalizada para qualquer animal, visto que imagens da superfície do animal podem apresentar diferentes alcances e tamanhos de imagens.

Para analisar animais de forma individual, a pintura do dorso deve ser adotada para que cada animal seja identificado através das cores atribuídas ao mesmo.

O trabalho presente demonstrou a facilidade de manipulação de imagens para análise de animais dispostos no tempo e espaço.

Para o início de um estudo de seqüências de imagens, há necessidade de conhecimentos prévios quanto ao planejamento para a coleta de imagens de forma que o pe-

ríodo de pré-processamento não seja repleto de operações para retirada de ruídos e obstáculos da imagem.

Para estudos comparativos, como realizado neste trabalho, mapas de deslocamento das aves durante um determinado tempo podem ser auxiliar para o estudo das necessidades das aves submetidas a um tratamento. A concentração destas em algumas regiões é indício das suas necessidades.

A metodologia poderá viabilizar um sistema automático de informações em tempo real, quanto ao nível de dispersão das aves em aviários comerciais.

Em situações de desconforto, as aves tendem a se concentrar em regiões que propiciem eficientes trocas térmicas, quando submetidas ao estresse calórico.

O método propicia informações em tempo real quanto ao deslocamento dos animais e freqüência de acesso a regiões de interesse, como bebedouros e comedouros, entre outros.

A dinâmica de aves confinadas em grandes aviários pode ser monitorada, portanto, de forma bastante simples, utilizando processamento de imagens.

4.6 Contribuição científica

O presente trabalho demonstrou a facilidade de manipulação de imagens para análise de animais dispostos no tempo e espaço.

Para início de estudo de uma seqüência de imagens, há necessidade de conhecimentos prévios quanto ao planejamento de aquisição destas, de forma que o período de pré-processamento não seja repleto de operações para retirada de ruídos e obstáculos da imagem, ou seja, não demande muito tempo de execução.

A dinâmica dos animais confinados pode ser verificada ao longo de seqüência de imagens como vários autores estudaram (BENSON, 2004; DUSENBERY, 1985; LEROY, 2005; McFARLANE, 1990; MARCHANT, 1993; SERGEANT, 1998; TILLET, 1991), a fim de caracterizar o meio ao qual estão submetidos e proporcionar uma forma eficaz de caracterizar as mudanças de comportamentos ao longo dos tratamentos atribuídos aos meios de confinamento. E isto pode ser aplicado com técnicas de processamento e análise de imagens.

Quanto à caracterização de posturas corpóreas, não há na literatura uma referência que possa mostrar a eficiência do método de reconhecimento de padrões. O algoritmo utilizado (DOLL, 2004) é um dos trabalhos de base para o processamento de imagens de faces humanas, para o reconhecimento de sistemas de segurança como câmeras para a permissão de entrada de pessoas em um determinado local.

O início da busca por sistemas inteligentes capazes de caracterizar comportamentos de animais fez-se presente neste trabalho. As contribuições futuras serão de grande importância para, se possível, implementar maiores técnicas e modelos a fim de que a etologia possua uma ferramenta precisa e que possa apresentar eficiência em análises que demandam muito tempo ao experimentador.

4.7 Aplicabilidade ao produtor

A metodologia poderá viabilizar um sistema automático de informações em tempo real, quanto ao nível de dispersão das aves em aviários comerciais.

Em situação de desconforto, as aves tendem a se concentrar em regiões que propiciem eficientes trocas térmicas, quando submetidas ao estresse calórico.

A área que apresenta evasão das aves é um indicativo de que existem problemas nestes locais como ventiladores com fluxo de ar em excesso ou falta, demanda por água, baixa frequência aos comedouros, entre outros. A técnica poderá ser um auxiliar para identificar essas áreas de evasão para tomada de decisão.

O método propicia informações em tempo real quanto ao deslocamento dos animais e frequência de acesso a regiões de interesse, como bebedouro e comedouros.

A dinâmica de aves confinadas em grandes aviários pode ser monitorada, portanto, de forma bastante simples, utilizando processamento e análise de imagens.

Porém, essa técnica apresentada será de fácil utilização quando for transformada em “software” de uso direto.

Devem-se considerar a evolução tecnológica do setor, as necessidades do entendimento do comportamento animal e das condições delimitadas pelo bem-estar dos mesmos. Nesse sentido, acredita-se que a metodologia proposta aproxima a realidade atual de grande utilização de sistemas inteligentes do usuário direto.

5 CONCLUSÕES

A metodologia proposta mostrou-se eficiente para a análise do banco de imagens utilizado, quando comparada com a análise visual.

Os perfis comportamentais foram determinados por meio da metodologia proposta para classificar as diferentes condições avaliadas.

A dinâmica das aves numa relação espaço-temporal foi definida como eficiente, utilizando as etapas propostas na metodologia.

A metodologia oferece aos usuários a possibilidade do uso de um sistema de linguagem de programação simples, sem restrições na qualidade de imagens, atendendo às necessidades da avaliação comportamental dos animais.

REFERÊNCIAS

- ANIMAL HEALTH AND WELFARE. Disponível em: < <http://ec.europa.eu> >. Acesso em: 20 jun. 2006.
- BARBOSA FILHO, J.A.D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**, 2004. p. 20-98. Dissertação (Mestrado na área de Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- BARBOSA FILHO, J.A.D.; RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; SILVA, M.A.N.; SILVA, J. C.M. Avaliação de um novo método de análise de comportamentos de aves de postura submetidas a dois sistemas de criação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2006, João Pessoa, PB. **Anais...João Pessoa**: SBEA, 2006.
- BARNETT, J.L.; HEMSWORTH, P.H.; HENNESSY, D.P.; McCALLUM, T.H.; NEWMAN, E.A. The effects of modifying the amount of human contact on behavioural, physiological and production responses of laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**, Austrália. v. 41, p. 87-100, 1994.
- BENSON, E.R. Poultry behavior analysis system using machine vision. **Applied Poultry Engineering News**, Delaware. v. 2, p. 2-3, 2004.
- CALHOUN, W.H. Quantification of behavior. In: STOKES, A.W. **Animal behavior in laboratory and field**. 2nd ed, São Francisco: ed.dos autores, 1968. cap. 2, p. 198.
- CHATONNET, J. Some general characteristics of temperature regulation. A Review. **Journal Thermal Biology**, Lyon. v. 8, p. 33-86, 1983.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (CIE), Colorimetry. 2nd ed. Bureau Central de la CIE, Paris: (Publ. CIE 15.2-1986 ISBN 3 900 734 003), 1986. p. 86.
- DARRE, M. J.; HARRISON, P.C. Heart rate, blood pressure, cardiac output and total peripheral resistance of single comb White Leghorn hens during an acute exposure to 35°C ambient temperature. **Poultry Science**, Stanford, n. 66, p. 541-547, 1987.
- DAVOLI, R.; TAMBURINI, F. Data Algorithm: a numerical method to extract shape information from gray scale images. Italy; University of Bologna, p. 1-3, 1993. (Technical Report UBLCS-93-15).
- DESHAZER, J. A. Imaging systems to improve stockmanship in pig production. p. 24, 1988. (ARFC Inst. Eng. Res. Div. Note DN 1459).
- DOOL, R. V. D. Fourier-Mellin Transform, 2004. Disponível em: < <http://students.ee.sun.ac.za>>. Acesso em: 16 jun 2005.

- DUNCAN, I.J.H. The changing concept sentience. **Applied Animal Behavior Science**, London, v. 100, p. 11-19, 2006.
- DUNCAN, I.J.H.; KITE, V.G. Some investigations into motivation in domestics fowl. **Applied Animal Behavior Science**, London, v. 37, p. 215-231, 1987.
- DUSENBERY, D.B. Using a microcomputer and vídeo to simultaneously track 25 animals. **Computer Biologiccal Medicine Veterinary**, Atlanta, v. 15, n. 4, p. 169-175, 1985.
- FIALHO, B.F. Modernização no controle da produção de suínos – Zootecnia de Precisão. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: SBEA, 1999. p. 61-80.
- FRASER, D. Animal ethics and animal welfare science. Bridging the two cultures. **Applied Animal Behavior Science**, Vancouver, v. 65, p. 71-89, 1999.
- FRASER, D. Applying science to animal welfare standards. In: **Global Conference on Animal welfare**. An OIE Initiative. Paris, Feb, 2004. p. 121-127.
- FREEMAN, B.M. Physiological responses of the adult fowl to environmental temperature. **World Poultry Science Journal**, London, n. 21, p. 140-145, 1965.
- FREEMAN, B. M. The dometic fowl in biomedical research: physiological effects of the environment. **World Poultry Science Journal**, London, v. 44, p. 41-60, 1988.
- GREENACRE, M.; HASTIE, T. The geometric interpretation of correspondence analysis. **Journal of the American statistical association**, Washington, v. 82, p. 437-447, 1987.
- GONZALEZ. R.C.; WOODS. R.E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992. p. 1-120.
- GONZALEZ. R.C.; WOODS. R.E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Prentice Hall, 2001. p. 12-125.
- GORDON, C.J.; LONG, M.D.; FEHLNER, K.S. Behavioral and autonomic thermoregulation in hamsters during microwave-induced heat exposure. **Journal Thermal Biology**, Atlanta, v. 9, p. 271-277, 1984.
- HAYKIN, S. **Neural networks comprehensive foundation**. New Jersey: Macmillian College Publishing, 1994. p.3.
- HEIKKONEN, J.; BULSARI, A. Editorial Special Issue on Neural Networks for Computer Vision Applications. **Patterns Recognition Letters**, Ispra, v. 17, p. 317-318, 1996.

HUNTINGFORD, F.A. **The study of animal behaviour**. London: Chapman & Hall, 1984. p.350-356.

HURNIK, J.F. Welfare of farm animals. **Applied Animal Behavior Science**, Guelph, v. 20, p. 105-117, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 jul. 2006. Piracicaba.

JAIN, A.K. **Fundamentals of digital image processing**. New York: Prentice Hall, 1989. p. 13.

JOHNSON, N.; HOGG, D. Learning the distribution of object trajectories for event recognition. **Image and Vision Computing**, Leeds, v. 14, n. 3, p. 609-615, 1996.

KENNETH, R.; CASTLEMAN, R. **Digital image processing**. New York: Prentice Hall, 1996.

LEROY T.; CEUNEN J.; STRUELENS E.; JANSSEN A.; TUYTTENS F.; DE BAERE K.; ZOONS, J.; SONCK B.; VRANKEN E.; BERCKMANS D. Developing a quantitative computer vision method for on-line classification of poultry behaviour in furnished cages. In: ASAE MEETING, 2003, Las Vegas. **Anais...Las Vegas: ASAE Paper**, 2003. p. 34.

LIND, N. M.; VINTHER, M.; HEMMINGSEN, R. P.; HANSEN, A.K. Validation of a digital video tracking system for recording pig locomotor behaviour. **Journal of Neuroscience Methods**. Bispebjerg, v. 143, p. 123-132, 2005.

LUND, V.; COLEMAN, G.; GUNNARSSON, S.; APPLEBY, M. C.; KARKINEN, K. Animal Welfare Science – Working at the interface between the natural and social science. **Applied Animal Behavior Science**, London, v. 97, p. 37-49, 2006.

McFARLANE, N.J.B., SCHOFIELD, C.P. Segmentation and tracking of piglets in image. **Machine Vision Applied**, Guildford, v. 8, p. 187-193, 1995.

MARCHANT, J.A.; SCHOFIELD, C.P. Extending the snake image processing algorithm for outlining pigs in scenes. **Computers and Electronics in Agriculture**, Bedford, v. 8, p. 261-275, 1993.

MARIA, G.A.; ESCOS, J.; ALADOS, C.L. Complexity of behavioral sequences and their relation to stress conditions in chickens (*Gallus gallus domesticus*): a non-invasive technique to evaluate animal welfare. **Applied Animal Behavior Science**, Saragoza, v. 86, p. 93-104, 2004.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring Behaviour: An introductory guide**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 45.

MATARAZZO, S.V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação.** 2004. Tese (Doutorado na área de Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MENCH, J.A.; van TIENHOVEN, A.; MARSH, J.A.; McCORMICK, C.; CUNNINGHAM, D.L.; BACKER, R.C. Effects of cage and floor pen management on behaviour, production and physiological stress responses of laying hens. **Poultry Science**, Davis, v. 65, p. 1058-1069, 1986.

MOLLENHORST, H.; RODENBURG, T.B.; BOKKERS, E.A.M.; KOENE, P.; de BOER, I.J.M. On –farm assessment of laying hen welfare: a comparison of one environment - based and two animal-based methods. **Applied Animal Behaviour Science**, Wageningen, v. 90, p. 277-291, 2005.

MOLLER, R., SALGUERO, H., SALGUERO, E. **Image recognition using the Fourier-Mellin transform.** México: LIPSE-SEPI-ESIME-IPN, 2001. p. 59.

NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; LAGANÁ, C.A. Utilização da entalpia como variável física de avaliação do conforto térmico na avicultura de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA E AVÍCOLAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Campinas: Facta, 1995. p.201-202.

NILSOON, G. WINBERG, S. Using Cmputer Imaging to measure spontaneous locomotor activity in fish. Disponível em: <www.noldus.com>. Acesso em: 19 abr. 2005.

NOLDUS INFORMATION TECHNOLOGY. Disponível em: <www.noldus.com>. Acesso em: 15 fev. 2005).

NUNES, L.E.N.P.; PRADO, P.P.L. Reconhecimento de Objetos contidos em imagens através de Redes Neurais. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté, v. 5/8, p. 77-78, 1998/2002.

ÓDEN, K. **Fear and aggression in large flocks of laying hens.** 2003,46p. thesis (Ph. D – Swedish University of Agricultural Science) Shara, 2003.

OFFICE INTERNATIONAL DES EPIZOOTIES. Disponível em: <<http://www.oie.int>>. Acesso em 20 fev. 2005.

PANDORFI, H. **Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio de análise de imagem e identificação eletrônica.** 2002. Dissertação (Mestrado na área de Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PEREIRA, D.F.; NAAS, I.A.; ROMANINI, C.E.B. Welfare pointers in function of behavior reactions of broiler breeders. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 308-314, 2005.

PERELMUTER, G.; CARRERA, E.V.E.; NELLASEO, M.; PACHECO, M.A. Reconhecimento de imagens bidimensionais utilizando Redes Neurais Artificiais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 8., 1995. Campinas. **Proceedings...** Campinas: Universidade de Campinas, 1995, p.197-203.

PERISSINOTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo freestall para confinamento de gado leiteiro**. Piracicaba – SP, 2003. Dissertação (Mestrado na área de Física do ambiente agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PIRES, M.F.A. Reflexos do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, 1998, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1998. p.68-102.

RAJA, Y.; MaCKENNA, J.; GONG, S. Segmentation and tracking using colour mixture models. In: ASIAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION, 1998. Hong Kong. **Proceedings...**Hong Kong: ACCV, 1998, p. 207-614.

RODRIGUES, E. Fisiologia da Homeotermia. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/edmundo>>. Acesso em: 18 fev. 2006.

ROSENFELD, A. From Image Analysis to Computer Vision: An Annotated Bibliography, 1955-1979. **Computer Vision an Image analysis**, London, v. 84, p. 298-324, 2001.

RUDKIN, C.; STEWART, G.D. Behaviour of hens in cages – a pilot study using vídeo tapes. **A report for the Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC)**, Austrália, v. 40, n. 477, p. 102, 2003.

RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico das aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994. Santos. **Anais...**Santos: FACTA, 1994. p. 99-110.

SALES, M.N.G.; GARCIA, R.A.M.; MACHADO, F.L.C.P.; PADILHA, S.C.F.; SILVEIRA, T.D.; DINON, P.S.L. Isa Brown and Native Brazilian chicks raised on pasture display similar behaviour. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE ISAE, 34., 2000, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: ISAE, 2000. p.57.

SCOTT, G. B., MORAN, P. Effects of visual stimuli and noise on fear levels in laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**, Bedford, v. 45, p. 321-329, 1993.

SERGEANT, D., BOYLE, R., FORBES, M. Computer visual tracking of poultry. **Computers and electronics in Agriculture**, Leeds, v. 21, p. 1-18, 1998.

SILVA, I. J. O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: SBEA, 2001. v. 2, p. 150-204.

SOLER, M. A. F. Redes Neurais Artificiais de Specht: Probabilistic Neural Network, Polynomial Neural Network e General Regression Neural Network. In: CABRAL JÚNIOR, E. F. **Redes Neurais Artificiais** : Modelos em C. São Paulo: Suprema, 2003. cap. 19, p. 297-324.

SPINK, A.J.; TEGELENBOSCH, R.A.J.; BURNA, M.O.S.; NOLDUS, L.P.J.J. The ethovision video tracking system: A tool for behaviour phenotyping of transgenic mice. **Physiology and Behaviour**, Wageningen, v. 73, p. 731-744, 2001.

TEETER, R. G., BELAY, T. Broiler management during acute heat stress. **Animal feed Science technology**, Gainesville, v. 58, p. 127-142, 1996.

TILLET, R. D. Model-based image processing to locate pigs within images. **Computers and Electronics in Agriculture**, London, v. 6, p. 51-61, 1991.

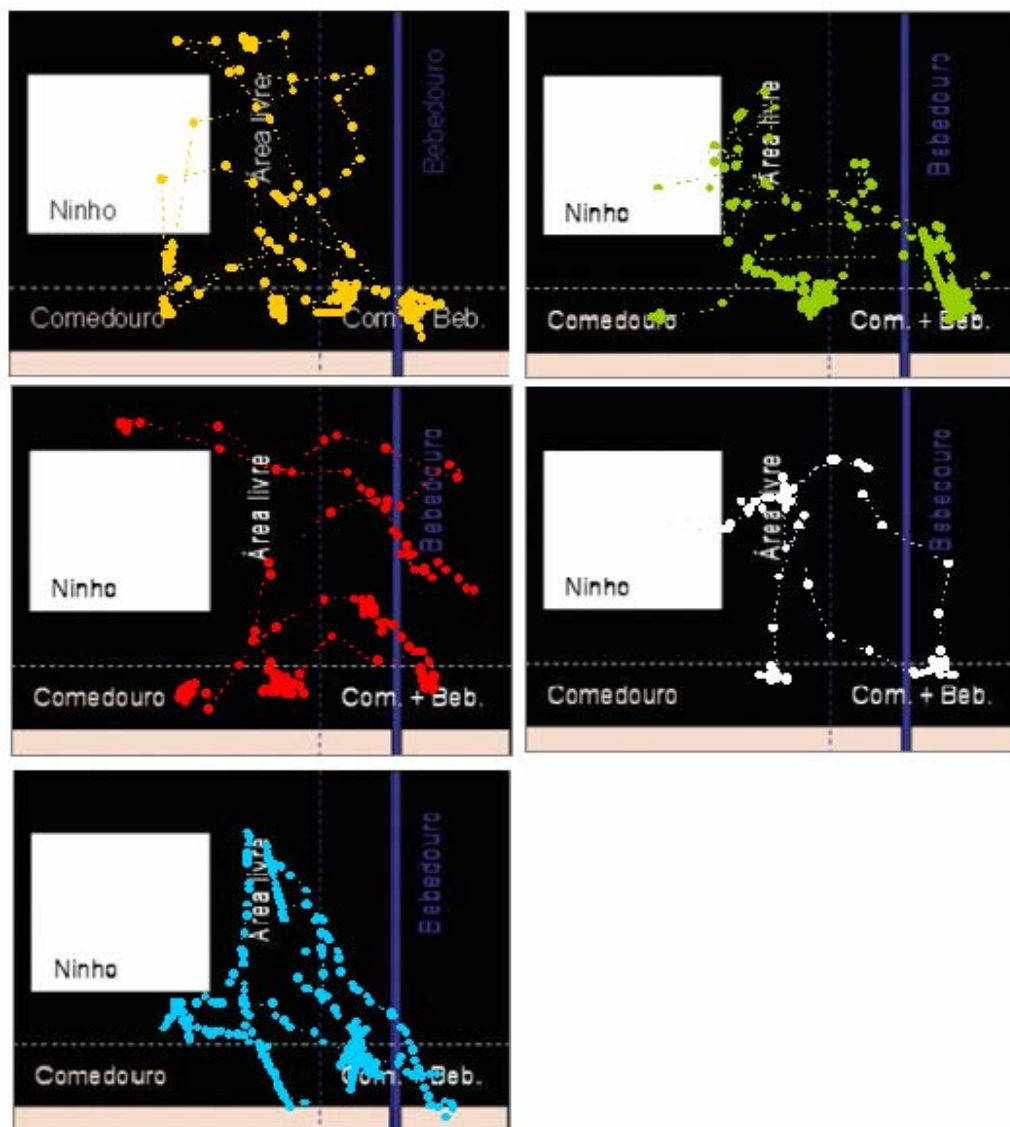
TILLET, R. D., ONYANGO, C. M., MARCHANT, J. A. Using model-based image processing to track animal movements. **Computers and Electronics in Agriculture**, London, v. 17, p. 249-261, 1997.

XIN, J.; BECK, H.; HALSEY, L. Using digital cameras and the internet to identify plant insect and disease problems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTERS IN AGRICULTURE, 17: 1998, Orlando. **Proceedings...** Orlando: ASAE, 1998. p. 327-329.

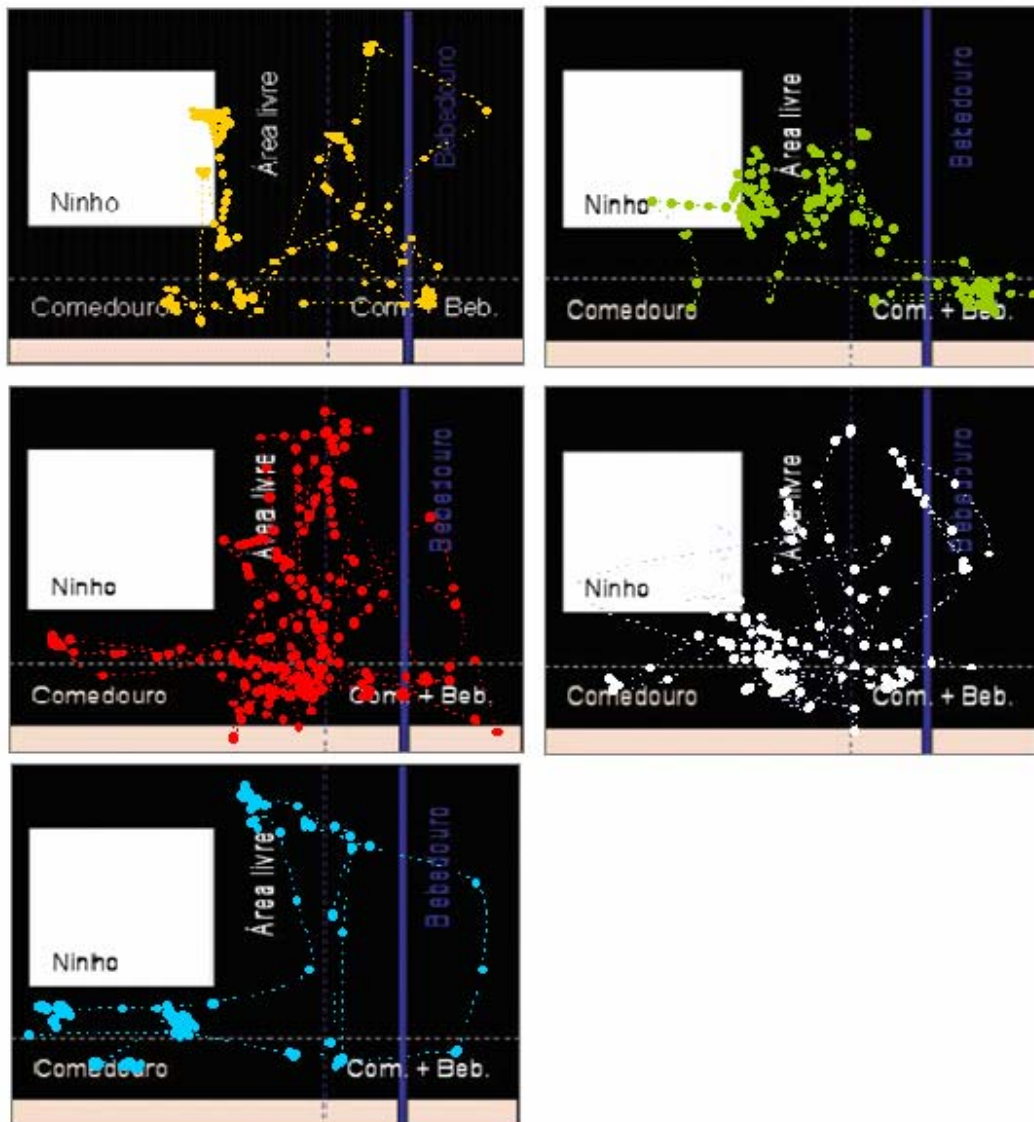
ANEXO

Mapas resultantes da dispersão espaço-temporal das aves submetidas aos dois tratamentos considerados e três períodos do dia:

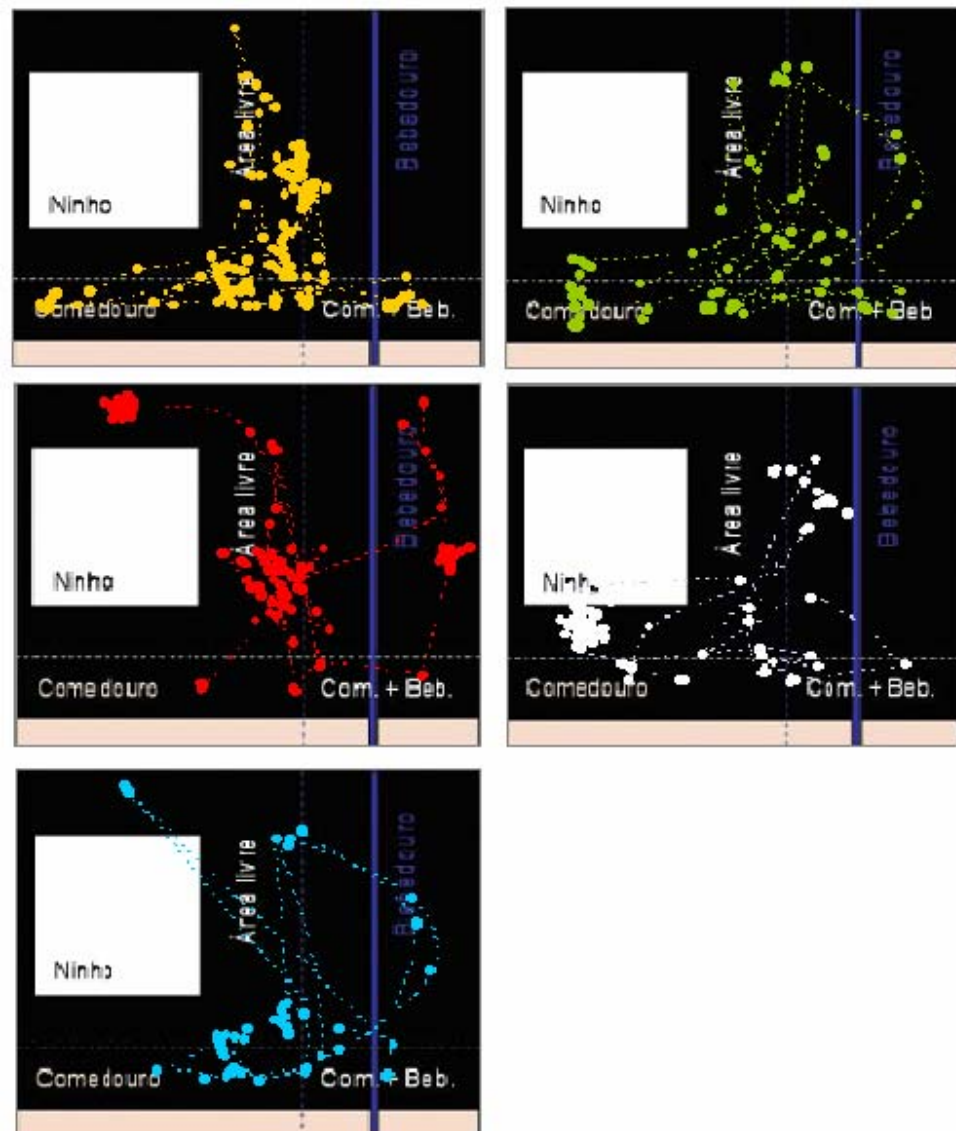
1. Análise individual das aves para o primeiro dia de tratamento de conforto térmico e primeiro período avaliado (10:00 às 11:00 horas), na seqüência ave com dorso amarelo, verde, vermelho, branco e azul.



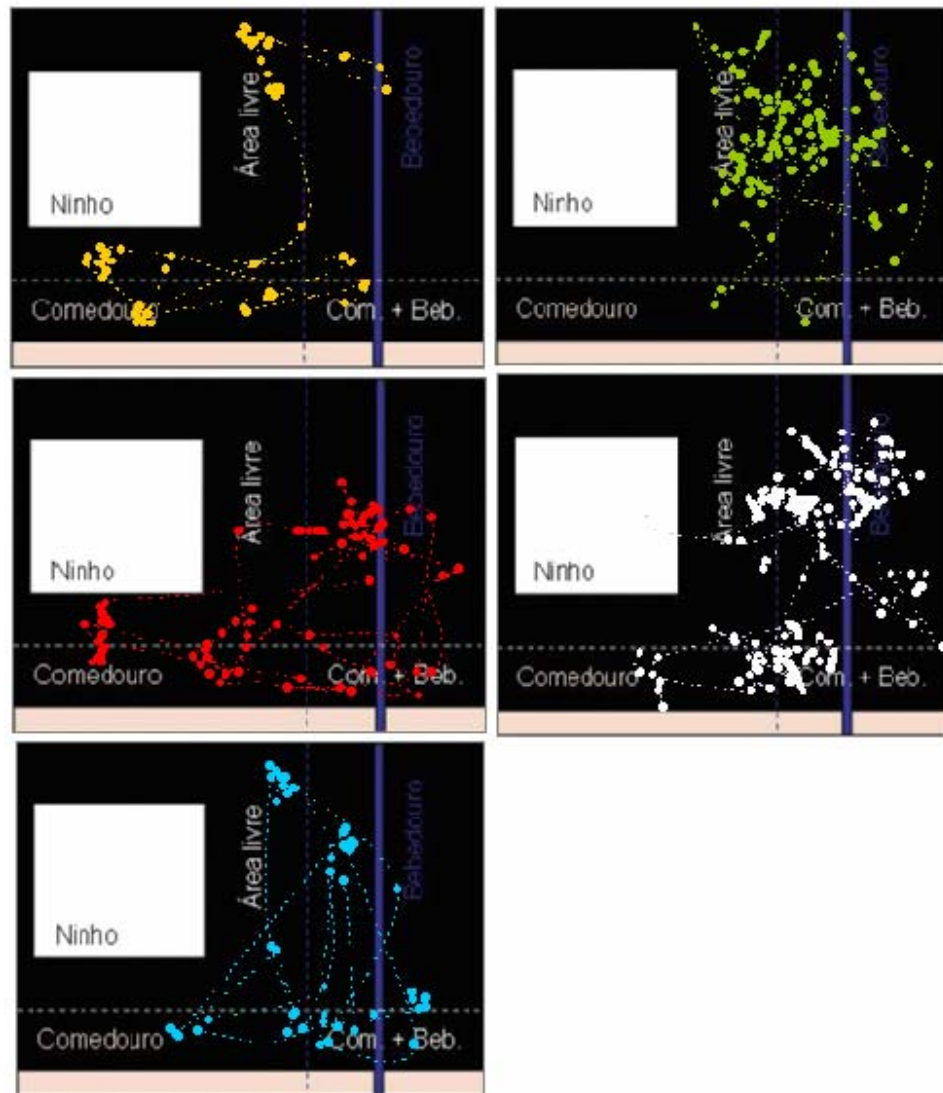
2. Análise individual das aves para o primeiro dia de tratamento de conforto térmico e segundo período avaliado (13:00 às 14:00 horas), na seqüência ave com dorso amarelo, verde, vermelho, branco e azul.



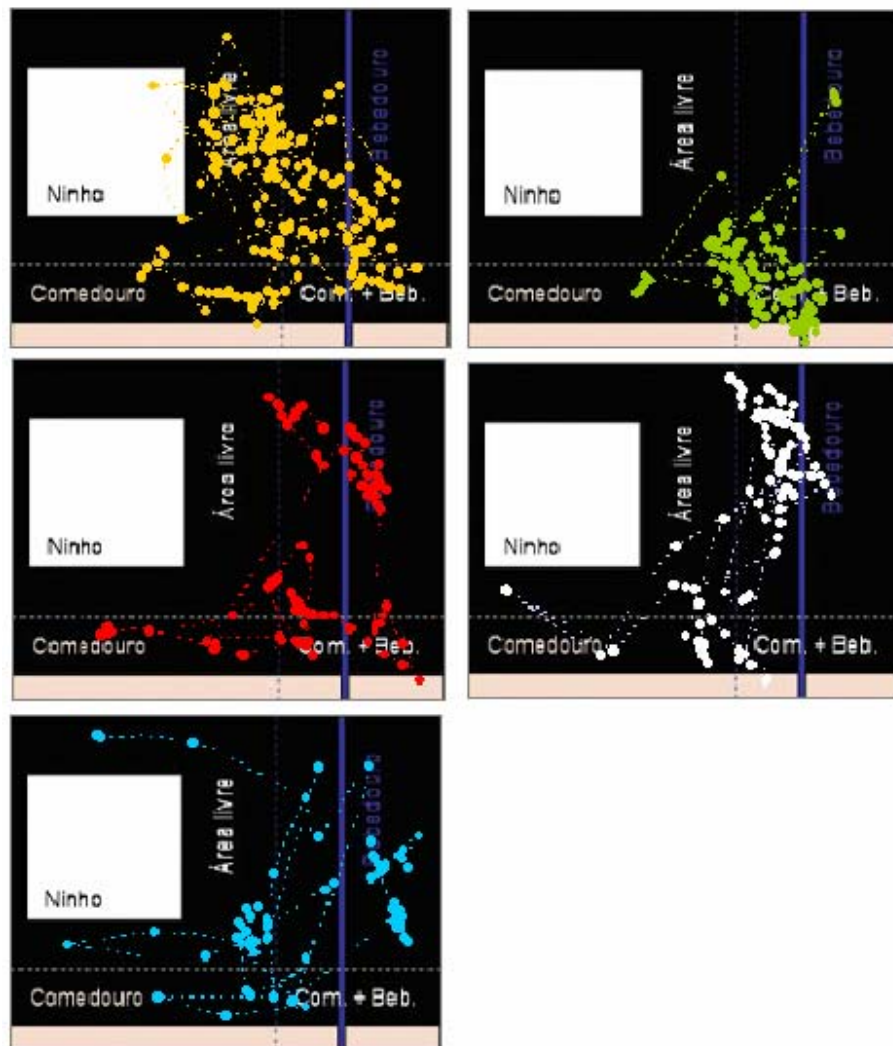
3. Análise individual das aves para o primeiro dia de tratamento de conforto térmico e terceiro período avaliado (16:00 às 17:00 horas), na seqüência ave com dorso amarelo, verde, vermelho, branco e azul.



4. Análise individual das aves para o primeiro dia de tratamento de estresse térmico e primeiro período avaliado (10:00 às 11:00 horas), na seqüência ave com dorso amarelo, verde, vermelho, branco e azul.



5. Análise individual das aves para o primeiro dia de tratamento de estresse térmico e segundo período avaliado (13:00 às 14:00 horas), na seqüência ave com dorso amarelo, verde, vermelho, branco e azul.



6. Análise individual das aves para o primeiro dia de tratamento de estresse térmico e terceiro período avaliado (16:00 às 17:00 horas), na seqüência ave com dorso amarelo, verde, vermelho, branco e azul.

