

CRISTINA AKEMI MOGAMI

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DO
BEM-ESTAR E MASSA CORPORAL DE FRANGOS DE CORTE POR MEIO
DE ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

CRISTINA AKAMI MOGAMI

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DO
BEM-ESTAR E MASSA CORPORAL DE FRANGOS DE CORTE POR
MEIO DE ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 24 de junho de 2009.

Prof^a. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Coorientadora)

Prof. Fernando da Costa Baeta

Prof. Tadayuki Yanagi Júnior

Prof. Iran Jose Oliveira da Silva

Prof^a. Cecília de Fátima Souza
(Orientadora)

Dedico a:

Teruo Mogami e Tomika Nakamura Mogami e todos os meus familiares, por serem minhas referências de conduta e persistência e por suportarem minha ausência.

Neiton Silva Machado, companheiro em todos os momentos.

Keller Sullivan Oliveira Rocha, grande amigo e parceiro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Meishu-Sama.

À Universidade Federal de Viçosa - UFV, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, bem como a todos os funcionários que nos acolhem com carinho e boa vontade.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG.

A Professora Cecília de Fátima Souza não somente pela orientação, mas principalmente pela compreensão, paciência e confiança na condução do presente trabalho e pelos 5 anos de orientação, respeito e amizade.

À Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, dedico especial agradecimento por ter me proporcionado a oportunidade de desenvolver o presente trabalho e por ter nos motivado a alcançar objetivos inimagináveis e muito além do que esperávamos.

Ao Professor Francisco de Assis Carvalho Pinto pelo apoio, pelos sábios e oportunos conselhos e pela paciência ao ensinar processamento de imagens a uma zootecnista

À Perdigão Agroindustrial S/A, em especial aos administradores, funcionários e a todos os técnicos de campo da regional Rio Verde-GO, pela oportunidade, apoio e acolhimento.

Ao Timothy Jay Burns e Luis Fernandes de Araújo, proprietários das granjas avícolas de Rio-Verde, que nos receberam com prontidão e receptividade, contribuindo para a realização da pesquisa em suas instalações. Aos funcionários das granjas em especial o casal Wilian e Maraiza pelo apoio durante o experimento.

À Zilda Maria Fonseca, pela força e pelo exemplo de vida.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Agrícola e do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Arquitetura de Sistemas Agroindustriais (AmbiAgro): Alessandro, Olga, Maria Clara, Débora, Roque, Marcos, Marcelo, Mariano, Flávio, Keles, Cinara, Josi, Cláudia, Rui Carlos e Marcos Magalhães, fonte de alegria e amizade.

Em especial ao Neiton Silva Machado, Keller Sullivan de Oliveira Rocha, Irene Menegali, Jofran Luiz de Oliveira e Maria da Conceição Trindade Bezerra, apoio incondicional nas horas mais difíceis.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

CRISTINA AKEMI MOGAMI, filha de Teruo Mogami e Tomika Nakamura Mogami, nasceu em Ipatinga, Minas Gerais, em 31 de maio de 1976.

Em março de 1995, iniciou o Curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, diplomando-se em outubro de 2000.

Em 2001 atuou como docente na Escola Estadual de Ensino Médio Maria Ortiz. Neste mesmo ano iniciou o Curso de Especialização em Gestão Ambiental na Universidade Federal de Espírito Santo (UFES), concluindo-o em julho de 2002.

Em julho de 2003, ingressou no Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de Construções Rurais e Ambiência, concluindo-o em julho de 2005.

Em agosto de 2005, ingressou no programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em nível de doutorado com concentração na área de Construções Rurais e Ambiência.

Atualmente é Professora Substituta de Construções Rurais da UFV.

*Enxergar nas outras espécies seres que sentem e sofrem é um enorme passo para nos
livrarmos das brutalidades que cometemos entre nós mesmos.*

“Pour l’abolition de l’animal-esclave” Francione (2006)

SUMÁRIO

RESUMO	ix
<hr/>	
ABSTRACT	xi
<hr/>	
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
<hr/>	
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
<hr/>	
2.1 Novos padrões de bem-estar animal.....	16
2.1.1 A questão ética e moral na avaliação do bem-estar animal	17
2.1.2 A questão econômica do bem-estar animal.....	18
2.2 O comportamento de frangos de corte	21
2.2.1 O comportamento alimentar.....	22
2.3 A utilização de imagens digitais na avaliação do bem-estar animal.....	26
2.3.1 As vantagens dos sistemas de visão artificial em relação aos etogramas	27
2.3.2 O sistema de visão artificial (SVA)	29
2.3.2.1 Processamento digital de imagens	29
2.3.3 Técnicas de análise de imagens.....	31
3. ARTIGO I: DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR DE FRANGOS DE CORTE EM AVIÁRIOS COMERCIAIS POR MEIO DE ANÁLISE DIGITAIS IMAGENS	42
<hr/>	
3.1 RESUMO.....	42
3.2 INTRODUÇÃO	43
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.3.1 Sistema de aquisição de imagens	47
3.3.2 Avaliação do ambiente térmico.....	48
3.3.3 Descrição do algoritmo	49
3.3.4 Segmentação	50
3.3.5 Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC)	51
3.3.6 Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC)	54
3.3.7 Comportamento das aves submetidas a diferentes programas de luz	56
3.3.8 Validação	56
3.3.9 Desempenho zootécnico.....	57
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.4.1 Determinação do Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC)....	59
3.4.2 Determinação do Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC).....	61
3.4.3 Avaliação do comportamento noturno	66
3.4.4 Avaliação do desempenho do algoritmo	70
3.5 CONCLUSÕES.....	73

4. ARTIGO II: METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO GANHO DE MASSA CORPORAL DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM AVIÁRIOS COMERCIAIS USANDO ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS	74
<hr/>	
4.1 RESUMO.....	74
4.2 INTRODUÇÃO	75
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	77
4.3.1 Estimativa da massa corporal diária dos frangos	78
4.3.2 Modelo ajustado para estimativa da massa corporal dos frangos	79
4.3.3 Estimativa da massa corporal dos frangos por meio da contagem binária dos pixels das imagens	80
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.4.1 Estimativa da massa corporal dos frangos pelos Modelos Exponencial e Gompertz.....	86
4.4.2 Estimativa da massa corporal dos frangos por meio da contagem binária dos pixels das imagens	90
4.5 CONCLUSÕES	93
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
<hr/>	
6. CONCLUSÕES GERAIS	95
<hr/>	
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
<hr/>	

RESUMO

MOGAMI, Cristina Akemi, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2009.

Desenvolvimento de metodologias para determinação do bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens.

Orientadora: Cecília de Fátima Souza. Co-orientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco e Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

O avanço na área de processamento de imagens apresenta-se como uma tecnologia em pleno desenvolvimento na busca por respostas consistentes em relação aos novos padrões de bem-estar animal. A vantagem do sistema de visão artificial em relação ao sistema visual humano é a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem de pixels. Além disso, não influencia o comportamento dos animais, anula o efeito da subjetividade e evita o cansaço físico do observador, permitindo a extração numérica de dados monitorados por um longo período. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo geral desenvolver metodologias para avaliar o bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens. A pesquisa foi conduzida em duas granjas comerciais integradas da Empresa Perdigão Agroindustrial S.A., em Rio Verde, Goiás, Brasil, durante a fase final de crescimento das aves. As duas granjas foram equipadas com sistema de ventilação e em modo túnel e nebulização, uma delas constituída com aspersão de água sobre a cobertura. Os valores de ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro) foram relacionados aos resultados obtidos pelo processamento das imagens digitais adquiridas durante o experimento. O programa Scilab foi utilizado para o processamento das imagens. Foi utilizado o “Método de Bayes” para proceder a limiarização. Os resultados foram apresentados em dois artigos: Artigo I – Desenvolvimento de metodologia para avaliação do bem-estar de frangos de corte em aviários comerciais por meio de análise digitais imagens; Artigo II - Desenvolvimento de metodologia para determinação do ganho de massa corporal de frangos de corte criados em aviários comerciais usando análise digital imagens. O ICRC apresentou-se como um método prático, não invasivo e reduziu a influência do efeito do agrupamento das aves na imagem, mas foi ineficiente para identificar os frangos que estavam se alimentando. O ICEC possibilitou uma maior confiabilidade dos resultados por meio da análise de imagens e revelou que não houve relação direta entre o ITGU e o número de aves no comedouro nos Tratamentos CA e SA. O algoritmo para determinação do número das partições ocupadas (ICEC) mostrou-se como um parâmetro objetivo, resultando num erro percentual de 11,6 % entre a classificação manual e aquela feita pelo algoritmo. O período noturno foi caracterizado por uma baixa frequência de aves em comedouros e bebedouros entre 20h e 21h, seguido por um

aumento significativo durante a madrugada. A contagem binária dos *pixels* resultante da imagem digital dos frangos foi crescente, apresentando o mesmo comportamento do peso médio dos frangos. O modelo empírico para determinação da massa corporal dos frangos em função do número de pixels nas imagens mostrou-se adequado para determinação do peso corporal dos frangos com idade entre 21 e 42 dias, na faixa de 800 a 1400 pixels.

ABSTRACT

MOGAMI, Cristina Akemi, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June 2009.

Development of methodologies for determination of broiler chicken welfare and body mass by means of digital image analysis. Advisor: Cecília de Fátima Souza. Co-advisors: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco and Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

Advances have been made in the field of image processing as a technology for development of a consistent response in relation to new standards in animal welfare. One of the advantages of artificial vision systems in relation to those of human vision is the ability to make exact measurements, based on pixel count. This system also has no influence on animal behavior, does not require a physical observer, and permits data collection over long time periods. Therefore, the overall objective of this work was to develop methodologies to evaluate welfare and body mass of broiler chickens by means of digital image analysis. Experimental analyses were carried out in two commercial poultry houses integrated with the Empresa Perdigão Agroindustrial S.A., in Rio Verde, Goiás, Brazil during the final growth stage of the birds. The two buildings were equipped with tunnel ventilation systems with nebulization, one applying water sprinkling over the roof. The black globe temperature index (ITGU) was related to the results obtained by the processing of digital images acquired during the experiment. The Scilab computer program was used for processing of the images and the Bayes Method was used for linearization. Results were presented in two articles: Article I – Development of methodology for evaluation of boiler chicken welfare in commercial poultry houses by digital image analysis; Article II – Development of methodology for determination of broiler chicken body mass gain in commercial poultry houses using digital image analysis. The ICRC proved to be a practical and non-invasive method, reducing the influence of the grouping effect of birds in the image, but was inefficient to identify properly feeding chickens. The ICEC allowed for greater reliability of image analysis results and revealed to have no direct relation between the ITGU and number of birds at the feeder in the CA and SA treatments. The algorithm for determination of the number of occupied partitions (ICEC) showed to be an objective parameter, resulting in an error percentage of 11.6% between manual classification and that of the algorithm. Nocturnal activity at the feeding troughs and water fountains was low between 8:00 pm and 9:00 pm, followed by a significant increase in the morning. Binary counting of pixels resultant of the digital images of the chickens grew throughout the studied period, showing the same behavior as the average chicken weight. The empirical model used to determine body mass of the chickens as a function of the number of pixels in the images

showed to be adequate for broiler chicken between 21 and 42 days old, in the pixel range of 800 to 1400.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A importância econômica da produção de frangos é indiscutível. A avicultura brasileira representa hoje 1,5% do PIB, gerando 4,8 milhões de empregos diretos e indiretos e acima de 6 bilhões de reais apenas em impostos (União Brasileira de Avicultura - UBA, 2008). De acordo com a Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Carne de Frango (ABEF), as exportações brasileiras de carne de frango em 2009 totalizaram embarques de 538 mil toneladas apenas no primeiro bimestre deste ano.

A legislação do bem-estar animal pode causar um grande impacto sobre as exportações de frango de corte, uma vez que os principais países importadores são membros da União Européia e estão exigindo este requisito de qualidade na produção dos animais que estão consumindo.

Em resposta às exigências mundiais acerca do bem-estar na produção animal, a legislação brasileira demonstra vem buscando se adequar à nova realidade, como pode ser constatado pela Instrução Normativa Nº 56, publicada no Diário Oficial da União no dia 7 de novembro de 2008, que estabeleceu procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico - REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte.

Segundo a Farm Animal Welfare Council - FAWC (1979), o bem-estar animal existe quando são atendidas as cinco liberdades inerentes aos animais: 1- liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede); 2- liberdade ambiental (edificações adaptadas); 3- liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas); 4- liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais); 5- liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade). As liberdades fisiológica, ambiental, sanitária e psicológica estão relacionadas ao manejo, aos cuidados sanitários e à capacidade genética do animal. A liberdade para expressar o comportamento normal está relacionada principalmente às condições de alojamento dadas ao animal.

Os primeiros estudos sobre bem-estar animal se originaram da observação humana. Muitas vezes o observador permanecia em meio aos animais o suficiente para visualizar um comportamento interessante e as aves eram escolhidas usando um critério tal como uma marca ou um fato cujo início se deu no centro da área avaliada (SERGEANT et al., 1998).

Os etogramas, que representavam as respostas obtidas a partir dessas observações, eram sujeitos a erros devido à subjetividade do método, além de ser cansativo para o observador. As observações de campo estavam sujeitas à forma pela qual o tratador se relacionava com o animal, tais como a voz, o contato físico e a interação geral. A presença humana poderia, desta forma, inibir o comportamento natural. Nesse método era também comum a dificuldade para observar qualquer movimento em condições de pouca luminosidade e, além disso, se consumia muito tempo para coletar e interpretar grande quantidade de dados (SERGEANT et al., 1998).

A vantagem do sistema de visão artificial em relação ao sistema visual humano é a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem de pixels (GONZALEZ e WOODS, 1992). De acordo com Sergeant et al. (1998), um sistema de visão artificial não influencia o comportamento animal e anula o efeito da subjetividade na avaliação do comportamento animal e permite a extração numérica de dados monitorados por um longo período.

O sistema de visão artificial (SVA) é um sistema computadorizado capaz de adquirir, processar e interpretar imagens correspondentes a cenas reais. Suas principais etapas são: pré-processamento, segmentação, extração de características e reconhecimento e interpretação de padrões (MARQUES FILHO e VIEIRA NETO, 1999).

O avanço na área de processamento de imagens apresenta-se como uma tecnologia em pleno desenvolvimento na busca por respostas consistentes em relação aos novos padrões de bem-estar animal. O desafio atual da utilização de imagens digitais na avaliação do bem-estar animal não está apenas em identificar comportamentos, mas em quantificar e qualificar determinados comportamentos que assegurem que o animal encontra-se em condições de bem-estar no ambiente de criação.

Figueiredo et al. (2003) desenvolveram metodologia para avaliar comportamento das aves por meio de um sistema de visão artificial para extrair a resposta à temperatura e o comportamento alimentar das aves de corte em instalações comerciais.

Sevegnani et al. (2005) avaliou o comportamento alimentar de frangos de corte em relação à procura pelo bebedouro e comedouro, quando submetidos a situações de estresse em câmara climática, utilizando a identificação eletrônica e a análise visual. Os resultados deste trabalho mostraram que, quanto maior a temperatura, maior foi a ingestão de água e menor a ingestão de ração. Entretanto, a identificação via *transponders* e da observação visual ainda se apresentaram muito dependentes da atuação humana na avaliação do comportamento.

Rodrigues (2006) desenvolveu metodologia para avaliar comportamento de aves poedeiras em diferentes condições de estresse, observando perfis comportamentais e a dinâmica das aves numa relação espaço-temporal com a aplicação de visão computacional e uso de cores na avaliação do comportamento dos animais em grandes aviários, conforme foi estudado por BENSON (2004).

Outros trabalhos desenvolvidos por Shao et al. (1998), Xin e Shao (2002), Bizerey et al. (2002), Silva et al. (2004), Pandorfi (2005), Barbosa Filho et al. (2007) e Cordeiro (2007) demonstraram a viabilidade de se utilizar imagens digitais para determinação do comportamento dos principais animais domésticos, e suas inter-relações com o meio no qual este animal se encontra.

As aves em conforto térmico passam grande parte do tempo ocupando a região dos comedouros e bebedouros e, à medida que o estresse térmico aumenta, as aves reduzem a frequência nestas áreas. Sendo assim, o estudo da distribuição espacial dos animais no galpão por meio de imagens digitais indica a resposta dos mesmos em relação ao ambiente térmico no qual está inserido. Além disso, o tamanho das aves nas imagens, coletadas ao longo do período de criação, pode ser usado para determinar o ganho de peso diário dos animais, funcionando como indicador de melhoria no desempenho produtivo e poupando o trabalho desgastante de pesagem dos animais para acompanhamento do lote.

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo geral desenvolver metodologias para avaliar o bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens. Os resultados estão apresentados em dois artigos: Artigo I – Desenvolvimento de metodologia para avaliação do bem-estar de frangos de corte em aviários comerciais por meio de análise digitais imagens; Artigo II - Desenvolvimento de metodologia para determinação do ganho de massa corporal de frangos de corte criados em aviários comerciais usando análise digital imagens.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Novos padrões de bem-estar animal

No momento atual, o bem-estar animal apresenta-se como resultado da pressão da opinião pública mundial sobre os grandes produtores a respeito do modo de criação dos animais que estão consumindo. Os sistemas que privilegiavam o aumento da produção a qualquer custo, sem considerar o animal como um ser sensiente, ou seja, dotado de consciência dos maus tratos que recebe e do ambiente no qual está inserido, estão passando por um período que exige grandes adaptações. De acordo com WSPA (2007), o sofrimento do animal, desde a criação até o momento do abate no frigorífico, está sendo um fator de extrema relevância para reavaliação dos novos conceitos de produção animal.

O Protocolo de Boas Práticas na Produção de Frangos, elaborado pela União Brasileira de Avicultura – UBA, em 2008, estabeleceu que as normas de bem-estar animal devem ter como base o conhecimento científico e não ser baseado em aspecto antropomórfico. Neste documento, foram considerados os seguintes itens: as cinco liberdades devem ser respeitadas e servir como base para a elaboração de programas de bem-estar animal das empresas produtoras de frangos de corte; as aves devem receber uma alimentação e nutrição adequada a cada fase de criação e ser manejadas de maneira adequada para evitar presença de doenças; a apanha e transporte das aves devem ser realizados de maneira adequada para evitar estresse e danos aos animais; a empresa deve manter um programa de avaliação e verificação de conformidade de todo o processo, permitindo readequação de etapas onde ocorram erros.

Neste contexto, para avaliar as atuais estratégias de produção de frangos de corte é necessário ampliar conhecimento sobre seus comportamentos e bem-estar, independente dos sistemas de criação. Só assim é possível interferir de forma adequada, propondo novos sistemas de produção que proporcionem instalações e manejos adequados. Entende-se que é possível desenvolver novas práticas na criação avícola, que assegurem bons índices de produtividade e alta qualidade do produto, sem colocar o bem-estar dos frangos em risco.

2.1.1 A questão ética e moral na avaliação do bem-estar animal

A proteção aos animais é um tema de interesse geral da sociedade, que incorpora questões éticas, científicas, econômicas e políticas, tendo estreita relação tanto com a produtividade como com a saúde animal.

Até pouco tempo atrás, os envolvidos na avicultura industrial tendiam a considerar frangos e poedeiras como “máquinas de produção” de carne e de ovos, enquanto que o público consumidor passou a fazer pressão sobre a produção baseado em uma visão antropomórfica (do grego *ánthrōpos*, homem, e *morphê*, forma) dos animais (BECKER, 2006).

A importância ética e moral da criação de animais é uma das causas do estabelecimento de leis que fornecem limites para a criação animais, garantindo-lhes a saúde e boas condições para seu pleno desenvolvimento. A primeira legislação federal brasileira, a coibir a crueldade, os abuso e excessos contra os animais, foi o Decreto Lei nº16.590 (1924), que regulamentava as Casas de Diversões Públicas. Na década de 30 surgiu o Decreto Lei nº 24.645 (1934), onde determinava que todos os animais no país são tutelados pelo Estado. Em 2008, a Instrução Normativa nº. 56 estabeleceu procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico - REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte.

De acordo com Molento (2005), a característica do valor que uma pessoa ou uma sociedade atribui ao bem-estar dos animais, que é relevante para a economia, é a satisfação, a garantia e o conforto gerados a partir do conhecimento de que um ser senciente foi tratado de maneira apropriada. A fonte destes sentimentos pode residir em valores éticos ou culturais, em preferência ou sensibilidades individuais, entre outros; porém, na medida em que são sentimentos de benefícios, eles expressam um valor econômico potencial, embora nem sempre evidente.

O estudo do comportamento animal não é um importante campo científico apenas por si próprio, mas também por ter feito importantes contribuições para outras disciplinas com aplicações para o estudo do bem-estar animal e para a educação de futuras gerações de cientistas.

2.1.2 A questão econômica do bem-estar animal

A preocupação com o bem-estar das aves também possui um lado econômico, pois o tratamento humanitário em todas as etapas de produção resulta em maiores ganhos produtivos. Vários trabalhos científicos comprovam que procedimentos que favorecem o bem-estar animal garantem que os animais não se estressem facilmente e, conseqüentemente, não tenham seu sistema imunológico abalado, favorecendo o desempenho animal (MENEGALI, 2005; VIGODERIS, 2006; PEREIRA, 2006).

O bem-estar das aves, até então relegado a um plano secundário, torna-se cada vez mais evidente na exploração avícola moderna, face à importância do ambiente em que as aves estão sujeitas. Isto é verificado por diversos estudos que comprovam a relação direta entre a produtividade e as condições de bem-estar dos animais, uma vez que as condições inadequadas de criação refletem-se no comportamento e desempenho animal.

Em países em desenvolvimento o avanço de movimentos defensores do bem-estar animal enfrenta o forte freio do incremento no custo. Mesmo assim, esta preocupação já é presente em certas faixas de consumidores, comumente as de melhor poder de compra. Naturalmente, os países mais atrasados têm a vantagem da maior competitividade do seu produto por alguns anos, mas terão um custo maior e demandarão de um esforço mais elevado para igualar-se aos demais futuramente (RAYZEL, 2003).

As teorias econômicas demonstram que os sinais de mercado tendem a conduzir a padrões de BEA abaixo da norma considerada desejável por algumas sociedades (McINERNEY, 2004). Isto se deve ao fato de que o valor dos animais está associado explicitamente com o produto a ser obtido, aqui denominado valor “usável” (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

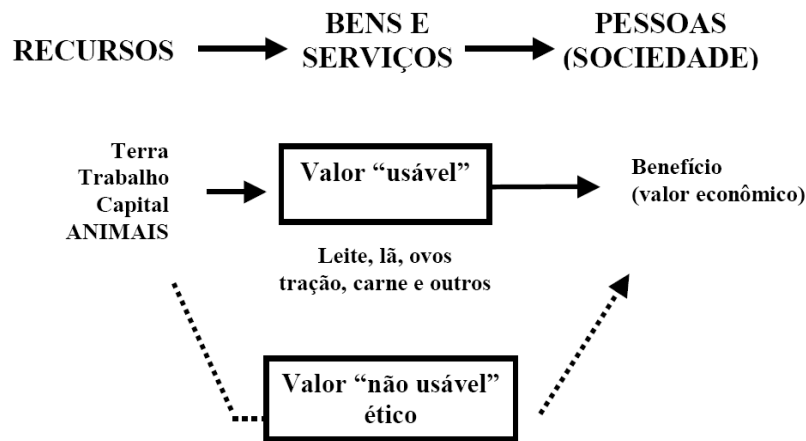


Figura 1. A estrutura econômica da produção animal, incluindo a acomodação do valor do bem-estar animal, conforme o benefício percebido pela sociedade. Fonte: McInerney (2004).

McInerney (2004) desenvolveu um modelo de avaliação da produtividade animal, relacionada com ganhos econômicos do produtor, e a curva do bem-estar animal, relacionada com a forma de seu manejo e tratamento. Nessa perspectiva, o autor recomenda que as medidas tomadas para o acréscimo da produtividade devem estar inseridas sempre acima do limite de crueldade, que é definido onde não há consideração sobre mais de uma das cinco liberdades (Figura 2).

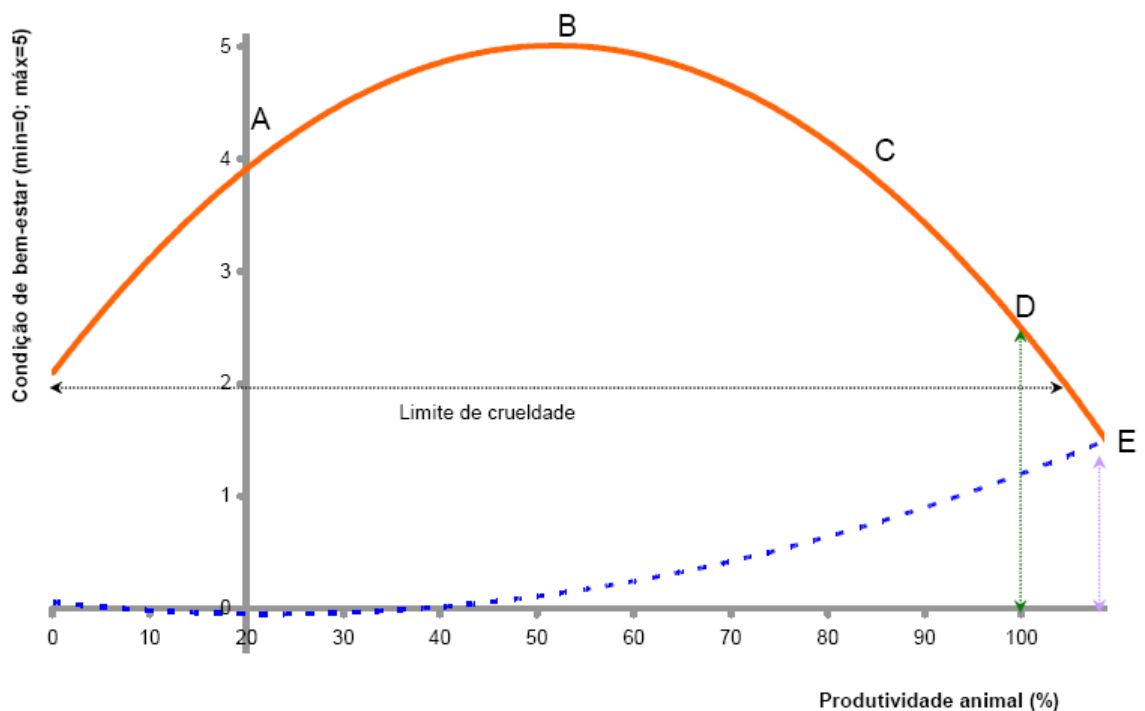


Figura 2. Curva do bem-estar animal, relacionada com manejo produtivo. Fonte: Adaptado de McInerney (2004).

Bellaver e Bellaver (1999) reconhecem não ser correto assumir métodos que aumentam o grau de bem-estar implicando em perdas econômicas, pois ao se aumentar a qualidade de vida dos animais, aumenta-se a satisfação com produtos de origem animal e o valor econômicos desses produtos.

Como já mencionado, os padrões de bem-estar conseqüentes da forma de tratamento dos animais de produção tornam-se uma característica intrínseca do produto que eles originam. Isto não depende do local de criação dos animais, mas sim corresponde a uma questão de qualidade do produto (MOLENTO, 2005).

A preocupação humanitária também é vista pelo lado marketing, uma vez que existe uma pressão da opinião pública mundial para que os animais destinados ao abate sejam produzidos de modo que o animal não sofra com dor ou injúria desnecessária e estresse por períodos prolongados durante sua criação e abate, não sofrendo dores desnecessárias. Assim, e tendo em vista o processo de implantação da rastreabilidade, alguns matadouros-frigoríficos já estão impondo a especificação de bem-estar animal para seus fornecedores (produtores), visando à imagem de seu produto e de sua companhia no mercado (GOMIDE et al., 2006).

A Sociedade Mundial de Proteção Animal (WSPA) publicou no ano de 2007 um documento intitulado “Produção animal industrial – a próxima crise global de saúde?” que ressalta as alternativas para a criação de animais em espaços fechados que fornecem um ambiente que lhes permite expressar seus comportamentos naturais e satisfazer suas necessidades de bem-estar. Este trabalho sugere que os consumidores no mundo inteiro vão exigir, em escala cada vez maior, alimentos de qualidade produzidos segundo altos padrões de segurança alimentar e bem-estar animal.

O desenvolvimento de pesquisas sobre bem-estar animal talvez seja o caminho para se alcançar um consenso do ponto de vista ético e econômico, que proporcione uma criação humanitária sem perder de vista o progresso da produção avícola mundial. Práticas adequadas de condução, medidas para manter o ambiente adequado são necessários para garantir não só a lucratividade, mas a própria adequação às novas tendências de mercado. A questão do bem-estar está relacionada com a biossegurança e é muito mais uma questão de conduta que de investimento.

2.2 O comportamento de frangos de corte

Os animais de produção têm necessidades comportamentais específicas de suas espécies e são capazes de alterar seu comportamento para se adaptarem ao ambiente em que vivem. Dentre os fatores que afetam o comportamento dos frangos de corte, destaca-se o ambiente térmico, por este influenciar o comportamento animal na medida em que o mesmo busca equilibrar sua temperatura corporal à do ambiente visando manter sua homeotermia.

O estresse por calor é responsável por grandes perdas no rendimento dos lotes de frangos, ocorrendo aumento de mortalidade e conversão alimentar, além de diminuição do peso corporal especialmente quando as condições estressantes ocorrem na fase final, próximo ao abate (BILGILI et al., 1989).

De maneira geral, aves adultas no período próximo ao abate, com cinco semanas de idade, sobrevivem a temperaturas ambientais de 27 °C a 32 °C, contudo, sofrem grandes prejuízos no seu desempenho produtivo. Entretanto, sob temperaturas ambientais maiores que 32 °C e taxas de umidade relativa superiores a 75 %, as aves são severamente estressadas e o óbito é eminente, dependendo da durabilidade do período de desconforto (MOURA, 2001).

Duncan e Mench (1993) propuseram que o comportamento possa ser utilizado para identificar estados de sofrimento do animal e, em particular, os estados de febre, frustração e dor em vários sistemas de produção animal. Em relação às respostas das aves ao estresse e outros estados reativos, considera-se o comportamento social sugestivo. A frequência e a intensidade de interações agressivas, o total de coesão social e a extensão de vícios sociais podem ser utilizados para avaliação de bem-estar.

De acordo com Broom (1986) e Guyton e Hall (2002), para promover ajustes ao ambiente térmico os animais dispõem de vários sistemas funcionais, os quais controlam a temperatura corporal, o estado nutricional, as interações sociais e outros. A alocação de tempo e de recursos com diferentes atividades fisiológicas ou comportamentais, seja dentro de um sistema funcional ou por interação de sistemas, é controlada por mecanismos motivacionais.

Segundo Odén (2003), a maioria dos comportamentos apresentados pelas aves domésticas atuais é baseada no comportamento de suas ancestrais (Red Jungle Fowl). A comparação de estudos de comportamento de aves selvagens e domésticas indica que o repertório comportamental destas aves não confinadas, em geral, é preservado,

mudando apenas a frequência e intensidade das características comportamentais (CRAIG, 1992).

O comportamento animal está relacionado com o conforto térmico dentro de uma instalação, que exige do mesmo um balanço térmico nulo, ou seja, que o calor produzido pelo organismo mais o calor ganho do ambiente seja igual ao calor dissipado por radiação, convecção, condução, evaporação (NÄÄS et al., 1989).

As aves de corte são animais homeotérmicos e podem ser estudadas como sistemas termodinâmicos abertos que ingerem energia e metabolizam as moléculas dos alimentos constantemente, visando manter o balanço dinâmico entre o metabolismo de produção de calor e de perda de calor para o ambiente (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Para Baêta e Souza (1997), um ambiente é confortável para aves adultas quando apresenta temperaturas de 18 a 25 °C e umidade relativa do ar de 50 a 70 %. A temperatura considerada ideal para o desenvolvimento de frangos de corte é gradualmente reduzida, de 32 °C na primeira semana de vida para 30 °C na segunda semana, 28 °C na terceira semana, 25 °C na quarta semana, 24 °C na quinta semana e da sexta semana em diante a temperatura deve ficar igual ou abaixo dos 22 °C.

Aves submetidas a temperaturas ambientais fora da zona de termoneutralidade respondem com comportamentos alimentares e atitudes físicas características. Ao elevar a temperatura corporal, em função de aumento na temperatura ambiental, as aves aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração, na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2006).

As aves, conforme Moura (2001), tentam compensar sua reduzida habilidade de dissipar calor latente, em condições de estresse térmico, ativando os processos fisiológicos responsáveis pela dissipação de calor para o ambiente externo. Nesta situação, as aves adotam um comportamento diferenciado, abrindo suas asas e mantendo-as afastadas do corpo, aumentando sua área de superfície corporal, facilitando perdas por convecção.

2.2.1 O comportamento alimentar

Vários trabalhos sobre o comportamento de frangos de corte frente às situações de conforto e estresse térmico indicam que o comportamento alimentar é o mais afetado pelo ambiente térmico inadequado.

A produção do calor corporal aumenta com entrada de alimento por causa do metabolismo aumentado (termogênese induzido pela alimentação). A redução no

consumo alimentar é um dos primeiros efeitos das altas temperaturas nos lotes de frango de corte. Isto ocorre numa tentativa de reduzir a produção de calor interno ocasionada pelo consumo de energia presente na ração. Ao se alimentar, aumenta-se o metabolismo e, conseqüentemente, a quantidade de calor corporal, pois a digestão e a absorção de nutrientes geram energia que, liberada em forma de calor, é chamada de “incremento calórico” (LIMA, 2005).

Quando as aves reduzem o consumo alimentar buscando reduzir o incremento calórico passam a utilizar a gordura corporal como fonte de energia. Desta maneira, os níveis mais baixos de ingestão de alimento promovem a redução do consumo ideal de nutrientes afetando diretamente a produtividade do lote, culminando numa redução do ganho de peso das aves (MOURA, 2001).

Gonzales et al. (1990) observaram que frangos sofrendo estresse térmico pelo calor consumiram menos ração, ganharam menos peso e tiveram menor eficiência alimentar em relação às aves sem estresse térmico.

Daghir (1995), em estudo sobre a produção de frangos de corte em clima quente, concluiu que à medida que o calor aumenta várias respostas são enfocadas pelo organismo das aves para aumentar a dissipação e reduzir a sobrecarga de calor corporal; imediatamente, as aves aumentam a ingestão de água e atrasam a redução do consumo voluntário, refletindo nas taxas de sobrevivência e de desempenho final de frangos de corte.

Lana et al. (2000) conduziram experimento para determinar o efeito dos diferentes programas alimentares, em diferentes condições ambientais e concluíram que o consumo de ração dos frangos criados no ambiente com temperatura elevadas foi 15% inferior ao do grupo controle e que os baixos níveis de ingestão reduzem o consumo ideal de nutrientes.

Sartori et al. (2001) verificaram que, independentemente do programa de alimentação, houve efeito de temperatura para peso, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

Santos (2004) afirma que a influência do ambiente térmico sobre o comportamento animal pode ser avaliada por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas são baseadas nas concentrações de determinados hormônios produzidos à medida que aumenta o estresse do animal. Já os indicadores comportamentais são baseados especialmente na ocorrência de comportamentos anormais e de comportamentos que se afastam do comportamento no ambiente natural.

Cuidados especiais de manejo devem ser observados durante o estresse, principalmente associados qualidade da água e à sua temperatura, visto que o papel mais importante da água durante o estresse é a perda de calor e a temperatura da água afeta, obviamente, o seu consumo (SILVA et al., 2003).

Vigoderis (2006) avaliou o consumo de água por pintos em diferentes sistemas de aquecimento e verificou que os maiores consumos ocorreram para os sistemas que propiciaram maior aquecimento do ambiente.

Oliveira et al. (2006) verificou que os frangos de corte mantidos em ambiente de conforto térmico apresentaram os maiores valores de consumo de ração (CR) e ganho de peso (GP) e os piores de conversão alimentar (CA), com exceção do período de 1 a 41 dias, no qual a CA não variou entre os tratamentos.

Cordeiro (2007), estudando o comportamento, bem-estar e desempenho de pintos de corte em condições de inverno, encontrou melhores índices produtivos no sistema que proporcionou melhor aquecimento dos animais nas duas primeiras semanas de vida.

Em trabalho desenvolvido por Lana et al. (2001), verificou-se que os animais alojados à densidade de 10 aves por m² apresentaram maior consumo de ração. Os animais alojados sob a densidade de 16 aves por m² apresentaram maior ganho de peso durante o período de 1 a 7 dias (112,3 g) e 15 a 21 dias de idade (465,6 g).

Moreira (2004) verificou que o aumento da densidade populacional de 10 a 16 aves por m² causa redução no ganho de peso, principalmente na fase final de criação, apesar de não haver diferenças entre 13 e 16 aves por m².

Sevegnani et al. (2005) avaliou o tempo despendido no comedouro, bebedouro e ócio para quatro condições de estresse (1 - T = 28 °C e UR = 60 % ; 2- T = 31 °C e UR = 65 %; 3 - T = 34 °C e UR = 70 % e 4 - T = 37 °C e UR = 75 %) (Figura 3).

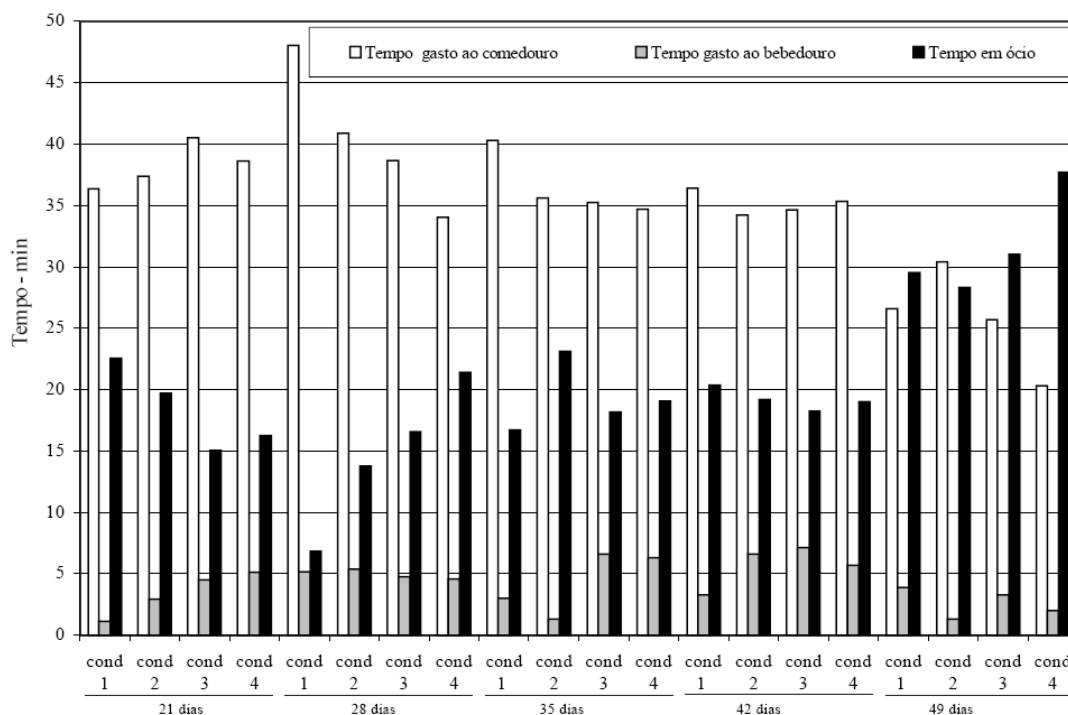


Figura 3. Tempo despendido no comedouro, bebedouro e ócio, durante 1 h de observação, para as 4 condições (cond) de estresse. Fonte: Sevegnani et al. (2005).

O tempo despendido junto ao comedouro foi decrescente e o tempo despendido junto ao bebedouro foi crescente, na seqüência de 21, 28, 35, 42 e 49 dias e condições de alojamento 1, 2, 3 e 4.

Pereira et al. (2005) determinaram a ocorrência das seguintes reações comportamentais de matrizes de frangos de corte pesadas: limpar as penas, esponjamento, espreguiçar, prostrar, correr, deitar, ciscar, abrir as asas e arrepiar as penas. Também foram observadas e quantificadas reações comportamentais agressivas, tais como: ameaças, perseguição, monta e bicada. Os resultados mostraram que a presença de alimento é um fator atuante no comportamento das aves alojadas e que o comportamento agressivo é decorrente da disputa, seja pelo alimento e pelo espaço, seja pela hierarquia e dominância sobre o grupo.

Nordi et al. (2006) avaliaram várias atividades comportamentais com o objetivo melhorar o grau de bem-estar de frangos de corte, através do fornecimento de poleiros com motivadores. Concluiu-se que a oferta de poleiros nas condições deste experimento resulta em melhoria da Liberdade Comportamental no último terço de vida das aves.

A observação de comportamentos baseados nas posturas corpóreas com base na semelhança em termos de deformações geométricas foi avaliada por Rodrigues (2006). Os comportamentos que foram avaliados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. 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 Sentada	Parada + procurando ninho + empoleirar
Sentada	Sentada + postura
Ciscando	Ciscando + agressividade

Fonte: Rodrigues (2006).

2.3 A Utilização De Imagens Digitais Na Avaliação Do Bem-Estar Animal

A utilização da análise de imagens é uma ferramenta que está contribuindo para o desenvolvimento da avaliação do comportamento animal por permitir a análise automática de informações extraídas de uma cena por meio do reconhecimento de padrões.

De acordo com Esquef et al. (2007), o objetivo da análise de imagens, seja por um observador humano ou por uma máquina, é extrair informações úteis e relevantes para cada aplicação desejada. Este processo de medição quantitativa de um determinado aspecto da imagem tem a finalidade de gerar uma descrição da mesma, por meio de um gráfico ou um valor referente à propriedade da imagem.

A tecnologia de análise de imagens consiste do uso de micro-câmeras conectadas a um computador e um programa visual que execute a aquisição, processamento e a classificação das imagens dos animais, tornando o processo automatizado, sem a interferência direta do homem (SHAO et al., 1998).

Vários autores (SERGEANT et al., 1998; XIN e SHAO, 2002; BIZERAY et al., 2002; FIGUEIREDO et al., 2003; SILVA et al., 2004; SEVEGNANI et al., 2005; PANDORFI, 2005; BARBOSA FILHO et al., 2007; CORDEIRO, 2007) têm demonstrado a viabilidade de se utilizar imagens digitais para determinação do comportamento animal dos principais animais domésticos, e suas inter-relações com o meio no qual este animal se encontra.

Há um crescente número de estudiosos decidindo a respeito de normas e regulamentos na prática de bem-estar de aves e outros animais nos Estados Unidos e União Européia e o avanço na área de processamento de imagens apresenta-se como uma tecnologia em pleno desenvolvimento na busca por respostas consistentes em relação aos novos padrões de bem-estar animal.

2.3.1 As vantagens dos sistemas de visão artificial em relação aos etogramas

Os primeiros estudos sobre bem-estar animal de frangos de corte se originaram da observação humana. Muitas vezes o observador permanecia em meio aos animais o suficiente para visualizar um comportamento interessante e as aves eram escolhidas usando um critério tal como uma marca ou um fato cujo início se deu no centro da área avaliada (SERGEANT et al., 1998).

Os etogramas, que representavam as respostas obtidas a partir dessas observações, eram sujeitos a erros devido à subjetividade do método, além da presença humana, que poderia inibir o comportamento natural das aves. Além disso, as observações de campo estavam sujeitas à forma pela qual o tratador se relacionava com o animal, tais como a voz, o contato físico e a interação geral, pois também poderiam influenciar o comportamento animal, uma vez que os animais respondem ao tratamento recebido pelos humanos.

Considerando-se o efeito da presença humana observando o comportamento e o movimento das aves, a dificuldade da observação de qualquer movimento em condições de pouca luminosidade e o tempo consumido pela coleta de grande quantidade de dados e interpretação humana dos vídeos gravados (SERGEANT et al., 1998), este tipo de avaliação limita o número de coletas e interfere na confiabilidade dos dados avaliados, além de ser cansativo para o observador.

A vantagem do sistema de visão artificial em relação ao sistema visual humano é a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem de pixels e, portanto, dependentes da resolução da imagem digitalizada (GONZALEZ e WOODS, 1992). Um sistema de visão artificial não influencia o comportamento das aves, anula o efeito da subjetividade na avaliação do comportamento animal e permite a extração numérica de dados das aves monitoradas por um longo período.

A técnica de visão artificial é uma ferramenta de grande aplicação no processamento industrial, principalmente por permitir uma alta velocidade de processamento, livrando totalmente a ação humana direta, por funcionar continuamente e por poder ser implementada com relativa simplicidade, se comparada às técnicas convencionais que, normalmente, exigem complexos mecanismos para instalação de sensores (BOARETTO et al., 2005).

Além disso, o acesso remoto à informação visual em tempo real, por meio de câmeras de vídeo, fornece informações pertinentes ao gerente, proprietário ou a um consultor, para a tomada de decisão.

A alternativa de substituir os sensores convencionais por tecnologia de visão artificial que permite, através de câmeras, sistemas ópticos, hardwares de baixo custo e softwares de processamento de imagens e reconhecimento de padrões, a inspeção ou automação de processos de qualquer natureza (VXIA, 2004).

As imagens baseadas no comportamento das aves têm outras implicações, como o desenvolvimento de um perfil da atividade das aves (movimento, resposta à ventilação, agrupamento, etc.) como também comparar os níveis de atividade em diferentes porções da instalação. Desta maneira, é possível contribuir para melhorar projetos de comedouros e bebedouros.

As aves exibem reações conhecidas para adequar-se a temperatura. A formação de grupos, por exemplo, é normalmente um sinal de que as aves estão com frio. O movimento e agrupamento das aves nas paredes da instalação é freqüentemente sinal de que a temperatura está muito elevada para as aves (FIGUEIREDO et al., 2003).

Os controladores tradicionais usam o sistema de termostato para ativar os mecanismos de climatização (tais como ventiladores, nebulizadores, aspersores, placas de resfriamento evaporativo), onde as temperaturas são baseadas em determinados pontos ou simplesmente o uso de fórmulas. As temperaturas são relatadas estritamente de acordo com os dias de alojamento das aves e não confrontam automaticamente as respostas dos animais às condições ambientais da instalação.

Entretanto, umas das maiores dificuldades em se utilizar técnicas de processamento de imagem está no fato das aves possuírem comportamento imprevisível, não apresentando trajetórias regulares dentro das instalações (SERGEANT et al., 1998). Com isso, torna-se necessária a tomada de imagens de uma área representativa dentro de uma população em uma instalação avícola, a fim de avaliar o comportamento animal e inferir sobre o seu bem-estar.

As técnicas de visão computacional constituem ferramentas de grande aplicação no processamento industrial, principalmente por permitirem uma alta velocidade de processamento, facilitando a tomada de decisão e evitando, com isso, maiores prejuízos econômicos que seriam detectados tardiamente. Além disso, limitam os erros ocasionados pela subjetividade humana, funcionam continuamente e por podem ser implementadas com relativa simplicidade quando comparadas com as técnicas convencionais que normalmente exigem complexos mecanismos para instalação de sensores.

2.3.2 O sistema de visão artificial (SVA)

Uma imagem digital pode ser entendida, de acordo com Gonzalez e Woods (1992), como uma matriz onde os índices de linha e coluna identificam um ponto na imagem e o valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto, que é conhecido por pixel.

O sistema de visão artificial é um sistema computadorizado capaz de adquirir, processar e interpretar imagens correspondentes a cenas reais. A área de processamento de imagens permite o aprimoramento de informações pictóricas para interpretação humana (processamento de imagens) e a análise automática por computador de informações extraídas de uma cena (análise de imagens, visão computacional ou reconhecimento de padrões) (MARQUES FILHO e VIEIRA NETO, 1999).

A vantagem do sistema de visão artificial, que utiliza imagens digitais, em relação ao sistema visual humano, que sofre a interferência humana, é a possibilidade de efetuar medições exatas, baseadas na contagem de *pixels*. O sistema de visão artificial (SVA) é um sistema computadorizado capaz de adquirir, processar e interpretar imagens correspondentes a cenas reais. Suas principais etapas são: pré-processamento, segmentação, extração de características e reconhecimento e interpretação de padrões (MARQUES FILHO e VIEIRA NETO, 1999).

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 ser generalizadas para demais estudos (GONZALEZ e WOODS, 1992).

2.3.2.1 Processamento digital de imagens

O objetivo do uso do processamento digital de imagens consiste em melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

Os elementos de um sistema de processamento de imagens são aquisição, armazenamento, processamento e exibição. Na etapa de aquisição uma imagem é convertida numa representação numérica adequada para o processamento digital subsequente. É composto de dois elementos principais: dispositivo físico sensível a uma

faixa de energia no espectro eletromagnético (raio X, ultravioleta, espectro visível ou raios infravermelhos), que produz na saída um sinal proporcional ao nível de energia detectado; e o digitalizador, que converte o sinal elétrico analógico em informação digital e pode ser representada por 0s ou 1s bits (GONZALEZ e WOODS, 1992).

Em um detector CCD (Charge Coupled Device) ou dispositivo de carga acoplado, quando a luz incide na sua superfície, elétrons constituindo um pacote de carga são produzidos e coletados em uma determinada área definida por um eletrodo carregado positivamente.

A superfície do CCD é constituída por várias dessas áreas, chamadas *pixels* (elementos de imagem). Quando se completa a exposição, os elétrons coletados são transportados para um amplificador, e para um conversor analógico-digital, que transforma a carga de cada pacote em um número binário que ao ser lido pelo computador é traduzido como o número de contagens (N).

O termo imagem monocromática, ou simplesmente imagem, refere-se à função bidimensional de intensidade da luz $f(x,y)$, onde x e y denotam as coordenadas espaciais e o valor f em qualquer ponto (x, y) é proporcional ao brilho (ou níveis de cinza) da imagem naquele ponto (Figura 4).



Figura 4. Convenção dos eixos para representação de imagens digitais. Fonte: Gonzalez e Woods (1992).

Uma imagem digital é uma imagem $f(x,y)$ discretizada tanto em coordenadas espaciais quanto em brilho. Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma

matriz cujos índices de linhas e de colunas identificam um ponto na imagem, cujo valor do elemento correspondente da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto.

Os elementos dessa matriz digital são chamados de elementos da imagem, elementos da figura, "*pixels*" ou "*pels*", estes dois últimos, abreviações de "*picture elements*" (elementos de figura). Quanto mais *pixels* uma imagem tiver melhor é a sua resolução e qualidade.

2.3.3 Técnicas de análise de imagens

Muitos dos atuais problemas na criação de animais, que não podem ser solucionados por pesquisas em nutrição, fisiologia ou controle de doenças, requerem investigações sobre o comportamento animal para que se possa ter progresso (PANDORFI, 2005).

Dusenbery (1985) desenvolveu um dos trabalhos pioneiros na observação do comportamento animal com o uso de microcomputador e de uma câmera de vídeo, que proporcionou o registro e o processamento das imagens de 25 aves, simultaneamente.

Sergeant et al. (1998) propôs o estudo da locomoção como um indicador do estado total de bem-estar. Avaliou-se a interação de frangos de corte alojados com comedouros e bebedouros por meio de trilhas detectadas por seqüências de imagens, usando procedimentos de segmentação e produção de centróides de cada frango por meio de uma análise de correspondência quadro a quadro. Este trabalho ressaltou a dificuldade de observação dos animais devido ao grande tamanho de uma granja comercial de frangos de corte, considerando que, geralmente, um aviário comercial tem 120 x 12 m com 24.000 aves (20 aves.m⁻²) (Figura).



Figura 5. Galpão utilizado no experimento. Fonte: Sergeant et al. (1998).

Determinaram-se as áreas de interesse, como comedouros e bebedouros e estudaram-se as trajetórias dos animais por meio do processamento de imagens, apresentando uma abordagem para o rastreamento de um grupo de frangos de corte confinados por meio de uma seqüência de imagens (Figura). Os resultados mostraram que são confiáveis para a seqüência de imagem estudada e mostraram as aves interagindo com comedouros e bebedouros.

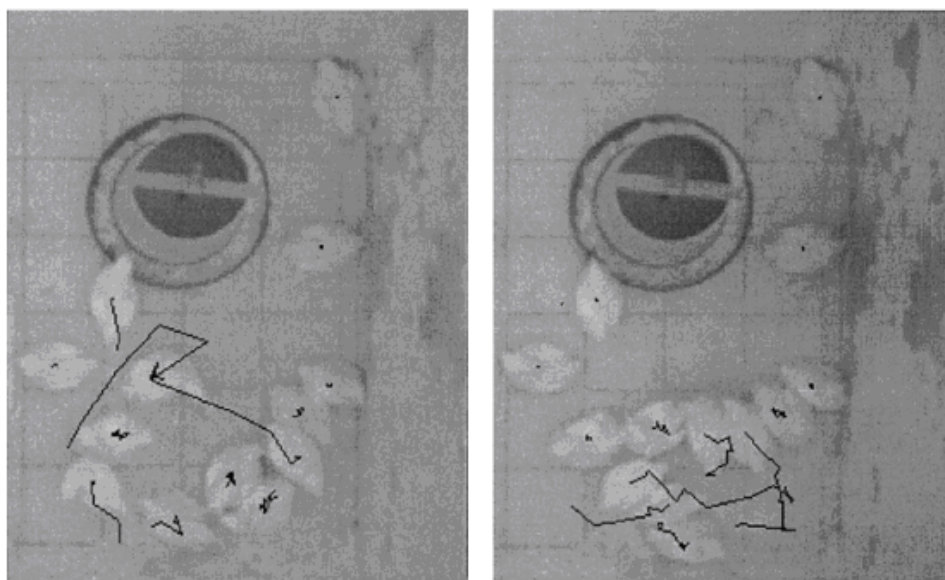


Figura 6. Resultado do rastreamento das trajetórias das aves. Fonte: Sergeant et al. (1998).

A distribuição de aves no galpão é um fator que indica a resposta dos animais em relação ao ambiente térmico no qual está inserido, pois as aves em conforto térmico

passam grande parte do tempo ocupando a região dos comedouros e bebedouros e, à medida que o estresse térmico aumenta, as aves reduzem a frequência nestas áreas.

Este trabalho mostrou a viabilidade de se rastrear a área percorrida pelos animais e validou-se a técnica de processamento de imagens utilizada por meio dos resultados semelhantes aos obtidos por meio da observação visual.

Bizeray et al. (2002) desenvolveram pesquisa com o objetivo de estudar a influência do acréscimo da complexidade ambiental nas atividades gerais de frangos de corte comerciais. Partiu-se do pressuposto de que poleiros e o estímulo ao comportamento forrageiro (usando o trigo) aumentariam a atividade física. Foram marcadas cinco aves por tratamento e, a partir destas, foram feitas observações comportamentais de 3 minutos, das 8:00 às 15:00 h, durante 3 dias por semana, da primeira à sexta semana de vida das aves, pelo mesmo observador.

As observações foram gravadas para distinguir os estados (parada, deitada ou empoleirada) e duração das atividades (comendo, bebendo, limpando as penas com o bico ou inativa). Foi contado também o número de ocorrências dos seguintes eventos: passos andados, corridas, interações agressivas, bicadas na cama e bicadas na parede.

A presença de poleiros e de mudanças na iluminação modificou o tempo atividades, mas o material forrageiro não foi efetivo. Os resultados mostraram que o comportamento das aves pode ser modificado pelo ambiente de criação o aumento da complexidade ambiental para a diversificação dos padrões de comportamento, apesar de existir alguns limites para as vantagens proporcionadas pelo enriquecimento ambiental.

Figueiredo et al. (2003) desenvolveram um sistema de análise do comportamento de aves de corte por meio de um sistema de visão artificial para extrair a resposta quanto ao comportamento alimentar e agrupamento das aves de corte em instalações comerciais. Utilizou-se o Labview[®] 6.1 para a aquisição e arquivamento das imagens e o MatLab[®] para o processamento de imagens. As imagens adquiridas foram redimensionadas e convertidas em imagens monocromáticas para facilitar o processamento. Um filtro mediano foi aplicado na imagem segmentada para reduzir o ruído. A relação entre o tamanho das aves em pixels e os dias de alojamento foram usados para remover o ruído e para distinguir as aves dos obstáculos da imagem. As figuras com uma área menor que o tamanho esperado de uma ave para dado dia de alojamento foram removidas e ignoradas e as figuras maiores que o tamanho esperado foram tratadas como obstáculos e ignoradas pelos modelos de análise de comportamento. Retirou-se objetos que não eram de interesse para o processamento, conforme pode ser observado na Figura .



Figura 7. Imagem objetivo e imagem “fundo”. Fonte: Figueiredo et al. (2003).

As atividades das aves (comendo, bebendo e agrupando) foram classificadas usando a informação de localização e o algoritmo calculou os centróides das aves. A localização das aves e a presença de agrupamentos na imagem foram usadas para obter a resposta térmica, após a determinação do centróide e foi feita a detecção de bordas para melhorar a imagem das aves (Figura). Em seguida, o algoritmo avaliou a posição das aves em relação a zonas predefinidas, consideradas zonas quentes.

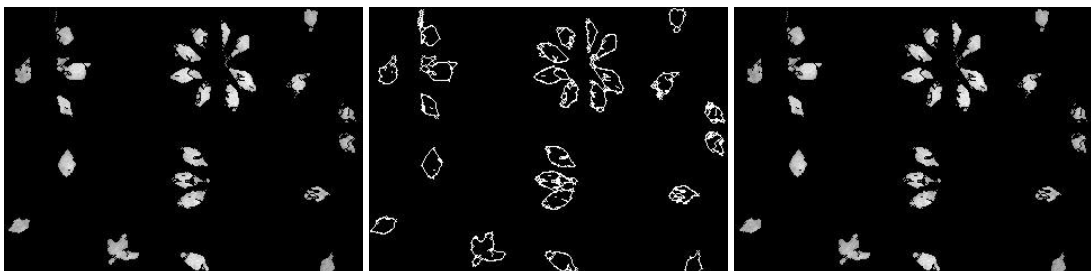


Figura 8. Imagens intermediárias durante o processamento. Em seqüência: imagem máscara, imagem das bordas e máscara melhorada da margem. Fonte: Figueiredo et al. (2003).

O desempenho do algoritmo de classificação foi avaliado de acordo com a idade da ave e o nível de iluminação. O número de aves classificadas corretamente pelo programa foi comparado com o número de aves identificadas programa, mas classificadas por um operador humano. No total, existiu uma diferença média de 8,8 % entre a classificação das aves agrupadas manual e pelo algoritmo.

A idade e o tamanho das aves desempenharam papel importante, pois à medida que as aves tornavam-se mais velhas, seu tamanho aumentava e tendiam mostrar-se agrupadas com mais frequência. Isto ocorria porque a área corporal aumentava diminuindo a distância entre as aves. O algoritmo também poderia considerar que as aves estavam agrupadas mesmo que aves estivessem envolvidas com atividades regulares.

A avaliação do desempenho do algoritmo por meio da determinação do efeito da iluminação foi feita de modo similar à idade. Os resultados da análise do nível de luz e idade das aves mostraram que estão diretamente relacionados ao desempenho do algoritmo. O nível de luz mais desejável para a análise foi de 0,5 fc. Além disso, o algoritmo obteve resultados melhores quando as aves estiveram entre 21 e 27 dias de idade.

Sevegnani et al. (2005) avaliaram o comportamento ingestivo de frangos de corte submetidos a diversas combinações de temperatura e umidade em câmara climática, utilizando a identificação eletrônica e a análise visual. Observou-se o comportamento alimentar da mesma ave, com 16 dias, cujas imagens foram gravadas por 2 períodos, de 1 hora cada um. As aves foram alojadas em quatro boxes de 1 m² cada um, com cama de casca de arroz. A densidade utilizada foi de 16 aves.m⁻², sendo que 5 aves em cada box foram selecionadas aleatoriamente, para receber o transponder de identificação (Figura).

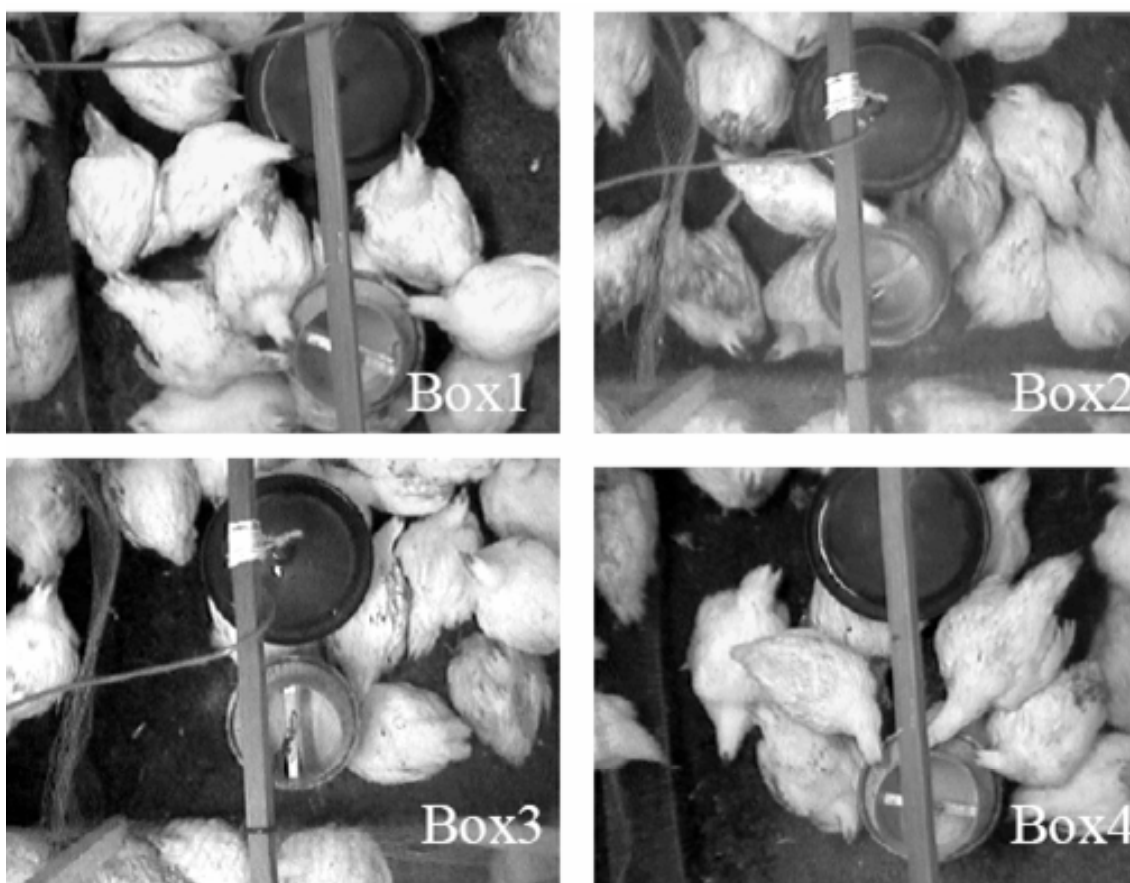


Figura 9. Boxes vistos de cima através das imagens das câmeras de vídeo. Fonte: Sevegnani et al. (2005).

Os resultados deste trabalho mostraram que, quanto maior a temperatura, maior foi ingestão de água e menor a ingestão de ração. A medida de alocação de tempo com diferentes atividades comportamentais é interessante para identificar determinadas

condições de estresse, entretanto, a identificação via *transponders* e da observação visual ainda se apresentam muito dependentes da atuação humana na avaliação do comportamento.

Rodrigues (2006) desenvolveu uma metodologia com a aplicação de visão computacional para avaliar comportamento de aves poedeiras em diferentes condições de estresse. Abordou-se o uso de cores na avaliação do comportamento dos animais em grandes aviários, conforme foi estudado por Benson (2004). O algoritmo desenvolvido conta o número de aves nas regiões como bebedouro e comedouro (Figura) ao longo do tempo avaliado.

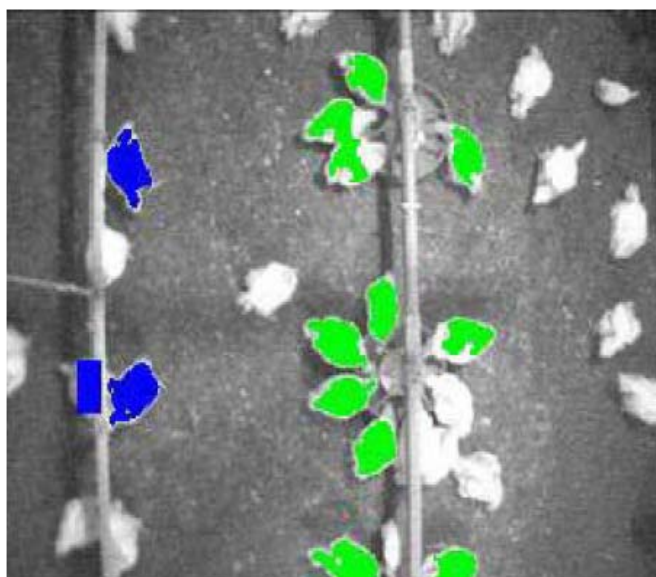


Figura 10. Análise de distribuição de aves em comedouro e bebedouro através de diferentes cores Fonte: BENSON (2004).

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 $\text{UR}= 60\% \pm 2\%$ e Tratamento 2: condição de estresse térmico, $T= 35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR}= 70\% \pm 2\%$.

Foram usadas imagens de quatro dias não consecutivos, sendo dois dias para cada tratamento, sendo analisadas seqüências de uma hora de imagens, em intervalos de 10 segundos, para três períodos do dia: 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.

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 (Figura).

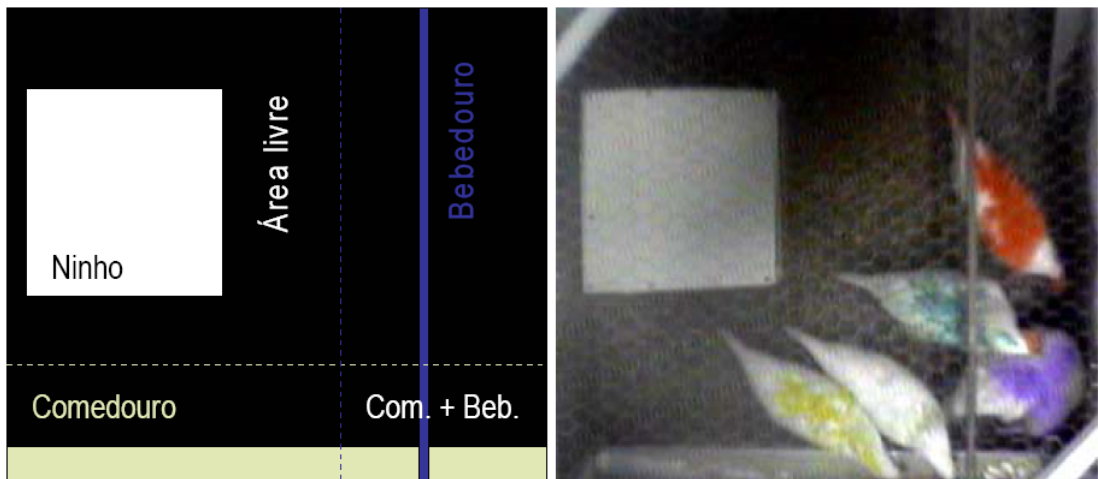


Figura 11. Definição de áreas relacionadas à avaliação do comportamento e identificação das aves. Fonte: Rodrigues (2006).

A Figura mostra a imagem das aves cujas cores dos dorsos foram subtraídas e, depois, binarizadas de forma a apresentar a cor preta para o substrato e branca para as aves.

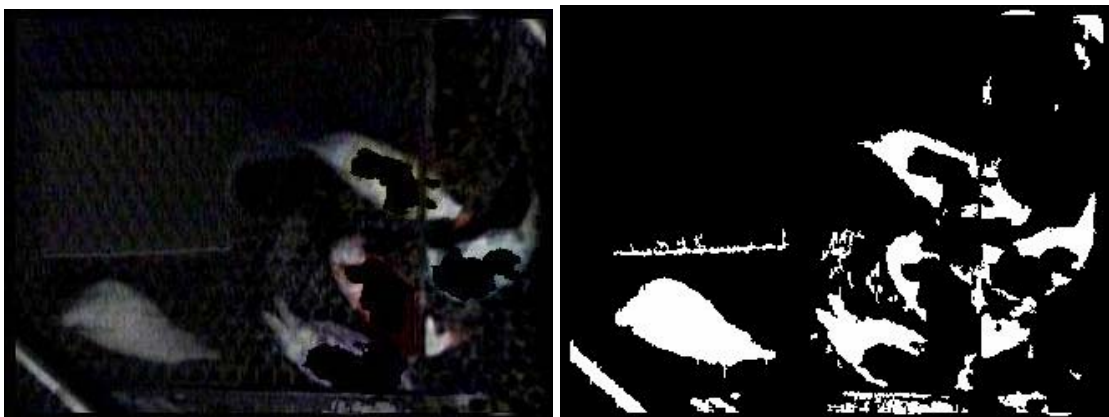


Figura 12. Imagem padrão e subtração das cores vermelha, azul, verde e amarela e binarização da imagem de aves confinadas. Fonte: Rodrigues (2006).

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 (Figura 1).

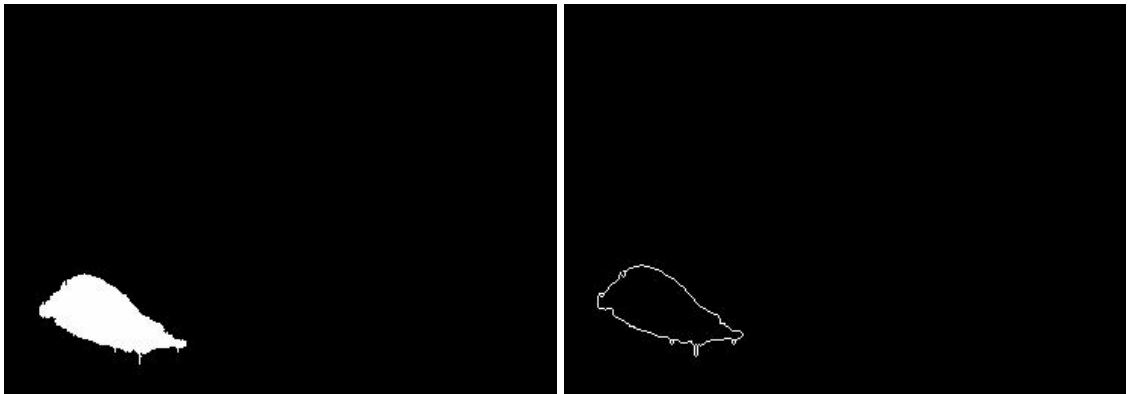


Figura 1. Detecção de bordas da estrutura corpórea de uma ave. Fonte: Rodrigues (2006).

A partir da separação de cada ave (dorso) em imagens distintas, foi possível a binarização destas e cálculo do centro de massa para o estudo da distribuição espaço-temporal. 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 2).

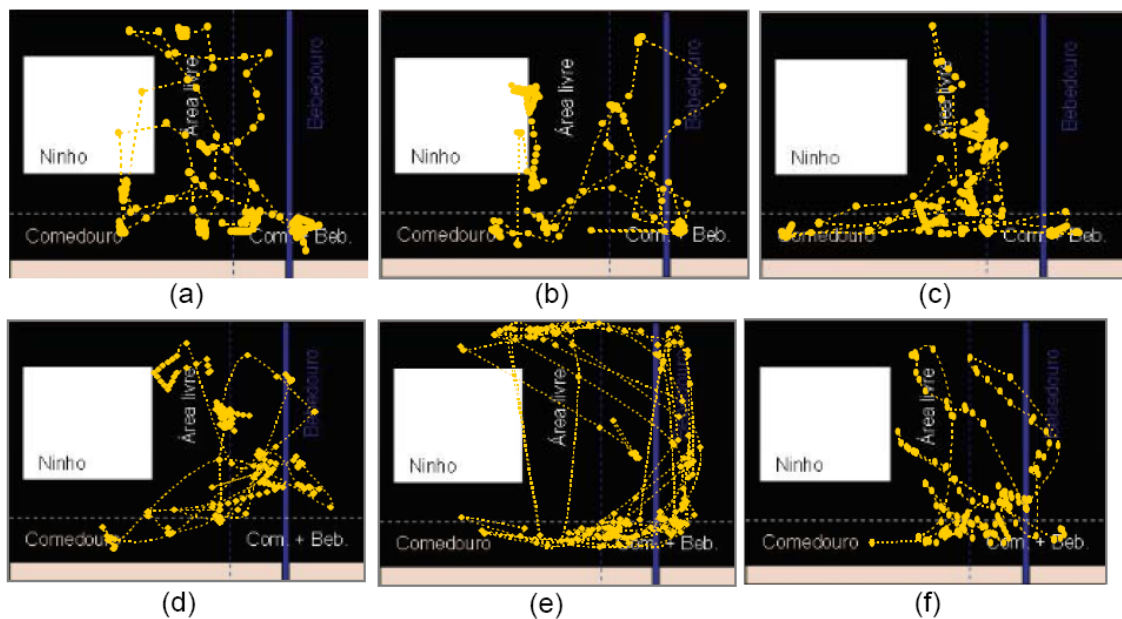


Figura 2. Distribuição das aves em situação de conforto térmico. Fonte: Rodrigues (2006).

Barbosa Filho et al. (2007) avaliou os aspectos relacionados ao comportamento animal, principalmente quanto à presença de cama ou de ninho em substituição ao sistema convencional (gaiolas), utilizando seqüências de imagens das aves. As imagens foram registradas a cada segundo, por uma hora, na parte da manhã (das 10 às 11 h) e duas horas na parte da tarde (das 13 às 14 h e das 16 às 17 h), durante dois dias consecutivos, para cada sistema de criação e condição ambiental proposta. Após as análises, foram calculadas as percentagens médias de tempo de expressão de cada

comportamento, bem como o período, em minutos e segundos, de duração de cada comportamento.

Silva et al. (2006), avaliando a influência do sistema de criação nos parâmetros comportamentais de duas linhagens de poedeiras submetidas a duas condições ambientais, verificaram que nota-se que, para a condição de conforto e o sistema de criação em cama, as linhagens não apresentaram diferenças quanto à expressão dos **Tabela 2.** Valores percentuais de tempo médio, em que as aves expressaram seus comportamentos na condição de conforto térmico).

Tabela 2. Valores percentuais de tempo médio, em que as aves expressaram seus comportamentos na condição de conforto térmico

Padrão de comportamentos	Condição de Conforto					
	Período da manhã		Período da tarde		Total	
	Hy-Line Brown	Hy-Line W36	Hy-Line Brown	Hy-Line W36	Hy-Line Brown	Hy-Line W36
Comendo	32	28	23	20	27,5	24
Bebendo	4	2	4	1	4	1,5
Ciscando	29	11	23	14	26	12,5
Proc. Ninho	21	13	12	0,4	16,5	6,7
Postura	-	26	-	18	-	22
Mov. conforto	1	1	1	1	1	1
Invest. penas	6	4	7	7	6,5	5,5
Empoleirar	-	15	9	19	4,5	17
Banho de areia	7	-	9	4	8	2
Agressividade	-	-	-	1	-	0,5
Sentada	-	-	8	12	4	6
Parada	-	-	4	3	2	1,5
Total	100	100	100	100,4	100	100,2

Fonte: Silva et al. (2006).

Alves (2007) avaliou o comportamento de aves poedeiras no sistema de cama e gaiolas, através da utilização de monitoramento visual eletrônico (Figura e Figura 3) e desenvolveu modelos matemáticos baseados na lógica *Fuzzy* na obtenção de parâmetros indicativos das condições de bem-estar das aves nos diferentes sistemas de criação.



Figura 15. Sistemas de criação em gaiola e em cama. Fonte: Alves (2007).



Figura 3. Imagem capturada pelas câmeras do sistema de criação em gaiolas e imagem capturada pelas câmeras do sistema de criação em cama. Fonte: Alves (2007).

Na Figura 4 está representado o gráfico de superfície em 3D gerado para saída do sistema a partir da base de regras estabelecidas para o índice "condições de bem-estar". O eixo vertical é a variável de saída "condições de bem-estar" enquanto em cada eixo horizontal estão as porcentagens de tempo nos comportamentos essenciais à vida e à saúde e ao conforto. Alves (2007) que a avaliação do comportamento por meio de imagens de vídeo permitiu a análise mais apurada dos comportamentos.

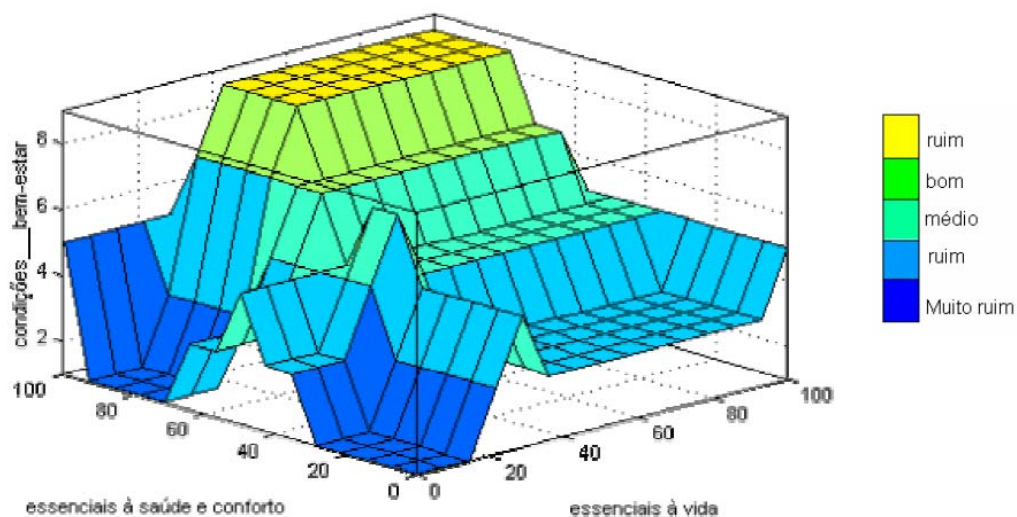


Figura 4. Gráfico de superfície com o índice "condições de bem-estar" Fonte: Alves (2007).

A importância econômica da produção de frangos é indiscutível. O desenvolvimento de linhagens genéticas com alta velocidade de crescimento, associado ao desenvolvimento tecnológico nas áreas de nutrição e manejo, conduziram à criação de aves em níveis industriais. Na visão de muitos, o desafio atual seria desenvolver sistemas de produção eticamente aceitáveis e economicamente viáveis (COSTA, 2002).

3. ARTIGO I: DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR DE FRANGOS DE CORTE EM AVIÁRIOS COMERCIAIS POR MEIO DE ANÁLISE DIGITAIS IMAGENS

3.1 RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de aves de corte em diferentes condições térmicas em aviários comerciais usando técnicas de análise de imagens. A distribuição espacial das aves em relação aos comedouros foi usada para avaliar o comportamento das aves. A pesquisa foi conduzida em duas granjas comerciais integradas da Empresa Perdigão Agroindustrial S.A., em Rio Verde, Goiás, Brasil, durante a fase final de crescimento das aves. As duas granjas foram equipadas com sistema de ventilação e em modo túnel e nebulização, uma delas constituída com aspersão de água sobre a cobertura. Os valores de ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro) foram relacionados aos resultados obtidos pelo processamento das imagens digitais adquiridas durante o experimento. O programa Scilab foi utilizado para o processamento das imagens. Foi utilizado o “Método de Bayes” para proceder a limiarização. O Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC) mostrou que havia um maior número de frangos na região do comedouro no tratamento sem aspersão de água sobre a cobertura (42 frangos) em relação ao tratamento com aspersão de água sobre a cobertura (34 frangos em média), no dia com as maiores temperaturas externo. O algoritmo para determinação do número de partições ocupadas (ICEC) mostrou-se como um parâmetro objetivo, resultando num erro percentual de 11,6 % entre a classificação manual e aquela feita pelo algoritmo. O período noturno foi caracterizado por uma baixa frequência de aves no comedouro entre 20h e 21h, seguido por um aumento significativo durante a madrugada.

Palavras-chave: Estresse térmico, processamento de imagens, frango de corte.

3.2 INTRODUÇÃO

No Brasil, o estresse por calor é responsável por grandes perdas no rendimento dos lotes de frangos, redução do peso corporal, aumento da mortalidade e da conversão alimentar, especialmente quando as condições estressantes ocorrem na fase final, próximo ao abate (BILGILI et al., 1989; GONZALES et al., 1990; LANA et al., 2000; COSTA, 2002; OLIVEIRA, 2006).

Aves submetidas a temperaturas ambientais fora da zona de termoneutralidade respondem com comportamentos alimentares e atitudes físicas características. Ao elevar a temperatura corporal, em função de aumento na temperatura ambiental, as aves aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração, na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2006).

Menegali (2005), Vigoderis (2006) e Pereira (2006) verificaram que ambientes inadequados prejudicam o desempenho de aves de corte criadas em granjas comerciais, pondo em risco o bem-estar e, como consequência disto, reduzindo a produtividade. Por outro lado, procedimentos que favorecem o bem-estar animal garantem que os animais não se estressem facilmente e, conseqüentemente, não tenham seu sistema imunológico abalado.

Os primeiros estudos sobre bem-estar animal se originaram da observação humana e elaboração dos etogramas. Nesse método apresentava dificuldade para observar qualquer movimento em condições de pouca luminosidade e, além disso, se consumia muito tempo para coletar e interpretar grande quantidade de dados (SERGEANT et al., 1998).

O uso do sistema de visão artificial tem sido muito adotado em trabalhos recentes visando anular o efeito da subjetividade na avaliação do comportamento animal e permite a extração numérica de dados monitorados por um longo período. A técnica de visão artificial é uma ferramenta de grande aplicação em vários setores por permitir uma alta velocidade de processamento, por funcionar continuamente e por poder ser implementada com relativa simplicidade, se comparada às técnicas convencionais que, normalmente, exigem complexos mecanismos para instalação de sensores (BOARETTO et al., 2005).

Figueiredo et al. (2003) desenvolveram um sistema de análise do comportamento de aves de corte, baseado em imagens, para extrair respostas quanto ao comportamento alimentar e agrupamento das aves, classificando-as de acordo com a informação de localização.

Pereira et al. (2005) demonstraram a viabilidade do monitoramento por câmeras de vídeo de matrizes de frangos de corte, em câmara climática, para identificação de diferentes respostas comportamentais que serviriam como indicadores de bem-estar. Foram observadas as seguintes reações comportamentais: limpar as penas, esponjamento, espreguiçar, prostar, correr, deitar, ciscar, abrir as asas e arrepiar as penas, ameaças, perseguição, monta e bicada. Os resultados mostraram que a presença de alimento é um fator atuante no comportamento das aves alojadas e que o comportamento agressivo é decorrente da disputa, seja pelo alimento e pelo espaço, seja pela hierarquia e dominância sobre o grupo.

Sevegnani et al. (2005) avaliaram o tempo despendido no comedouro, bebedouro e ócio para quatro condições de estresse (1 - T = 28 °C e UR = 60 % ; 2- T = 31 °C e UR = 65 %; 3 - T = 34 °C e UR = 70 % e 4 - T = 37 °C e UR = 75 %), em câmara climática, monitorando-os com câmeras de vídeo. Os resultados deste trabalho mostraram que, quanto maior a temperatura, maior foi a ingestão de água e menor a ingestão de ração.

Rodrigues (2006) utilizou técnicas de análise de imagens para observar comportamentos baseados nas posturas corpóreas apresentadas pelas aves, tais como: bebendo, comendo, investigando penas, parada, sentada e ciscando.

Nordi et al. (2006) avaliaram as atividades de comer, beber, ciscar, andar, deitar, empoleirar e o comportamento agonista, com o objetivo melhorar o grau de bem-estar de frangos de corte, através do fornecimento de poleiros com motivadores. Concluiu-se que a oferta de poleiros nas condições deste experimento resultou em melhoria da Liberdade Comportamental no último terço de vida das aves.

Esses estudos de preferência e o monitoramento direto do comportamento animal por meio de imagens digitais vêm exercendo função central na pesquisa sobre bem-estar animal. Entretanto, muitos dos comportamentos acima relacionados provêm de observações subjetivas e difíceis de serem distinguidas pela percepção do experimentador.

A avaliação da distribuição espacial das aves num galpão comercial por meio da visão artificial é um fator que pode identificar, de forma objetiva, o comportamento alimentar dos animais em relação ao ambiente térmico no qual está inserido, pois as aves em conforto térmico passam grande parte do tempo ocupando a região dos comedouros e bebedouros e, à medida que o estresse térmico aumenta, as aves reduzem a frequência nestas áreas.

No processo de medição quantitativa de um determinado aspecto da imagem é gerada uma descrição da mesma, por meio de um gráfico ou um valor referente à propriedade da imagem. Para interpretá-las é necessária a utilização de um conjunto de algoritmos específicos. 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 ser generalizadas para demais estudos (GONZALEZ e WOODS, 1992).

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho, desenvolver uma metodologia para avaliação do bem-estar de frangos de corte em aviários comerciais, por meio de análise digitais imagens. O objetivo específico foi avaliar o comportamento diurno e noturno de frangos de corte submetidos a diferentes condições térmicas, por meio da determinação da freqüência dos mesmos na região dos comedouros.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Rio Verde, Goiás, localizado na latitude 17 55' S e longitude 50 55' O a uma altitude de 753 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa (tropical de altitude) com médias térmicas entre 19°C e 27°C. Foram utilizados dois aviários idênticos de produção industrial de aves de corte do Sistema de Integração da Perdigão Agroindustrial S/A.

Os aviários possuíam as seguintes dimensões 125 x 12,8 x 3m com 0,50 m de beiral, 25 % de inclinação do telhado. As instalações eram de estrutura metálica tendo como material de cobertura telhas de aço galvanizado comum sem nenhuma pintura. Cada aviário foi utilizado para a criação de 22.700 frangos da linhagem Cobb, com uma densidade de alojamento de 14 aves.m⁻². As matrizes que forneceram os pintinhos foram equalizadas, fornecendo o mesmo número de animais para cada aviário.

Os aviários eram equipados com sistema de ventilação forçada por pressão negativa em modo túnel, composto por: sete exaustores com motores de 1 cv e 76,5% de rendimento em uma das extremidades da instalação e entrada de ar de 22,8 m² na extremidade oposta. O acionamento do sistema de ventilação se dava de acordo com a temperatura interna dos aviários e a idade das aves, de forma escalonada, em estágios de trabalho denominados (estágio 1, estágio 2 e estágio 3) conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas de acionamento da ventilação forçada para os três estágios de ventilação e dos sistemas de resfriamentos evaporativos (nebulização interna e aspersão sobre a cobertura) em função da idade das aves

Idade das aves (dias)	Temperatura de Acionamento (°C)				
	Exaustores			Bomba	
	1° estágio	2° estágio	3° estágio	Nebulização interna	Sistema de aspersão
18 - 19	30,0	32,0	34	32	32,0
20 - 24	29,0	31,0	33	31	31,0
25 - 29	28,0	30,0	32	30	30,0
30 - 34	27,0	28,0	29	29	28,0
35 - 39	25,0	26,0	27	28	26,0
40 ao abate	24,0	25,0	26	27	25,0

A Figura 1 ilustra o sistema de ventilação dos galpões usados no experimento, onde é possível identificar os grupos dos exaustores correspondentes:

- Estágio 01 → E03 e E05
- Estágio 02 → E02 e E06
- Estágio 03 → E01, E04 e E07



Figura 1. Vista geral do sistema de ventilação (Exaustores E01 a E07).

O sistema de aspersão de água sobre a cobertura começou a ser utilizado a partir do décimo oitavo dia de alojamento das aves em um dos aviários, permanecendo em uso até o abate, diariamente, aproximadamente das 10:30 h às 18:00 h, com a finalidade de auxiliar o sistema de resfriamento evaporativo interno dos aviários. Desta forma, as observações foram feitas em dois tratamentos, denominados Tratamento com aspersão de água sobre a cobertura (CA) e Tratamento sem aspersão de água sobre a cobertura (SA).

3.3.1 Sistema de aquisição de imagens

As imagens foram coletadas diariamente, em intervalos de 1 minuto, durante a fase final de criação das aves (24-45 dias), como mostrado na Figura 2. Esta análise foi feita para verificar a possibilidade do uso da visão artificial em condições de campo para análise do comportamento alimentar das aves.

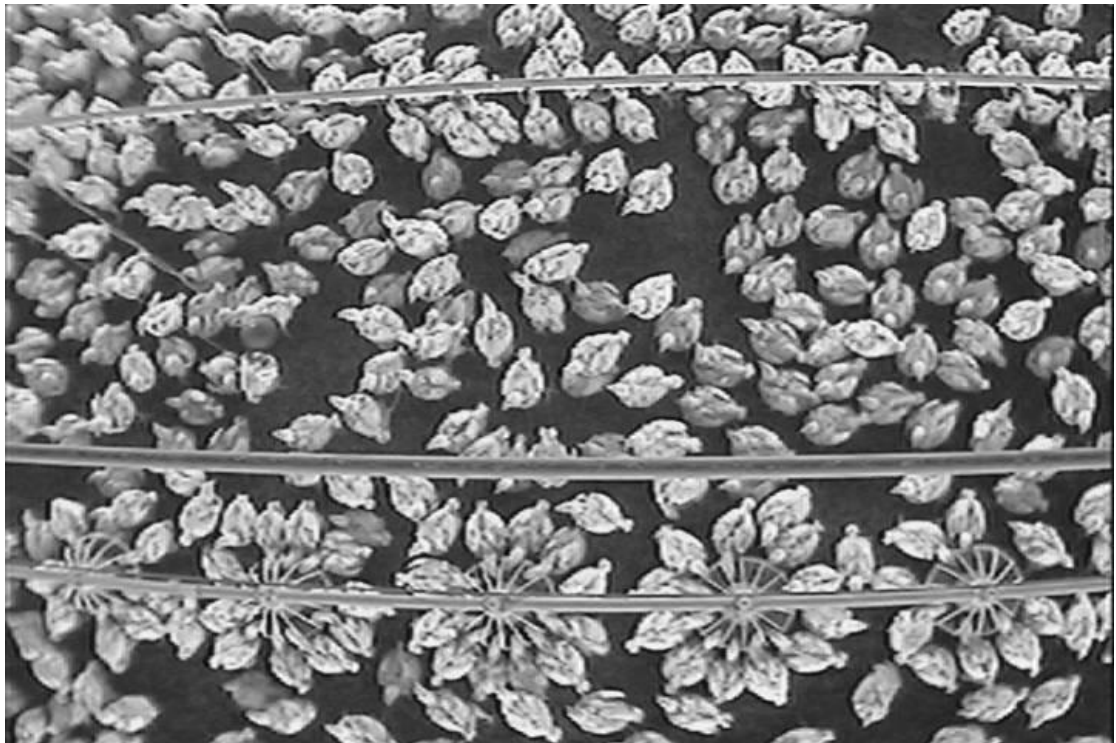


Figura 2. Exemplo da imagem representando a área total capturada de 480x720 pixels.

Em cada um dos galpões foi instalada uma câmera de vídeo colorida, análoga à câmera de sistema de segurança conectadas a um microcomputador, seguindo metodologia descrita por Figueiredo et al. (2003). As câmeras possuíam resolução de 480 linhas (410 k pixels) lente com foco fixo de 3,6 mm e foram instaladas a 30 m da extremidade dotada de ventiladores, à altura de 3 m e permaneceram fixas no local durante todo o período de coleta de dados (Figura 3).

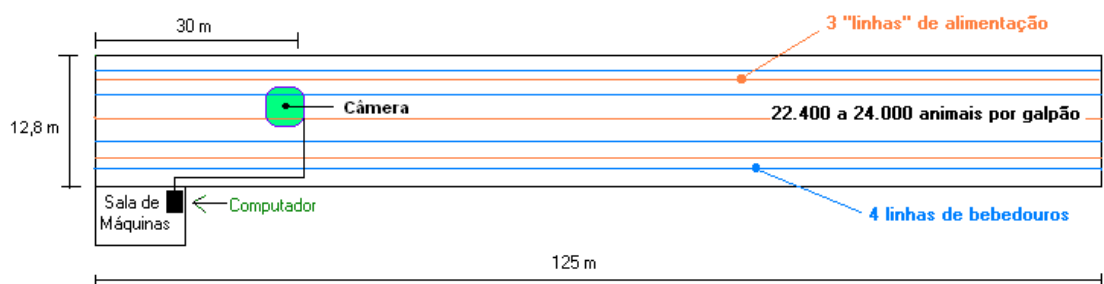


Figura 3. Disposição do sistema de aquisição de imagens nos galpões (m).

3.3.2 Avaliação do ambiente térmico

A comparação entre as diferentes condições ambientais foi feita com base no Índice de Temperatura de Globo Negro (ITGU), que foram correlacionados aos resultados obtidos por meio da análise de imagens digitais adquiridas durante o experimento.

O ITGU considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e da velocidade do ar obtido por meio da equação 1:

$$ITGU = Tgn + 0,36 - 41,5 \quad (1)$$

em que:

Tgn = temperatura de globo negro, em °C;

Tpo = temperatura do ponto de orvalho, em °C.

As variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar no ambiente interno e externo foram coletadas por meio de sensores/registradores com resolução de 0,1 °C (temperatura) e 1 % (umidade relativa), e exatidão de 0,5 °C e ± 1 %. O monitoramento das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) foi realizado diariamente, em intervalos de 15 minutos. Foram instalados um datalogger e um globo negro no interior de cada galpão ao nível das aves, a altura de 0,20 m da cama. Para o monitoramento da velocidade do ar ao nível das aves foi utilizado um anemômetro digital.

3.3.3 Descrição do algoritmo

Foram descritos dois algoritmos para contagem de frangos na região do comedouro. A linguagem de programação SciLab foi utilizada para o processamento das imagens, que inclui as etapas de segmentação, extração de características (descritores), representação por meio de uma estrutura de dados adequada ao algoritmo de reconhecimento, bem como o reconhecimento e interpretação dos dados em relação ao bem-estar animal.

O objeto de interesse era constituído pelos frangos e o “fundo” da imagem incluía os comedouros e o piso de “cama”. Os comedouros e tubulações foram processados e estabelecidos como padrão, sendo denominados *a priori* como constantes da imagem (Figura 4).



Figura 4. Constantes da imagem - comedouros.

3.3.4 Segmentação

O princípio de linearização foi usado na presente pesquisa, que consiste em separar regiões de uma imagem quando esta apresenta duas classes (o fundo e o objeto), produzindo uma imagem binária. Esta etapa consiste na partição do histograma, convertendo os *pixels* cujo tom de cinza é maior ou igual a certo limiar, em branco e os demais em preto. Nas imagens binárias, as aves serão representadas com *pixels* de valor unitário, e todo o resto dos constituintes da imagem foi representado com *pixels* de valor zero (GONZALES e WOODS, 1992).

Foi utilizado o “Método de Bayes” para proceder a limiarização (GONZALES e WOODS, 1992), estimado por meio das equações (2), (3), (4), (5) e (6). O “Método de Bayes” possibilita a determinação do limiar que minimiza o erro de classificação (limiar ótimo). Nas imagens binárias, as aves foram representadas com *pixels* de valor unitário, e todo o resto dos constituintes da imagem foi representado com *pixels* de valor zero.

$$AT^2 + BT + C = 0 \quad (2)$$

em que:

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2 \quad (3)$$

$$B = 2(\mu_1\sigma_1^2 - \mu_2\sigma_2^2) \quad (4)$$

$$C = \mu_1\sigma_1^2 - \mu_2\sigma_2^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2 \ln\left(\frac{\sigma_2 P_1}{\sigma_1 P_2}\right) \quad (5)$$

ocorrendo um único limiar,

$$T = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1 - \mu_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (6)$$

Se $\sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$

Em que:

T = valor de limiar ótimo

μ_1 e μ_2 = valores médios dos dois níveis de cinza

σ_1 e σ_2 = desvios padrão em torno das médias

P_1 e P_2 = probabilidade *a priori* dos dois níveis de cinza

De acordo com a equação (7) e (8) (GONZALEZ E WOODS, 1992) foi utilizada a convolução centralizada segundo a qual a entrada e a saída dos vetores são centralizados, com relação ao outro, com contorno externo $G(j,k)$ de espessura $(L-1)/2$ pixels ajustado a zero.

A imagem resultante da função $G(j,k)$ da filtragem espacial pode ser formada pela convolução discreta de uma imagem de entrada $F(j,k)$ com $L \times L$ impulsos de resposta $H(j,k)$ de acordo com relação:

$$G(j,k) = \sum_j \sum_k F(m,n)H(m+j+C,n+k+C) \quad (7)$$

$$C = \frac{(L+1)}{2} \quad (8)$$

enquanto m,n vetor para $1, \dots, N$

O ruído foi removido por um filtro H da forma passa baixa com uma matriz 3×3 , dada pela equação 9:

$$H = \frac{1}{12} L \times L \quad (9)$$

$$\text{onde } L \times L = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Foram desenvolvidas duas metodologias para avaliar a competição no comedouro, onde se avaliou a competição relativa e a competição efetiva. A competição relativa foi determinada com base no total de pixels referente à área superficial do corpo dos animais que se encontravam próximo a região do comedouro. A competição efetiva foi determinada com base no total de pixels referente à área superficial da cabeça dos animais que se encontrava dentro do comedouro.

3.3.5 Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC)

O número de aves próximas aos comedouros, que podem indicar o interesse ou disputa por alimento, foi chamado índice de competição relativa no comedouro (ICRC).

O fluxograma usado para determinação do ICRC está apresentado na Figura 5.

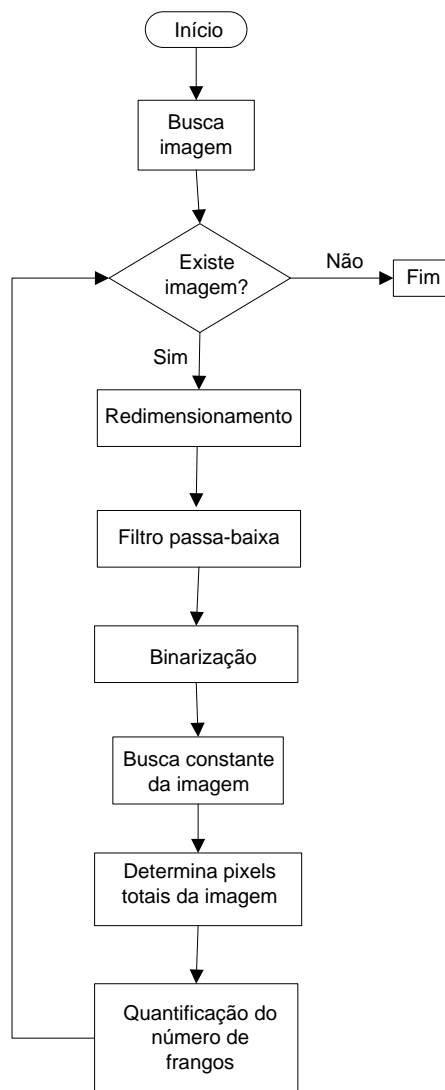


Figura 5. Fluxograma do processamento para determinação do ICRC.

O algoritmo iniciou pela leitura do objeto de interesse (frangos) e do fundo nas imagens arquivadas. As imagens foram redimensionadas, filtradas e binarizadas para facilitar o processamento (Figuras 6, 7 e 8). Para remover ruídos e suavizar pequenas discontinuidades em linhas e substituir o valor do pixel pelo valor médio de sua vizinhança foi usado um filtro passa-baixa (matriz 3 x 3).

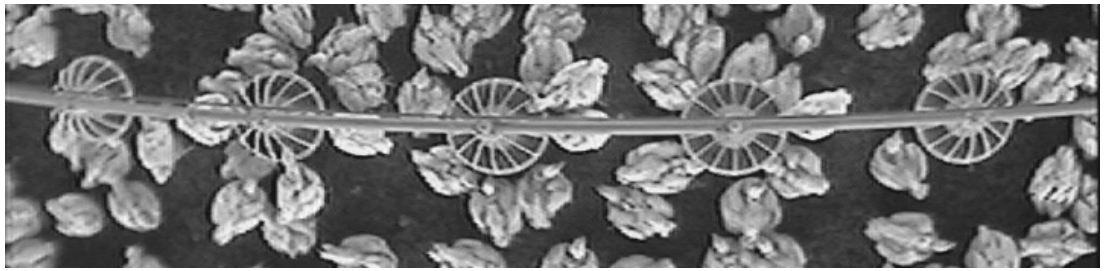


Figura 6. Imagem redimensionalizada (170x720 pixels).

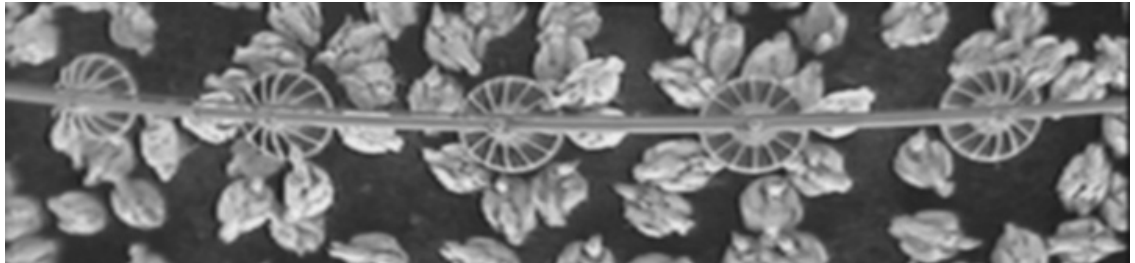


Figura 7. Imagem filtrada (filtro passa-baixa).



Figura 8. Imagem binarizada final.

Para determinação do ICRC na região dos comedouros foi feita a contagem binária de pixels de uma ave (Figura 9), de acordo com a Equação 10:

$$N \text{ frangos} = \frac{PT - C}{PF} \quad (10)$$

Onde: N frangos=número de frangos na região do comedouro; PT= número de pixels totais que representa a região do comedouro; C= número de pixels representando comedouros e tubulações; PF= número de pixels na representação de um frango na área do comedouro.

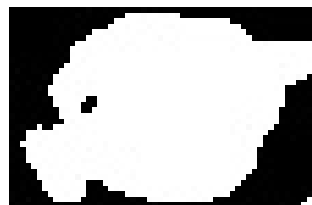


Figura 9. Imagem binarizada representando um frango.

3.3.6 Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC)

Para determinação do Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC) foi desenvolvido um algoritmo para identificar o número de cabeças no interior do comedouro.

Com base nas características morfológicas das imagens, foram selecionados 3 comedouros (repetições) em cada imagem, referentes aos tratamentos com e sem aspersão. Cada comedouro era constituído de 14 subdivisões, das quais 8 foram selecionadas para análise. As demais, por motivo de padronização foram descartadas, sendo duas devido à impossibilidade de visualização devido ao cano de distribuição de ração, e outras quatro por motivo de obstrução física no tratamento SA (Figura 10).

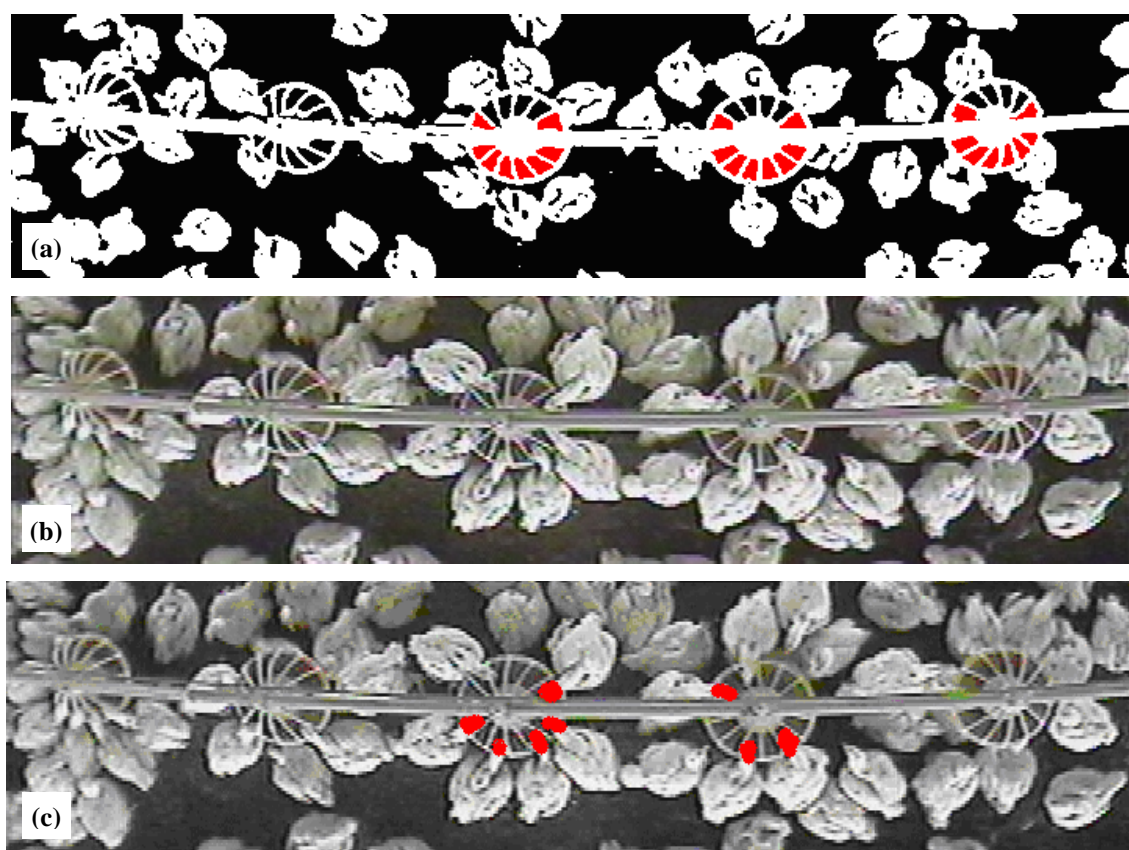


Figura 10. Comedouros e respectivas partições usadas para avaliação do ICEC (a) Imagem dos frangos com cabeça no interior dos comedouros (b) Identificação dos frangos pelo algoritmo (c).

O algoritmo para determinação do ICEC iniciava de maneira análoga ao algoritmo para determinação do ICRC, descrito anteriormente. Após a etapa de redimensionamento, retiradas de ruídos pela passagem de filtro visando melhorar a qualidade da imagem e segmentação, a etapa subsequente foi a avaliação das partições do comedouro que estavam ocupadas pelos frangos. A partir das partições foram criados

8 padrões, utilizados pelo algoritmo para determinar a frequência efetiva das aves no comedouro.

O fluxograma usado para determinação do ICEC está apresentado na Figura 11.

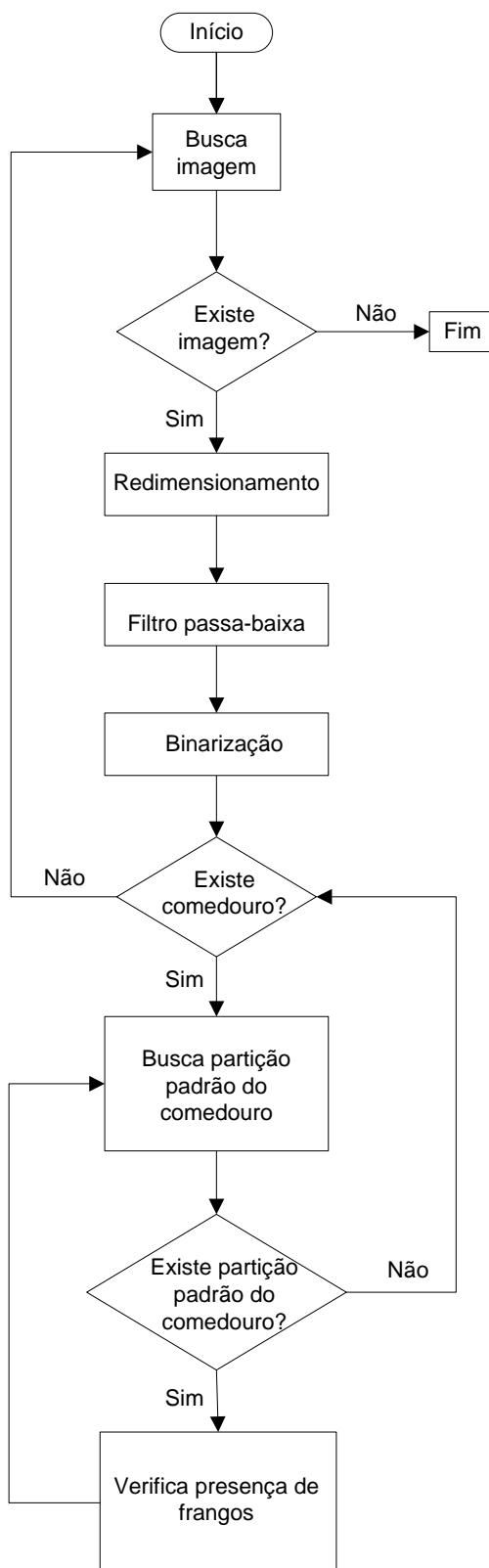


Figura 11. Fluxograma usado para determinação do ICEC.

3.3.7 Comportamento das aves submetidas a diferentes programas de luz

Para verificar a viabilidade do uso de das imagens capturadas durante o período noturno e avaliar a influência de diferentes programas de luz no comportamento noturno nas últimas semanas de vida das aves, nos Tratamentos CA e SA, foi usado o mesmo algoritmo desenvolvido para identificação do comportamento diurno.

Nesta etapa do trabalho, os Tratamentos CA e SA foram avaliados separadamente, uma vez que as aves foram criadas em ambientes com diferentes sistemas de arrefecimento térmico e diferentes programas de luz.

Foi utilizado diferentes programas de luz entre os tratamentos com aspersão (CA) e sem aspersão (SA) sobre a cobertura dos aviários, de acordo com a Tabela 2. O programa de luz utilizado no aviário com aspersão, na quarta semana, mantinha o sistema de iluminação ligado das 20:00 às 21:07 horas e depois das 2:47 às 5:00 horas; e na quinta semana, das 20:00 às 21:13 horas e depois das 1:42 às 5:00 horas.

No aviário sem aspersão, o programa de luz utilizado na quarta e quinta semanas mantinha o sistema de iluminação ligado das 20:00 às 20:07 horas e depois das 00:20 às 5:00 horas.

Tabela 2. Programas de luz adotados nos Tratamentos CA e SA

DIA	CA	SA
17	20:00–21:07 / 2:47-5:00	
18	20:00–21:07 / 2:36-5:00	20:00–20:07 / 00:20-5:00
19	20:00–21:07 / 2:36-5:00	20:00–20:07 / 00:20-5:00
20	20:00–21:07 / 2:36-5:00	20:00–20:07 / 00:20-5:00
23	20:00–21:13 / 1:42-5:00	20:00–20:07 / 00:20-5:00
25	20:00–21:13 / 1:42-5:00	20:00–20:07 / 00:20-5:00
28	20:00–21:13 / 1:42-5:00	20:00–20:07 / 00:20-5:00
31	20:00–21:13 / 1:42-5:00	

Foram selecionadas as imagens coletadas de minuto a minuto onde não houve influência externa, tal como a presença de pessoas no interior do galpão.

3.3.8 Validação

Para validação dos algoritmos, utilizaram-se as imagens do dia característico de maior temperatura máxima do ar externo, visando caracterizar o efeito dos diferentes

sistemas de arrefecimento no ambiente térmico no interior da instalação. Desta maneira, foram selecionadas 36 imagens, a cada 15 minutos, referentes ao período em que o sistema de aspersão estava em funcionamento (9 às 18 horas). A validação foi feita com base na contagem visual das aves por 3 observadores distintos.

3.3.9 Desempenho zootécnico

Os resultados da análise de imagem foram discutidos com base nos seguintes índices de desempenho zootécnico: taxa de mortalidade total (M %), mortalidade diária, consumo de ração (CR), ganho de peso corporal (GPD) e conversão alimentar (CA).

Foram tomadas como medidas de desempenho o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade, seguindo metodologias descritas por Araújo et al., (2002).

O peso médio foi obtido através da razão entre o peso vivo do lote e número de frangos retirados. O consumo médio de ração foi obtido pela razão entre a quantidade total de ração consumida e o número de frangos retirados. A conversão alimentar foi obtida pela relação entre o consumo de ração (kg) durante a fase experimental e o peso vivo do lote na retirada (kg). A viabilidade (%) foi obtida através da razão entre o número de frangos retirados e número de frangos recebidos multiplicado por 100 (LIMA, 2005).

A mortalidade em cada granja, no período de estudo, foi obtida através da equação usual do manejo da avicultura, expressa em porcentagem (Equação 11):

$$\text{Mortalidade}(\%) = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de aves mortas}}{\text{n}^{\circ} \text{ de pintos de 1 dia recebidos}} \cdot 100 \quad (11)$$

O registro da mortalidade diária era feito no dia do evento, retirando-se a ave morta assim que encontrada.

A conversão alimentar ao final de cada lote de produção foi obtida por meio da Equação 12:

$$\text{CA} = \frac{\text{Total de kg de ração consumida}}{\text{Total de kg de frangos vivos vendidos}} \quad (12)$$

O ganho de peso diário ao final de cada lote em cada sistema de produção foi obtido por meio da Equação 13:

$$\text{GPD} = \frac{\text{Peso médio dos frangos (kg)}}{\text{Idade dos frangos (dia)}} \quad (13)$$

O consumo médio de ração foi determinado dividindo-se o consumo de ração durante a produção pelo número de aves alojadas nas granjas A e B respectivamente no período estudado.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Determinação do Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC)

O Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC) que representa a estimativa do número de aves, em média, na região do comedouro nos tratamentos com aspersão (CA) e sem aspersão (SA) sobre a cobertura dos aviários, no dia com maiores temperaturas máximas externas está apresentado na Figura 12.

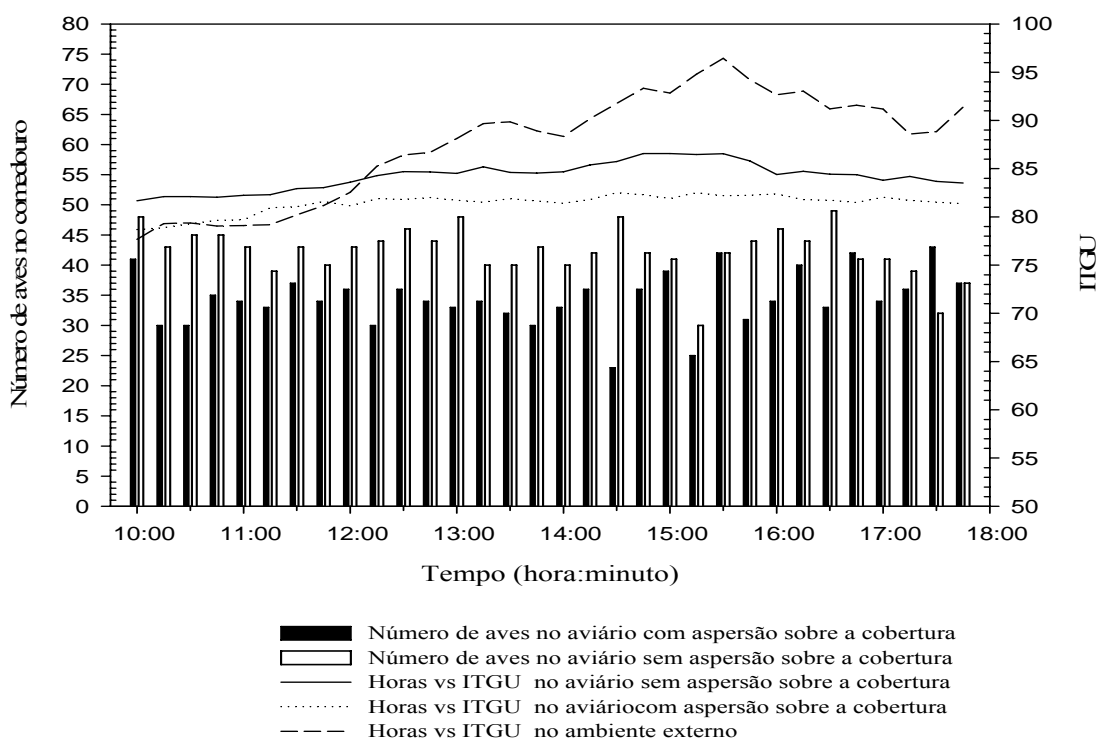


Figura 12. Relação entre Índice de Competição Relativa no Comedouro (ICRC) e o ITGU.

O ICRC mostrou que havia um maior número de frangos na região do comedouro no tratamento SA (42 frangos) em relação ao tratamento CA (34 frangos em média), apesar dos valores de ITGU no tratamento SA permanecerem superiores aos do tratamento CA no dia com maiores temperaturas máximas do ar externo.

Os menores valores de ICRC ocorreram às 14:30 h (23 aves) e 15:15 h (25 aves) no tratamento com aspersão e, no tratamento sem aspersão, às 10:00 h (48 aves), 13:00 h (48 aves), 14:30 h (48 aves) e 16:30 h (49 aves).

Os valores de ITGU situaram-se entre 80 e 85, indicando condição de estresse calórico em ambos os tratamentos. O tratamento SA apresentou uma diferença máxima de 5 unidades de ITGU em relação ao tratamento CA, às 15:00 horas. Entretanto,

observou-se que esta situação não resultou no aumento do número de aves na região do comedouro, verificada por menores valores de ICRC no tratamento CA.

Foi detectado um número maior de aves na região do comedouro no Tratamento CA, no qual foram registrados os menores valores de ITGU, em relação ao Tratamento SA. Isto pode ter ocorrido devido aos valores próximos de ITGU em ambos os tratamentos, que não proporcionaram diferença significativa no comportamento alimentar das aves. Entretanto, este fato não pode ser explicado isoladamente, uma vez que o efeito do estresse ambiental se reflete não apenas sobre o consumo voluntário, mas também nas taxas de sobrevivência e de desempenho final de frangos de corte (GONZALES et al., 1990; DAGHIR, 1995; LANA et al., 2000; LIMA, 2005; e OLIVEIRA et al., 2006).

De acordo com Oliveira et al. (2006), a faixa de ITGU que favorece o consumo alimentar, ganho de peso e desempenho animal dos frangos, dos 22 aos 42 dias, em condições controladas (câmara climática), situa-se entre $69,8 \pm 0,95$. Outros autores (PEREIRA 2006; MORAES, 2002 e TINÔCO, 1988) sugerem que o limite máximo da faixa de conforto térmico de ITGU, em galpões avícolas para frangos de corte, de 21 a 42 dias de idade, é igual a 76,0 a partir destes valores as aves entra em estado inicial de estresse calórico.

O método de quantificação do número de aves na região do comedouro por meio da determinação do ICRC apresentou-se como um método prático, não invasivo e reduziu a influência do efeito do agrupamento das aves na imagem, relatada por Figueiredo et al., (2003), em trabalho sobre o desenvolvimento de algoritmo para determinação do comportamento de frangos de corte em instalações comerciais. Entretanto, incorreram em alguns questionamentos a respeito da quantidade de frangos que estavam, de fato, se alimentando, pois muitos deles estavam apenas deitados ao redor dos comedouros.

Outro fator que pode ter influenciado o resultado é o intervalo de 15 minutos entre as imagens, que pode ter desfavorecido a avaliação do comportamento das aves, pois o período de permanência no comedouro é variável, conforme pode ser verificado em pesquisas recentes. Em trabalho desenvolvido por Bizeray et al. (2002) sobre a influência do uso de poleiros e trigo para estímulo ao comportamento forrageiro de frangos de corte foram feitas observações comportamentais de 3 minutos, das 8:00 às 15:00 h, durante 3 dias por semana, da primeira à sexta semana de vida das aves, pelo mesmo observador.

Pereira et al. (2005) adotaram metodologia semelhante a utilizada no presente trabalho para verificação da reação comportamental de matrizes pesadas por um período contínuo de observação de 15 minutos pela manhã e 15 minutos à tarde, durante 3 dias. Sevegnani et al. (2005) observaram imagens gravadas por 2 períodos, de 1 hora cada um, para avaliar o comportamento alimentar da mesma ave, durante 16 dias, situações de estresse em câmara climática. Em ambos os casos, fato do mesmo observador ser responsável pela avaliação do comportamento e movimento das aves limitou o número de imagens avaliadas e estavam sujeitos à subjetividade do método, além de ser cansativo para o observador.

3.4.2 Determinação do Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC)

A determinação do Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC), ou seja, o número de aves que estavam com a cabeça dentro do comedouro no instante da observação usando intervalos de 5 minutos entre as imagens, referentes a 6 dias de observação, possibilitaram uma maior confiabilidade dos resultados por meio da análise de imagens.

Os resultados apresentados na Figura 13 revelam que, em média, o ICEC foi maior no tratamento SA (0,425), às 15:30, em relação ao tratamento CA (0,358), às 15:05. No tratamento SA, o valor máximo do ICEC foi de 0,725, às 15:30, e de 0,517, às 15:05 no tratamento CA.

Observou-se que o comportamento alimentar das aves apresentou-se irregular ao longo de tempo, em ambos os tratamentos. Não foi verificada a existência de relação direta entre o ITGU e o número de aves no comedouro, pois no período entre as 12 e 16 horas, caracterizados pelos maiores valores de ITGU (entre 80 e 85), o número de aves no comedouro não reduziu em relação aos demais horários.

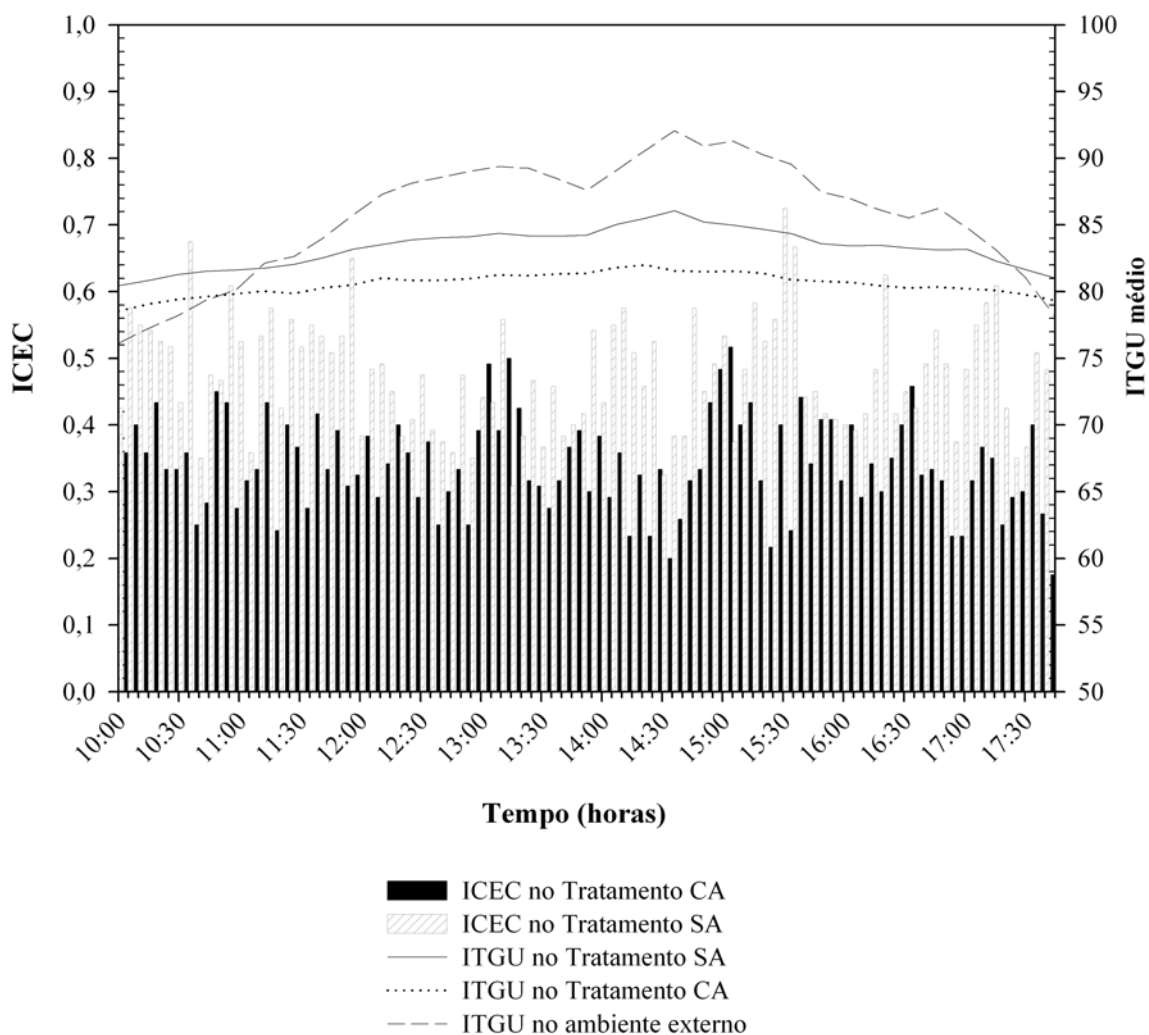
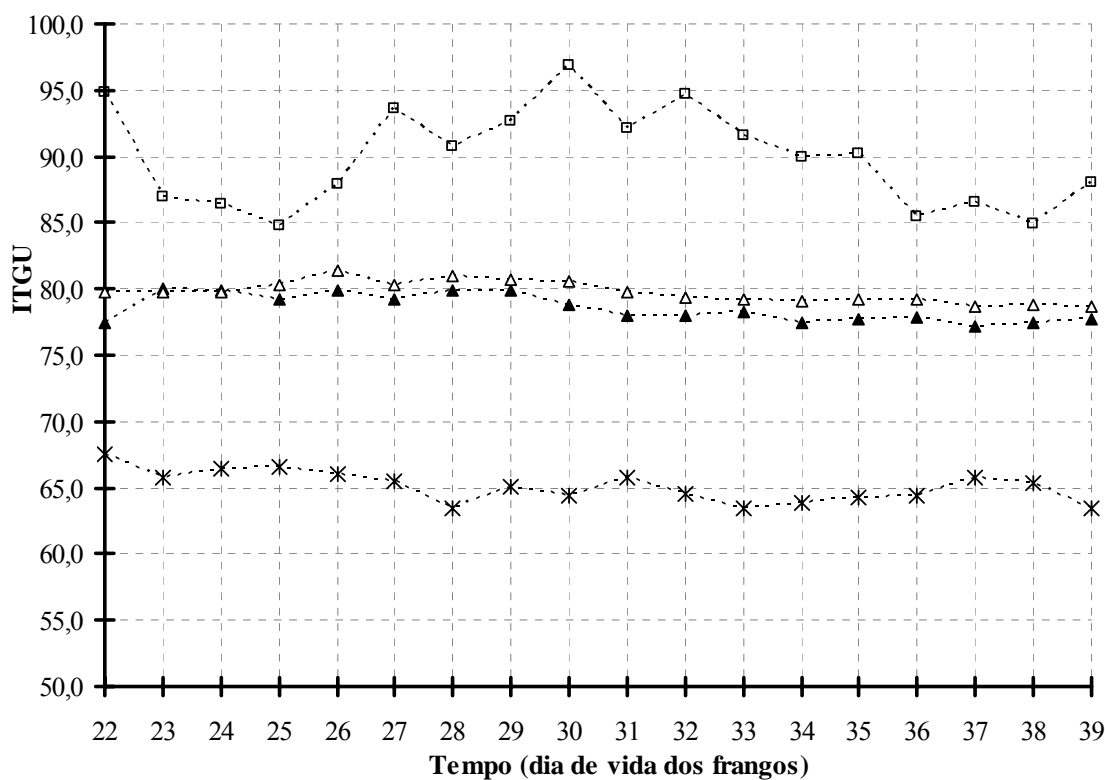


Figura 13. Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC) e valores médios horários de ITGU nos Tratamentos CA e SA durante todo o período experimental.

A análise dos valores do ITGU médio diário revela uma estreita diferença entre os Tratamentos CA e SA, entre 10 e 18 horas (Figura 14). Os valores de ITGU máximo e mínimo diário no ambiente externo mostram que, apesar da amplitude térmica ao longo dos dias, os valores de ITGU no interior dos aviários apresentaram comportamento similar em ambos os tratamentos. Estes resultados indicam que as aves estavam sujeitas à condições ambientais similares.



- ▲--- ITGU médio diário no Tratamento CA
- △--- ITGU médio diário no Tratamento SA
- ITGU máximo diário no ambiente externo
- *--- ITGU mínimo diário no ambiente externo

Figura 14. Valores médios diários de ITGU nos Tratamentos CA e SA durante todo o período experimental.

Considerando que o estresse térmico induz efeito negativo não somente sobre o comportamento alimentar, mas também sobre o desempenho produtivo de aves de corte criadas em granjas comerciais afetando o custo energético dos ajustes fisiológicos, os índices de desempenho zootécnico (conversão alimentar, ganho de peso diário, consumo de ração, conversão alimentar, a taxa de mortalidade e a mortalidade diária) podem ser indicativos desses efeitos sobre bem-estar dos frangos.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados dos índices médios de desempenho zootécnico das aves submetidas aos tratamentos com e sem aspensão sobre a cobertura.

Tabela 3. Índices de desempenho zootécnico

Tratamento	Consumo de ração médio em cada aviário (kg)	Conversão alimentar	Mortalidade (%)
SA	112.112,5	1,976	5,55
CA	109.400	1,853	4,50

Verificou-se que, embora o consumo alimentar no Tratamento SA (112.112,5 kg) tenha sido superior ao Tratamento CA (109.400 kg), a conversão alimentar e a mortalidade foram piores, indicando que o uso da aspersão sobre a cobertura influenciou positivamente o desempenho produtivo das aves.

O maior valor de consumo alimentar no Tratamento SA em relação ao Tratamento CA proporcionou maior consistência ao resultado encontrado na análise de imagens, que revelou um maior número de aves se alimentando no Tratamento SA. Este fato contraria muitos trabalhos que afirmam que, em condições de estresse térmico, as aves reduzem o consumo alimentar buscando reduzir o incremento calórico (GONZALES et al., 1990; DAGHIR, 1995; MOURA, 2001; OLIVEIRA, 2006; SEVEGNANI et al., 2005).

Os resultados de conversão alimentar média dos lotes de frangos desse estudo indicam que os animais pertencentes ao Tratamento SA tiveram pior desempenho (1,976) em relação aos do Tratamento CA (1,853). Este fato pode estar relacionado às maiores temperaturas no Tratamento SA, pois, apesar de consumirem maior quantidade de ração, a eficiência das aves em converter o alimento em massa corporal foi prejudicada e o gasto de energia para combater o estresse foi maior.

Valores próximos a estes foram encontrados por Lima (2005), cuja conversão alimentar de frangos criados em granjas comerciais convencionais foi de 1,97. Em condições experimentais, o valor de conversão alimentar da linhagem Cobb de 1 a 44 dias de idade detectado por Stringhini et al. (2003) foi de 1,713. Lana et al. (2001) detectou valor de conversão alimentar entre 1,90 e 1,91 para aves de 1 a 42 dias de vida, criadas numa densidade de 16 aves por m², condição semelhante à adotada no presente trabalho.

Costa (2002) afirma que temperaturas acima da faixa de conforto térmico reduzem o consumo de alimento, prejudicando o desempenho dos frangos, enquanto as baixas temperaturas podem melhorar seu ganho de peso, à custa de elevada conversão alimentar. Isto ocorre porque, quando as aves reduzem o consumo alimentar buscando reduzir o incremento calórico passam a utilizar a gordura corporal como fonte de

energia. Desta maneira, os níveis mais baixos de ingestão de alimento promovem a redução do consumo ideal de nutrientes afetando diretamente a produtividade do lote, culminando numa redução do ganho de peso das aves (MOURA, 2001).

A elevada taxa de mortalidade (5,55 %) no tratamento SA pode ter contribuído para reduzir a competição por alimento devido à menor densidade de aves em relação ao tratamento CA, cuja taxa de mortalidade foi de 4,50 %. No Brasil, onde a tecnologia avícola está dentro dos padrões dos principais países produtores, podem ser esperadas perdas de 2 a 3% na produção devido às síndromes metabólicas, valor que corresponde à média mundial. Gonzáles et al. (2001), estudando a incidência de mortalidade atribuída a síndromes metabólicas em 450 granjas de frangos de corte das linhagens *Cobb*, *Ross* e *Hubbard*, abrangendo uma população total de 4.557.039 aves, detectou um índice de mortalidade de 4,8% do total de frangos criados.

Na Figura 15 encontram-se representadas graficamente a mortalidade diária e a mortalidade total das aves para o Tratamento CA e SA.

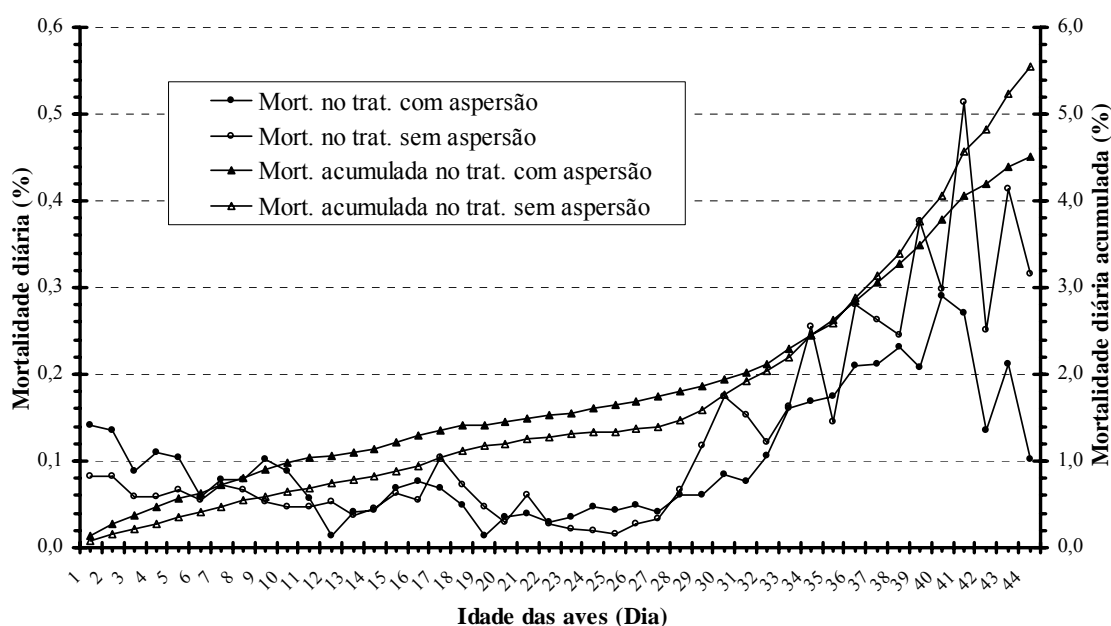


Figura 15. Mortalidade das aves diária e acumulada nos Tratamentos CA e SA.

Observou-se que a mortalidade no tratamento sem aspersão sobre a cobertura foi superior ao observado no tratamento com aspersão. Infere-se que o sistema de aspersão sobre a cobertura, ao melhorar o ambiente térmico no interior dos aviários, contribuiu na diminuição da mortalidade. A redução da mortalidade no período final de vida das aves é muito importante, uma vez que até esta fase já ocorreu grande consumo de ração,

energia elétrica, medicamento, e até mesmo mão de obra com manejo tornando os prejuízos ainda maiores.

Embora a taxa de mortalidade afete o custo final do lote, o valor da mesma é relativo. Quando a mortalidade é precoce, ela afeta apenas 15 % do custo final (apenas o custo dos pintinhos); quando ela é tardia, já é levada em conta no índice de conversão alimentar, uma vez que as aves mortas não compõem o peso final do lote e a ração consumida por elas é contabilizada (MENDES e PATRÍCIO, 2004).

3.4.3 Avaliação do comportamento noturno

Os resultados da avaliação do comportamento alimentar das aves submetidas a diferentes programas de luz usando o algoritmo para determinação do ICEC estão representados a seguir.

O programa de luz utilizado no Tratamento CA na quinta semana de vida das aves resultou num valor de ICEC entre 0,2 a 0,3 no período entre 20 e 21 horas, enquanto que, no período entre 2h43min às 5h os valores de ICEC aumentaram consideravelmente, situando-se entre 0,6 e 0,7. Isto significa que as aves aumentaram o consumo de alimento após o período de escuro (21h07min – 02h42min) (Figura 16).

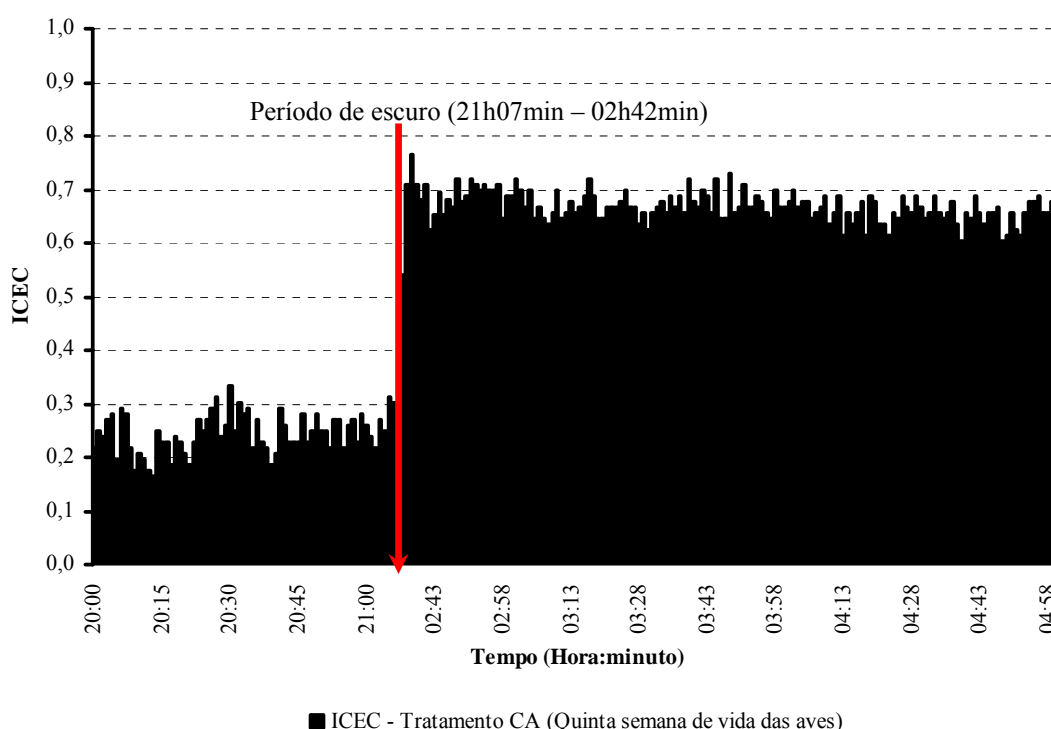


Figura 16. Efeito do programa de luz no comportamento alimentar de frangos de corte no Tratamento CA, na quinta semana de vida.

Na sexta semana de vida das aves, quando houve aumento do período de luz em 1 hora, observaram-se valores de ICEC inferiores a 0,2 das 20h às 21h, indicando que a

freqüência de aves nos comedouros reduziu em relação à quinta semana. Durante a madrugada, os valores de ICEC situaram-se entre 0,45 e 0,6, aproximadamente, sendo que até as 2h30min foram registrados os maiores valores. Os resultados do comportamento das aves submetidas ao programa de luz no Tratamento CA na sexta semana de vida das aves está apresentado na Figura 17.

Diversos programas de luz contínua e intermitente têm sido propostos na criação de frangos de corte com o intuito de aumentar o consumo de ração e ganho de peso (Abreu et al., 2006). Entretanto, os programas adotados devem respeitar o descanso fisiológico e controlar o crescimento durante a fase crítica sem detrimento da performance econômica.

A menor freqüência de aves nos comedouros na primeira fase do programa de luz, entre 20 e 21 horas, verificada nas Figuras 17 e 18, pode estar relacionada ao cansaço físico das aves devido à ausência de período de escuridão desde o entardecer. Esta hipótese torna-se relevante uma vez que houve um aumento significativo da freqüência de aves no comedouro após o período de aproximadamente 5 horas na quinta semana e 6 horas na sexta semana de vida das aves no Tratamento CA.

O Protocolo de Boas Práticas na Produção Animal sugere que todas as aves criadas sob luz artificial devem ter o período de escuro de pelo menos 4 horas a cada 24 horas (UBA, 2008).

Os resultados encontrados pelo algoritmo para determinação do ICEC revelam que o comportamento alimentar dos frangos foi influenciado pelo programa de luz. No Tratamento CA, os valores de ICEC indicam que os frangos consumiram mais ração na quinta semana em relação à sexta semana de vida.

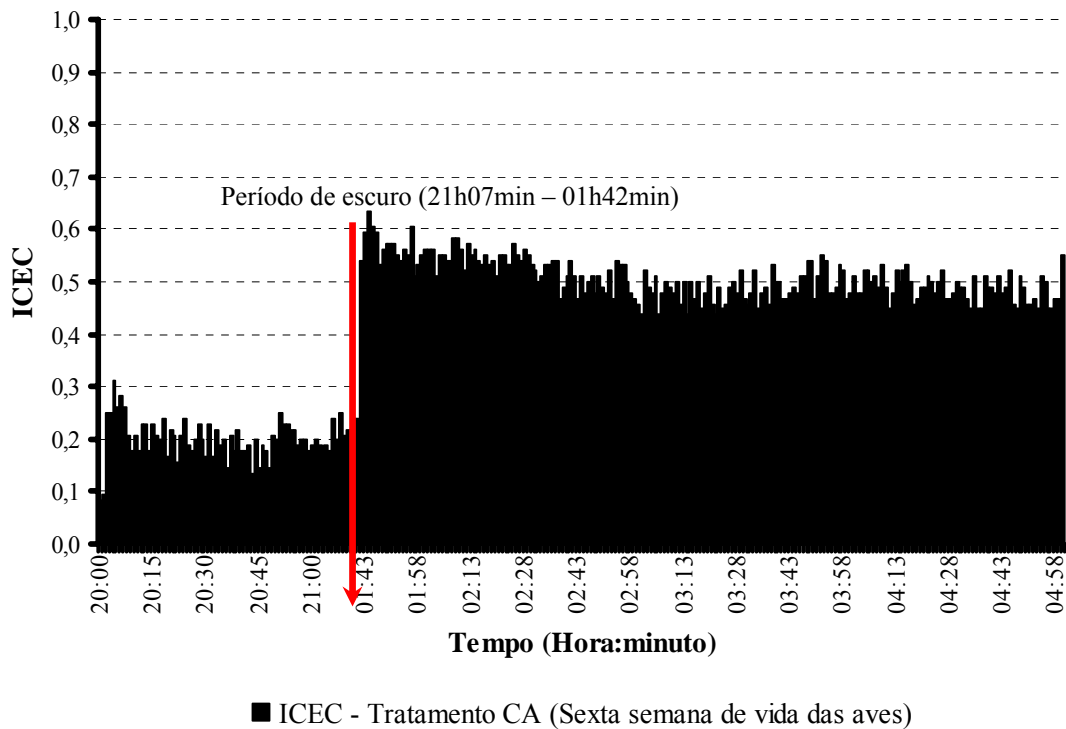


Figura 17. Efeito do programa de luz no comportamento alimentar de frangos de corte no Tratamento CA, na sexta semana de vida.

Abreu et al. (2006) relatou que o programa de luz constituído de 23h luz: 1h escuro obteve os melhores resultados de peso vivo e conversão alimentar em relação ao programa de luz intermitente (16h luz: 2h escuro: 1h luz :2h escuro :1h luz : 2h escuro), porém esse programa propiciou aumento de morte súbita e mortalidade.

Oliveira et al. (2006) adotando período de luz contínuo, verificou que as aves mantidas no calor apresentaram redução média de 22% no consumo de ração, que equivale a um decréscimo médio de 2,2% ou 111 g de ração, por grau centígrado de elevação da temperatura ambiente, em relação às aves alojadas no ambiente de conforto.

Os resultados do efeito do programa de luz no Tratamento SA estão apresentados na Figura 18. Os valores de ICEC foram semelhantes aos valores diurnos, sendo que os valores mínimos encontrados foram pouco maiores, situando-se próximos de 0,3. Este resultado indica que o programa de luz contínuo usado no Tratamento SA não proporcionou o aumento da freqüência de aves no comedouro, possivelmente devido ao estresse causado pela falta período de descanso.

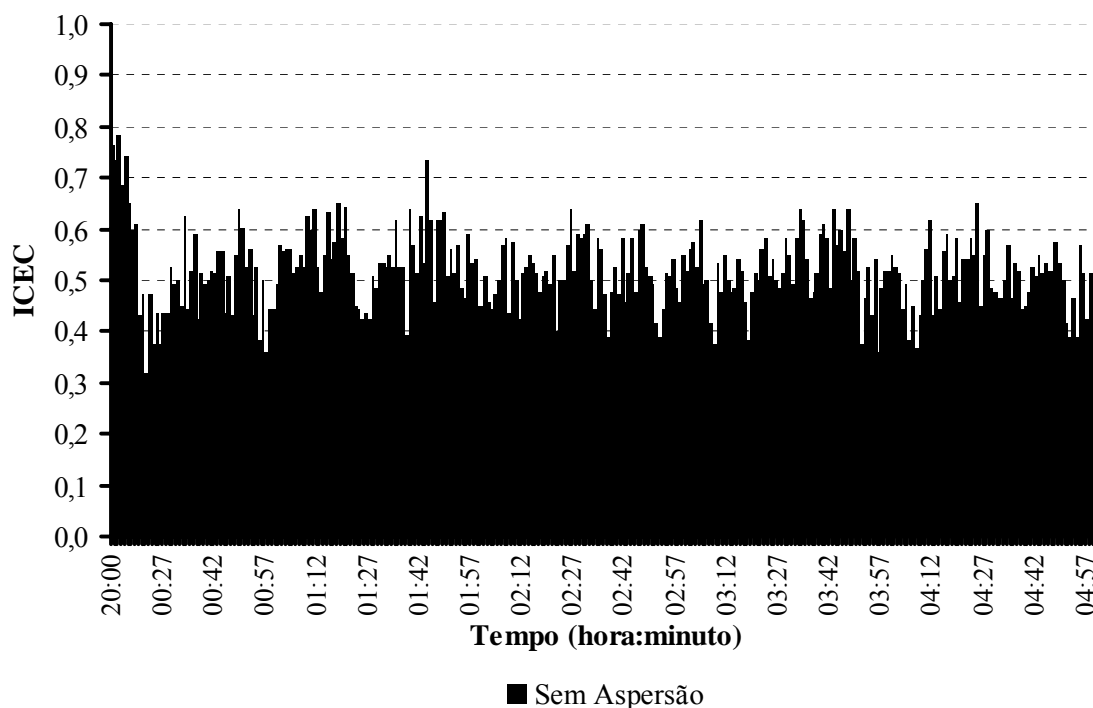


Figura 18. Efeito do programa de luz no comportamento alimentar de frangos de corte no Tratamento SA.

Comparando-se os resultados do comportamento alimentar das aves no Tratamento CA com os resultados do Tratamento SA, percebe-se que no Tratamento CA as aves apresentaram um comportamento regular, definido por limites estreitos de variação do ICEC, enquanto que Tratamento SA foi caracterizado por picos de ICEC e uma grande amplitude de valores de ICEC.

De maneira geral, quando os valores de ICEC durante a noite foram comparados com os valores diurnos, observou-se que o período noturno foi caracterizado por uma baixa frequência de aves entre 20h e 21h, seguido por um aumento significativo durante a madrugada em ambos os tratamentos. Este fato pode ter sido ocasionado pelo conforto térmico no interior da instalação, caracterizado por valores de ITGU situados entre 77 e 80 nos Tratamentos CA e SA, enquanto que o ambiente externo apresentou valores decrescentes durante o período observado. (Figura 19).

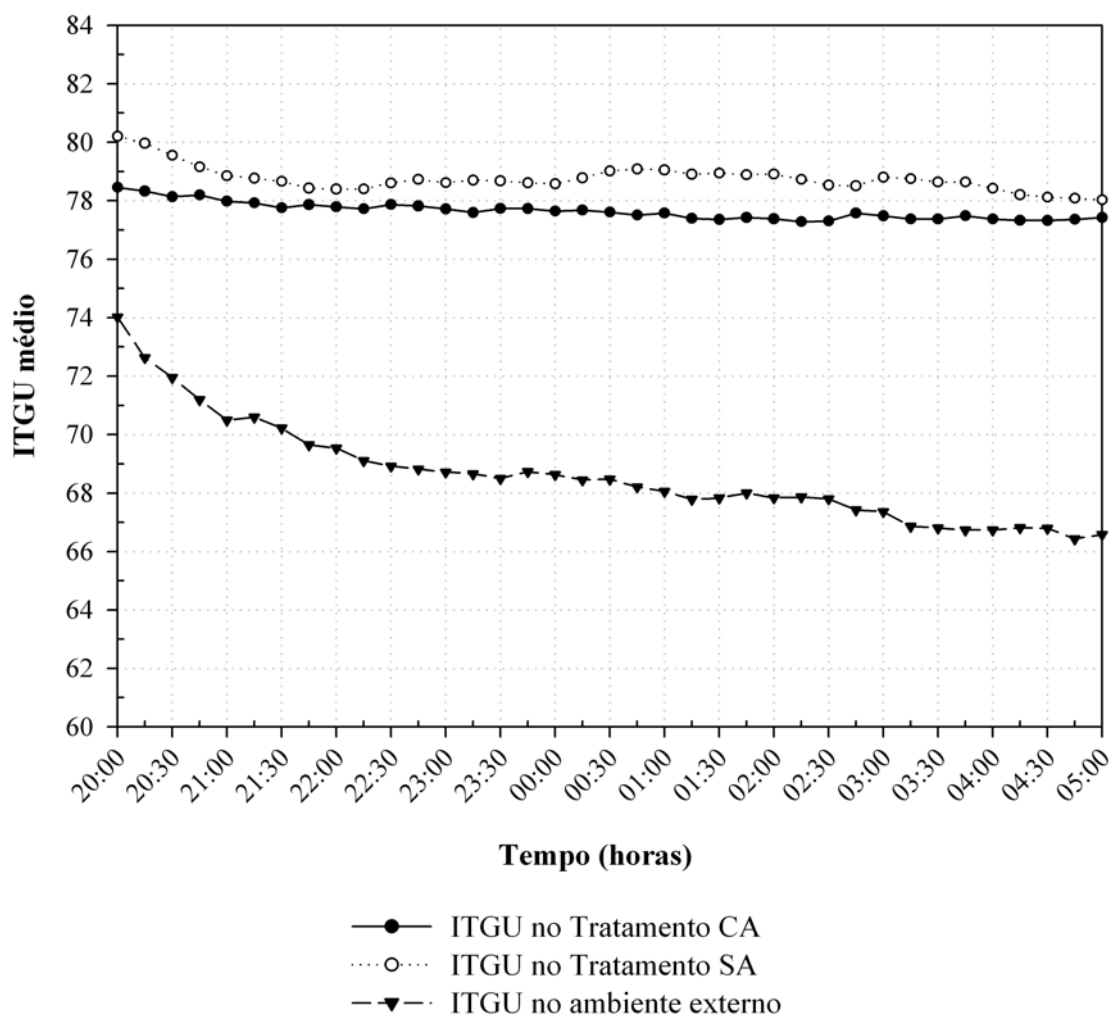


Figura 19. Valores médios horários de ITGU nos Tratamentos CA e SA e no ambiente externo durante todo o período noturno.

A taxa de mortalidade também pode estar associada aos diferentes programas de luz adotados nos Tratamentos CA e SA. Marcolin et al. (2008) concluíram que o programa de luz contínua (24 horas de luz) causaram maior índice de mortalidade em relação ao programa de luz intermitente (2 horas acessa e 15 minutos apagada) para a linhagem *Cobb*.

A avaliação do comportamento noturno por análise digital de imagens pode ser uma ferramenta para determinar a influência do programa de luz no comportamento dos frangos de corte. No entanto, ressalta-se a importância de registrar os valores de iluminância, pois, de acordo com os resultados encontrados por Figueiredo et al. (2003), o nível de iluminação interfere no desempenho do algoritmo.

3.4.3 Avaliação do desempenho do algoritmo

Para avaliar o desempenho do algoritmo foram usadas 32 imagens obtidas a cada 15 minutos, das 10 às 18 horas, no dia com máximas temperaturas do ar externo. A contagem do número de aves com a cabeça dentro do comedouro, denominada Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC), foi comparada à contagem manual de aves com a cabeça no comedouro por meio de análise visual por observador treinado. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Desempenho do algoritmo para determinação do ICEC, de acordo com a porcentagem de erro

Análise visual	Algoritmo	Erro Absoluto	Erro Percentual
1	1	0	0,0
11	11	0	0,0
8	6	2	25,0
4	3	1	25,0
1	2	1	50,0
6	8	2	25,0
7	10	3	30,0
2	2	0	0,0
2	1	1	50,0
1	1	0	0,0
1	1	0	0,0
0	0	0	0,0
1	1	0	0,0
6	5	1	16,7
2	2	0	0,0
4	4	0	0,0
0	0	0	0,0
4	6	2	33,3
10	7	3	30,0
2	2	0	0,0
1	1	0	0,0
0	0	0	0,0
7	16	9	56,3
4	4	0	0,0
1	1	0	0,0
5	5	0	0,0
3	3	0	0,0
5	7	2	28,6
1	1	0	0,0
4	4	0	0,0
1	1	0	0,0
5	5	0	0,0
Média		0,84	11,6

Houve um erro percentual de 11,6 % entre a classificação visual e aquela feita pelo algoritmo, mostrando que a frequência efetiva das aves no comedouro por meio da

determinação do número de partições ocupadas (ICEC) mostrou-se como um parâmetro objetivo que pode ser utilizado para as mais diversas funções. Este tipo de análise permitiu eliminar a influência da aglomeração de aves na classificação do algoritmo desenvolvido por Figueiredo et al. (2003), cujo erro percentual na determinação do comportamento alimentar foi de 8.8 %.

A relação entre o ICEC visual, resultante da classificação feita pelo observador e o ICEC computacional, resultante do algoritmo foi caracterizada por um processo linear, uma vez que o coeficiente de determinação foi de 0,8597 (Figura 20).

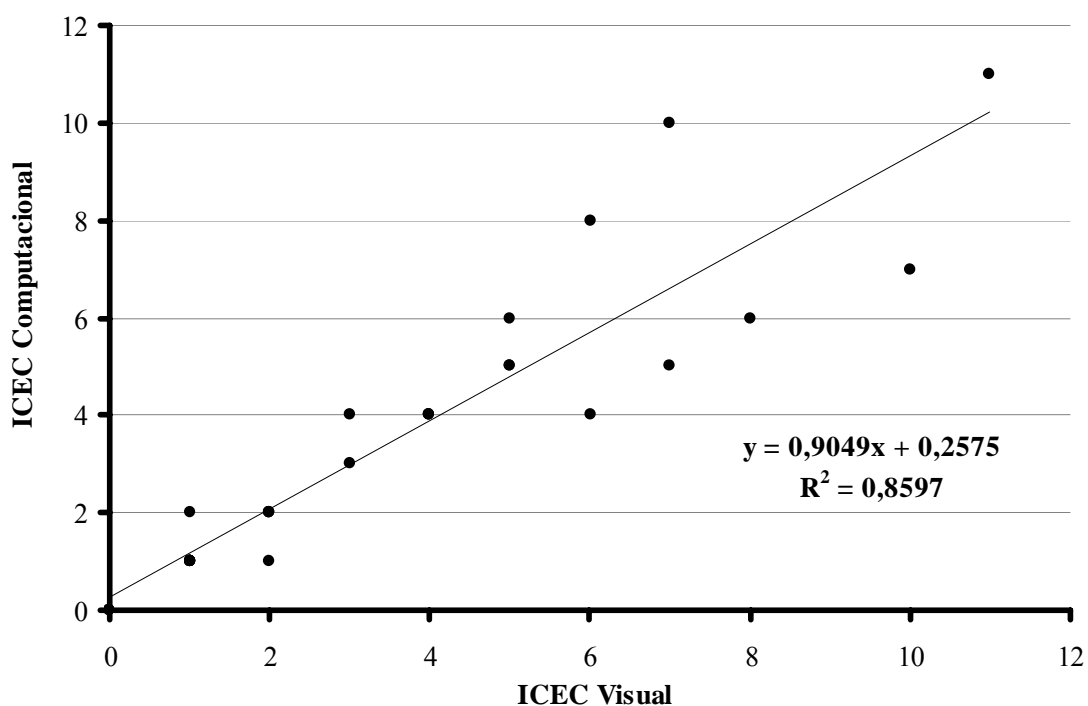


Figura 20. Relação funcional entre ICEC visual e computacional.

Os valores encontrados estão relacionados ao tamanho da amostra, sendo que, quanto maior o número de observações, maior a acurácia na determinação do ICEC. A diferença de desempenho do algoritmo entre o Tratamento CA e SA é devido ao uso de diferentes padrões das partições dos comedouros, uma vez que as análises foram feitas em granjas distintas, sendo necessários pequenos ajustes no posicionamento dos comedouros.

3.5 CONCLUSÕES

A análise de imagens se mostrou como uma ferramenta capaz de evidenciar comportamento dos frangos de corte em condições de campo.

O ICRC apresentou-se como um método prático, não invasivo e reduziu a influência do efeito do agrupamento das aves na imagem, mas foi ineficiente para identificar os frangos que estavam se alimentando.

O ICEC possibilitou uma maior confiabilidade dos resultados por meio da análise de imagens e revelou que não houve relação direta entre o ITGU e o número de aves no comedouro nos Tratamentos CA e SA.

O algoritmo para determinação do número das partições ocupadas (ICEC) mostrou-se como um parâmetro objetivo, resultando num erro percentual de 11,6 % entre a classificação manual e aquela feita pelo algoritmo.

O período noturno foi caracterizado por uma baixa frequência de aves em comedouros e bebedouros entre 20h e 21h, seguido por um aumento significativo durante a madrugada.

4. ARTIGO II: METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO GANHO DE MASSA CORPORAL DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM AVIÁRIOS COMERCIAIS USANDO ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e testar um algoritmo para determinação do ganho de peso diário de frangos de corte em aviários comerciais, usando a análise de imagens. A pesquisa foi conduzida em duas granjas comerciais integradas da Empresa Perdigão Agroindustrial S/A, em Rio Verde, Goiás, Brasil, durante a fase final de crescimento das aves. As duas granjas eram equipadas com sistema de ventilação em modo túnel e nebulização, uma delas equipada com sistema de aspersão de água sobre a cobertura. Em cada um dos galpões foi instalada uma câmera de vídeo colorida, análoga à câmera de sistema de segurança, conectadas a um microcomputador. A partir dos dados de peso médio diário dos animais, foram ajustados o Modelo Gompertz e Expolinear para estimativa de peso médio em função da idade. Para o processamento das imagens, foram usadas 36 imagens por dia referentes a 9 dias de observação, resultando num total de 324 imagens avaliadas. A linguagem de programação SciLab foi utilizada para o processamento das imagens. As imagens da matriz padrão foram submetidas ao processo de binarização, a fim de separar o objeto de interesse (o frango) do fundo. Verificou-se que os modelos ajustaram-se adequadamente, apresentando coeficiente de determinação acima de 0,99 para os tratamentos com aspersão sobre a cobertura e sem aspersão sobre a cobertura. Foi observado que a contagem binária dos pixels foi crescente, apresentando o mesmo comportamento do peso médio dos frangos. Verificou-se que, em média, o ganho de peso diário de 59 g representou um acréscimo de 33 pixels. O coeficiente de determinação ($R^2=0,96$) mostrou que o modelo para determinação do peso das aves em função do número de pixels nas imagens foi adequado.

Palavras-chave: Contagem binária, avicultura de precisão, processamento de imagens

4.2 INTRODUÇÃO

Para conquistar e manter esta posição entre os maiores produtores mundiais de carne de frango as empresas trabalham em sistema de integração, utilizando a gestão da qualidade total. São estabelecidas metas desafiadoras para cada item de controle, tais como a viabilidade dos lotes, conversão alimentar, ganho de peso diário, peso médio, idade ao abate, fator de produção e o rendimento ao abate em todos os segmentos da cadeia produtiva e, quando essa meta é atingida, uma nova meta é estabelecida, buscando uma melhoria contínua dos resultados (BRANCO, 1997).

O consumo de ração e o peso médio são os índices diretos que têm influência decisiva no custo de produção de frangos de corte. O peso médio é responsável pelo faturamento e, por conseguinte, pela diluição dos custos fixos da empresa, que representam cerca de 40% do custo total. A conversão alimentar, obtida com base no consumo de ração por unidade de peso produzido, representa aproximadamente 60% do custo total (MENDES e PATRÍCIO, 2004).

Extensas pesquisas foram conduzidas nos últimos anos utilizando imagens digitais para avaliar o comportamento alimentar de frangos de corte tanto em câmaras climáticas (SERGEANT et al., 1998; BIZERAY et al., 2002; SILVA et al., 2004; SEVEGNANI et al., 2005), quanto em condição de campo (FIGUEIREDO et al., 2003). Gates e Xin (2008) desenvolveram algoritmo para determinar o comportamento alimentar de frangos de corte a partir de gravações de séries de dados do peso de alimento consumido ao longo do tempo e comparados a observações de vídeo.

Entretanto, a determinação do peso dos frangos ainda é feita manualmente. Em geral, é feita uma pesagem semanal aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idades, de acordo com metodologia própria da empresa. Na maioria dos casos, adota-se uma porcentagem do plantel e escolhem-se três posições distintas ao longo do aviário (início, meio e final), onde os animais são capturados para pesagem. Este procedimento causa um grande desgaste físico ao granjeiro, uma vez que são pesados centenas de animais em vários galpões, e é agravado na fase final de criação, quando os frangos ultrapassam 2 kg de peso vivo. Além disso, durante a pesagem os animais ficam estressados e há um constante risco de ferimentos tanto nos animais quanto nos trabalhadores.

As curvas de crescimento na produção animal são de fundamental importância na produção animal, pois relacionam os pesos (y) e as idades (t) dos animais, por meio de modelos não-lineares (FREITAS, 2005). O termo curva de crescimento refere-se à representação gráfica do peso do animal ou massa corporal em relação à idade.

A simulação do crescimento através de modelos matemáticos visa estimar o massa corporal a uma idade específica e concentrar informações (taxa de ganho diário, tamanho à maturidade, conversão alimentar, entre outros) de uma população em poucos parâmetros facilmente interpretáveis biologicamente, possibilitando ao criador e à indústria condições para decisões sobre o manejo, alimentação e seleção.

De acordo com Freitas (2005), os modelos empíricos usados freqüentemente para estimar o crescimento incluem a função logística (PEARL e REED, 1920), → citação antiga Gompertz (AMER e WILLIAMS, 1957) e a função Richards; (RICHARDS, 1959) baseadas na massa corporal como avaliador da taxa de crescimento.

$$y_{ij} = A.(1 + B.e^{-k.t_i})^{-1} + e_{ij} \quad \text{Logístico (1)}$$

$$y_{ij} = A.e^{(B.e^{-k.t_i})} + e_{ij} \quad \text{Gompertz (2)}$$

$$y_{ij} = A.(1 - B.e^{-k.t_i})^M + e_{ij} \quad \text{Richards (3)}$$

Em que:

y_{ij} é a massa corporal do animal j na idade i;

t_i é a idade do animal;

A, B, K, M são os parâmetros do modelo;

e_{ij} é o erro aleatório associado a observação y_{ij} .

Neste contexto, a estimativa do ganho de massa corporal diária dos animais por meio da análise de imagens capturadas no interior do galpão, pode se tornar uma ferramenta para auxiliar no monitoramento das curvas de crescimento dos animais. Esta estimativa apresenta várias vantagens, tais como: determinação automática da massa corporal diária dos animais, possibilita o monitoramento *on line*, permite tomada de decisões rápidas, diminui o estresse das aves e o risco de acidentes e desgaste físico dos trabalhadores.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, testar e validar um algoritmo para determinação do ganho de massa corporal diária de frangos de corte em aviários comerciais, usando a análise de imagens.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Um sistema de aquisição de imagens foi instalado em dois galpões comerciais pertencentes à Perdigão Agroindustrial, no município de Rio Verde, Goiás. Foram utilizados dois aviários idênticos, equipados com nebulização interna e sistema de ventilação por pressão negativa em modo túnel, sendo que em três destes foi instalado um sistema de resfriamento adicional com aspersão de água sobre a cobertura. Desta forma, as observações foram feitas em dois tratamentos, denominados Tratamento com aspersão de água sobre a cobertura (CA) e Tratamento sem aspersão de água sobre a cobertura (SA).

Cada aviário alojava 22.700 machos pesados da linhagem Cobb, criadas sob condições industriais típicas, com densidade de alojamento de 14 aves.m⁻² e com peso médio ao abate de 2,700 kg. As matrizes que forneceram os pintinhos foram equalizadas e o manejo dos animais foi idêntico para os dois aviários.

Em cada um dos galpões foi instalada uma câmera de vídeo colorida, análoga à câmera de sistema de segurança conectadas a um microcomputador, seguindo metodologia descrita por Figueiredo et al. (2003). As câmeras possuíam resolução de 480 linhas (410k pixels), lente com foco fixo de 3,6 mm e foram instaladas a 30 m da extremidade dotada de ventiladores, à altura de 2,75 m, posicionado de topo, permanendo fixas no local durante todo o período de coleta de dados.

A caracterização das diferentes condições ambientais foi feita com base no Índice de Temperatura de Globo Negro (ITGU) proposto por Buffington et al. (1981), que considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e da velocidade do ar obtido por meio da equação (4):

$$ITGU = Tgn + 0,36 - 41,5 \quad (4)$$

em que:

Tgn = temperatura de globo negro, em °C;

Tpo = temperatura do ponto de orvalho, em °C.

As variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar no ambiente interno e externo foram coletadas por meio de sensores/registradores com resolução de 0,1 °C (temperatura) e 1 % (umidade relativa), e exatidão de 0,5 °C e ± 1 %. O monitoramento das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) foi realizado diariamente, em intervalos de 15 minutos. Foram instalados um datalogger e um globo

negro no interior de cada galpão ao nível das aves, a altura de 0,20 m da cama. Para o monitoramento da velocidade do ar ao nível das aves foi utilizado um anemômetro digital da marca LUTRON[®], modelo AM 4201, a aproximadamente 0,20 m de altura da cama.

4.3.1 Estimativa massa corporal diária dos frangos

A massa corporal média das aves com 1, 7, 14 e 21 dias de idades foram fornecidos pela empresa. Na quarta semana de vida das aves, quando o sistema de aspersão sobre a cobertura entrou em funcionamento, a obtenção da massa média foi realizada diariamente, da seguinte maneira: na noite anterior a pesagem, cercas móveis eram distribuídas em três posições distintas ao longo do aviário (início, meio e final), formando-se uma elipse aberta em uma das extremidades. Na manhã seguinte, fechavam-se as cercas e, em seguida, procedia-se a pesagem dos animais, totalizando duzentas aves por aviário. Determinou-se a massa corporal média das aves por meio de balança com capacidade máxima de 25 kg (Figura 1).





Figura 1. Procedimento de captura das aves para determinação da massa média diária: (a) Distribuição das cercas móveis; (b) Captura dos animais; (c) Pesagem (d); Detalhe da balança.

4.3.2 Modelo ajustado para estimativa da massa corporal dos frangos

A partir dos dados de massa média diária dos animais foram ajustados dois modelos não lineares para estimativa de peso médio em função da idade para cada tratamento. Braccini Neto et al. (1996) apontam que a vantagem de se utilizar modelos não lineares, em detrimento aos lineares reside na interpretação biológica de seus parâmetros, o que não ocorre no caso dos modelos lineares.

A escolha do Modelo Expolinear de Goudriaan e Monteith (1990) se deu em virtude das constantes do modelo terem explicação biológica. A equação matemática do modelo encontra-se representada a seguir:

$$M_e = \frac{T_{ca}}{T_{cr}} \cdot \ln \left\{ 1 + e^{\left[(T_{cr} \cdot (Idade - k)) \right]} \right\} \quad \text{Expolinear (5)}$$

em que:

M_e = Massa corporal estimada (kg);

T_{ca} = Taxa máxima de crescimento absoluto ($\text{kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$);

T_{cr} = Taxa máxima de crescimento relativo (kg kg dia^{-1});

Idade = Idade dos animais (dias de vida);

K = Constante empírica do modelo.

A curva de Gompertz é uma função comumente usada para descrever o crescimento de animais e de tecidos (FREITAS, 2005). Ela expressa massa em função da idade do animal, da seguinte forma:

$$M_e = M_i \cdot e^{\left\{ \frac{T_{Ci}}{T_m} \cdot \left[1 - e^{(-T_m \cdot Idade)} \right] \right\}}$$

Gompertz (6)

em que:

M_e = Massa corporal estimada (kg);

M_i = Massa corporal ao nascimento estimada (kg);

T_{Ci} = Taxa de crescimento inicial específica;

T_m = Taxa de maturidade;

T_{Ci}/T_m = Peso corporal adulto estimado (kg);

Idade = Idade dos animais (dias de vida).

A curva de Gompertz tem apenas três parâmetros, o que equivale em número a uma função quadrática. No entanto, ela se ajusta melhor às curvas de crescimento e pode ser usada num intervalo de tempo que abrange toda a vida do animal. Quando expressa como função do peso corporal, o parâmetro C deixa de ser utilizado e a função passa a ter apenas dois parâmetros. Além das vantagens acima, os parâmetros da função de Gompertz têm significado biológico. Pode-se obter informações importantes a respeito do crescimento apenas pela interpretação desses parâmetros.

4.3.3 Estimativa da massa corporal dos frangos por meio da contagem binária dos *pixels* das imagens

A estimativa da massa corporal diária das aves foi feita com base na área superficial das mesmas nas imagens, avaliando-se a contagem binária dos *pixels*. O objetivo do algoritmo era mensurar o peso da ave de acordo com a medição da área superficial da mesma.

Foi feita a contagem binária de *pixels* de uma ave, a partir de 32 imagens por dia, na quarta e quinta semana de vida. O valor médio dos *pixels* de uma ave representou a área ocupada pela ave na imagem.

Para o processamento das imagens, foram usadas 36 imagens por dia referentes a 9 dias de observação, resultando num total de 324 imagens avaliadas. Não foi possível a observação de vários dias consecutivos devido a “picos” de energia, que desligaram o

sistema de captura de imagens, impossibilitando a captura e armazenamento das mesmas.

As imagens foram coletadas no intervalo entre 4 e 5 horas da manhã, durante a fase final de criação das aves (26-42 dias). Este horário foi escolhido por ser o mais próximo do horário habitual de pesagem dos animais e devido à melhor qualidade das imagens sob iluminação artificial controlada, uma vez que a iluminação natural no início da manhã no interior do galpão é irregular, apresentando alguns locais sombreados. Além disso, neste horário as temperaturas no interior do galpão estavam próximas da Zona de Conforto Térmico das aves, facilitando a avaliação das imagens devido à postura corporal homogênea, em relação ao período diurno. No período diurno, as aves expostas ao calor poderiam se encontrar em posições com asas abertas, penas arrepiadas ou deitadas lateralmente no chão manter o equilíbrio da temperatura corporal, dificultando a avaliação do tamanho das mesmas nas imagens usadas para determinação do ganho massa corporal.

Foram selecionadas, aleatoriamente, 3 imagens individuais das aves a partir de cada imagem original, obtidas de 5 em 5 minutos (Figura 2).

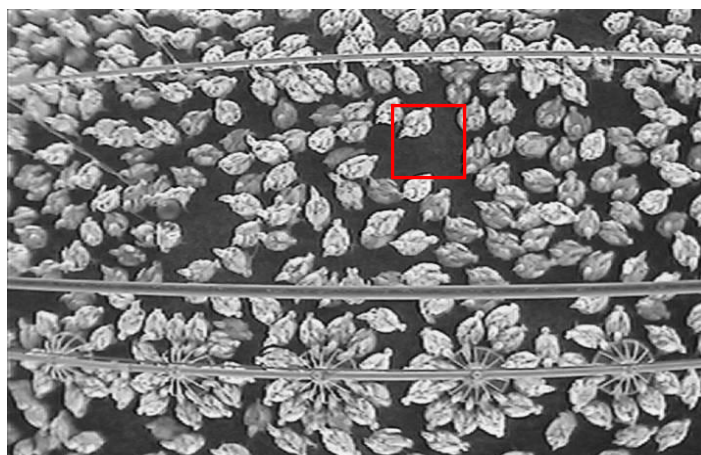


Figura 2. Exemplo da imagem original capturada de 480x720 pixels.

As imagens foram tratadas no Programa GIMP (GNU Image Manipulation Program), de modo a homogeneizar todos os elementos que constituíam o fundo da imagem, deixando apenas uma ave na matriz padrão de 100 x 100 pixels, preparando a imagem para posterior processamento e determinação do tamanho dos pixels referentes ao frango (Figura 3).

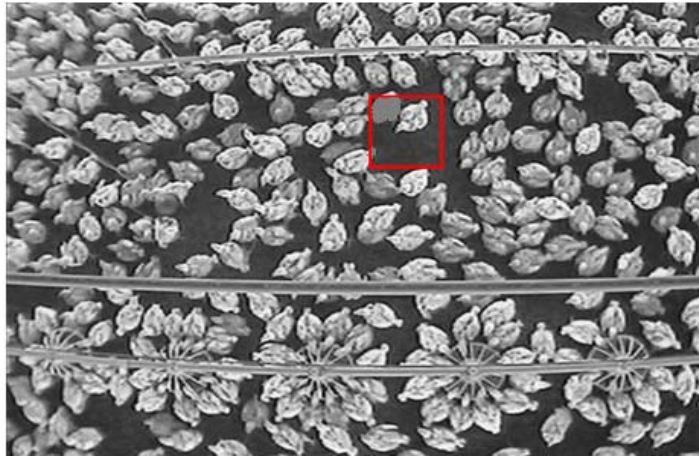


Figura 3. Exemplo da utilização do Programa GIMP para preparar a imagem para posterior processamento.

A linguagem de programação SciLab foi utilizada para o processamento das imagens, que inclui as etapas de segmentação, extração de características (descritores), representação por meio de uma estrutura de dados adequada ao algoritmo de reconhecimento, bem como o reconhecimento e interpretação dos dados em relação ao bem-estar animal.

As imagens da matriz padrão foram submetidas ao processo de binarização, a fim de separar o objeto de interesse (frango) do fundo. Esta etapa consiste na partição do histograma, convertendo os pixels cujo tom de cinza é maior ou igual a certo limiar, em branco e os demais em preto. Nas imagens binárias, as aves são representadas com pixels de valor unitário, e todo o resto dos constituintes da imagem são representados com *pixels* de valor zero (GONZALES e WOODS, 1992).

Foi utilizado o “Método de Bayes” para proceder a limiarização (GONZALES e WOODS, 1992), estimado por meio da equação (5), (6), (7), (8) e (9). O “Método de Bayes” possibilita a determinação do limiar que minimiza o erro de classificação (limiar ótimo). Nas imagens binárias, as aves foram representadas com pixels de valor unitário, e todo o resto dos constituintes da imagem foi representado com pixels de valor zero.

$$AT^2 + BT + C = 0 \quad (7)$$

em que:

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2 \quad (8)$$

$$B = 2(\mu_1\sigma_1^2 - \mu_2\sigma_2^2) \quad (9)$$

$$C = \mu_1\sigma_1^2 - \mu_2\sigma_2^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2\ln\left(\frac{\sigma_2P_1}{\sigma_1P_2}\right) \quad (10)$$

ocorrendo um único limiar,

$$T = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1 - \mu_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (11)$$

$$\text{Se } \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

Em que:

T = valor de limiar ótimo

μ_1 e μ_2 = valores médios dos dois níveis de cinza

σ_1 e σ_2 = desvios padrão em torno das médias

P_1 e P_2 = probabilidade *a priori* dos dois níveis de cinza

De acordo com a equação (10) e (11) (GONZALEZ e WOODS, 1992) foi utilizada a convolução centralizada segundo a qual a entrada e a saída dos vetores são centralizados, com relação ao outro, com contorno externo $G(j,k)$ de espessura $(L-1)/2$ *pixels* ajustado a zero.

A imagem resultante da função $G(j,k)$ da filtragem espacial pode ser formada pela convolução discreta de uma imagem de entrada $F(j,k)$ com $L \times L$ arranjo do impulso de resposta $H(j,k)$ de acordo com relação a:

$$G(j,k) = \sum_j \sum_k F(m,n)H(m+j+C,n+k+C) \quad (12)$$

$$C = \frac{(L+1)}{2} \quad (13)$$

O ruído foi removido por um filtro H da forma passa baixa com uma matriz 3×3 , dada pela equação (12):

$$H = \frac{1}{12} L \times L \quad (14)$$

$$\text{Em que: } L \times L = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

O fluxograma usado para determinação do número de pixels das aves ao longo tempo foi usado para indicar o crescimento das aves está apresentado na Figura 4.

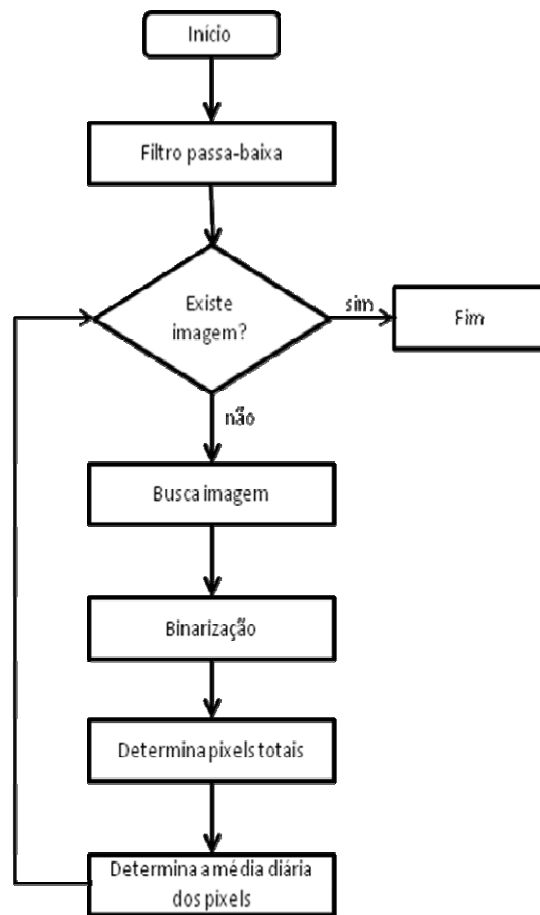


Figura 4. Fluxograma do processamento para determinação da média diária dos *pixels*.

O algoritmo iniciou pela leitura das imagens arquivadas que continham apenas um frango (matriz 100 x 100 pixels). As imagens foram filtradas e binarizadas para facilitar o processamento (Figuras 5, 6 e 7). Para remover ruídos e suavizar pequenas descontinuidades em linhas e substituir o valor do pixel pelo valor médio de sua vizinhança foi usado um filtro passa-baixa (matriz 3 x 3).



Figura 5. Imagem contendo apenas um frango na matriz 100x100 pixels.



Figura 6. Imagem filtrada (filtro passa-baixa).



Figura 7. Imagem binarizada final.

As imagens obtidas foram usadas no algoritmo para determinação do ganho de peso das aves, de acordo com o crescimento da área ocupada pela mesma. O aumento da área no decorrer dos dias foi usado como parâmetro para determinação do ganho de massa corporal das aves, uma vez que este se reflete no aumento do tamanho da mesma. O ganho de peso diário (GPD) foi obtido com base na relação entre a massa corporal média e a idade em dias.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Estimativa do peso corporal das aves pelos Modelos Expolienar e de Gompertz

Na Tabela 1 encontram-se os modelos ajustados e o coeficiente de determinação ajustado (R^2) para a estimativa do peso corporal das aves, por meio de regressão não linear, no Tratamento CA.

Tabela 1. Modelos para estimativa de massa corporal dos frangos em função da idade no Tratamento CA

Modelo	Equação	R^2
Expolienar	$M_e = \frac{0,0877}{0,1757} \ln \left\{ 1 + e \left[0,1757 \cdot (\text{Idade} - 10,5901) \right] \right\}$	0,99
Gompertz	$M_e = 0,0622 \cdot e \left\{ \frac{0,2056}{0,0467} \cdot \left[1 - e \left(-0,0467 \cdot \text{Idade} \right) \right] \right\}$	0,99

Na Tabela 2 encontram-se os modelos ajustados e o coeficiente de determinação ajustado (R^2) para a estimativa do peso corporal das aves, por meio de regressão não linear, no Tratamento SA.

Tabela 2. Modelos para estimativa de massa corporal dos frangos em função da idade no Tratamento SA

Modelo	Equação	R^2
Expolienar	$M_e = \frac{0,0759}{0,1524} \ln \left\{ 1 + e \left[0,1524 \cdot (\text{Idade} - 10,4307) \right] \right\}$	0,99
Gompertz	$M_e = 0,0887 \cdot e \left\{ \frac{0,1623}{0,0401} \cdot \left[1 - e \left(-0,0401 \cdot \text{Idade} \right) \right] \right\}$	0,99

Pôde-se observar que os modelos ajustaram-se adequadamente, apresentando coeficiente de determinação acima de 0,99 para os Tratamentos CA e SA. Os parâmetros das equações de Gompertz e Expolienar foram semelhantes aos parâmetros encontrados por Santos et al. (2005) para o peso vivo de frangos de corte machos da linhagem *Coob*, cuja estimativa da taxa de maturidade foi de 0,0389 e a idade em que a taxa de crescimento foi máxima ocorreu aos 37 dias de vida ($R^2 = 0,99$).

As representações gráficas para cada modelo de estimativa de massa corporal em função da idade estão apresentadas nas Figuras 8 e 9. Nos Modelos Expolinear e de Gompertz, ao contrário de outras funções, a massa corporal inicial é sempre superior a zero, o que reflete o fato de que o animal já nasce com alguma massa.

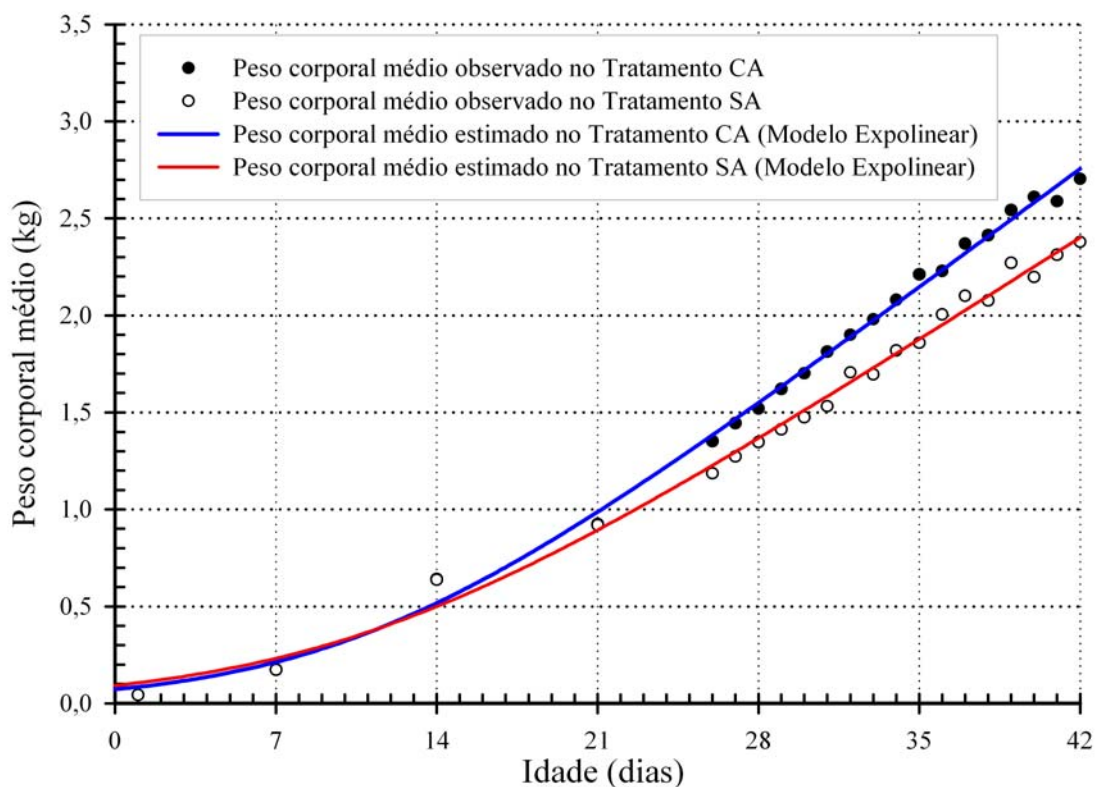


Figura 8. Representação gráfica do Modelo Expolinear para os Tratamentos CA e SA.

Freitas (2005), em trabalho sobre as curvas de crescimento na produção animal, afirmam que o modelo Gompertz proporcionou os resultados adequados para o crescimento de frangos de corte.

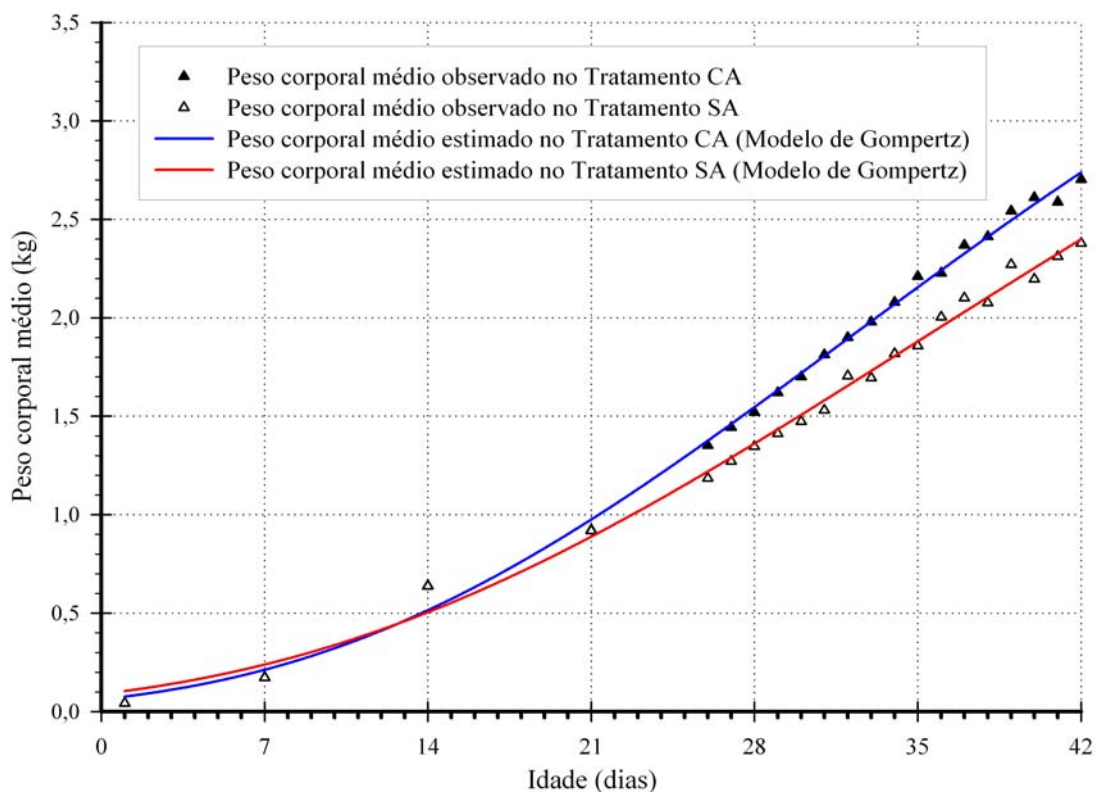


Figura 9. Representação gráfica do Modelo Gompertz para os Tratamentos CA e SA.

Houve uma diferença matemática nos resultados obtidos por cada modelo, uma vez que os animais tiveram maiores valores de massa corporal. Este fato pode estar relacionado ao benefício do uso da aspersão sobre a cobertura dos aviários, que proporcionaram melhores valores de temperatura e umidade relativa, indicando que o ambiente no Tratamento CA proporcionou um ambiente mais confortável, como pode ser observado na Figura 10.

Pode-se observar, por meio dos perfis de temperatura e umidade relativa médios do período experimental, que a temperatura média máxima ao nível das aves, em ambos os tratamentos, com e sem aspersão sobre a cobertura, foi de 29,8 e 31,7 °C, respectivamente, enquanto a média máxima da temperatura do ambiente externo foi de 29 °C. A umidade relativa média ao nível das aves permaneceu entre 75 e 87 % em ambos os tratamentos. O Tratamento CA apresentaram valores de umidade relativa superiores aos encontrados no Tratamento SA, para todos os dias, no período de 10 às 18 horas.

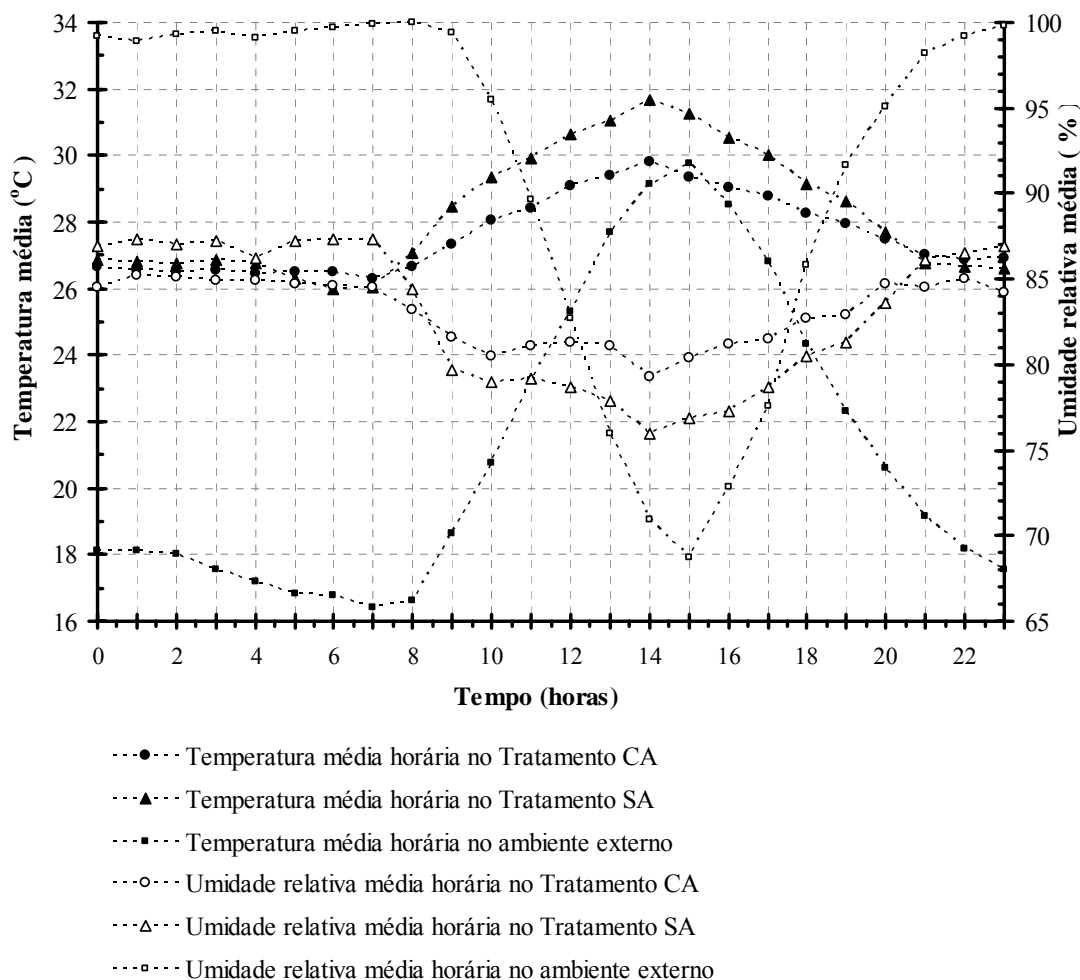


Figura 10. Temperatura e umidade relativa média no Tratamento CA, Tratamento SA e no ambiente externo.

O estresse por calor é responsável por grandes perdas no rendimento dos lotes de frangos, ocorrendo aumento de mortalidade e conversão alimentar, além de diminuição da massa corporal diária especialmente quando as condições estressantes ocorrem na fase final, próximo ao abate (BILGILI et al., 1989).

De maneira geral, aves adultas no período próximo ao abate, com cinco semanas de idade, sobrevivem a temperaturas ambientais de 27 °C a 32 °C, contudo, sofrem grandes prejuízos no seu desempenho produtivo. Entretanto, sob temperaturas ambientais maiores que 32 °C e taxas de umidade relativa superiores a 75 %, as aves são severamente estressadas e o óbito é eminente, dependendo da durabilidade do período de desconforto (MOURA, 2001).

4.4.2 Estimativa da massa corporal dos frangos por meio da contagem binária dos *pixels* das imagens

Os resultados da massa corporal média dos frangos e da contagem binária dos frangos, referentes a quarta e quinta semana de vida, estão apresentados na Figura 11. Cada valor da massa corporal diária dos frangos representa a média do peso de 200 frangos e cada valor da contagem binária dos *pixels* dos frangos representa a média de 36 imagens diárias.

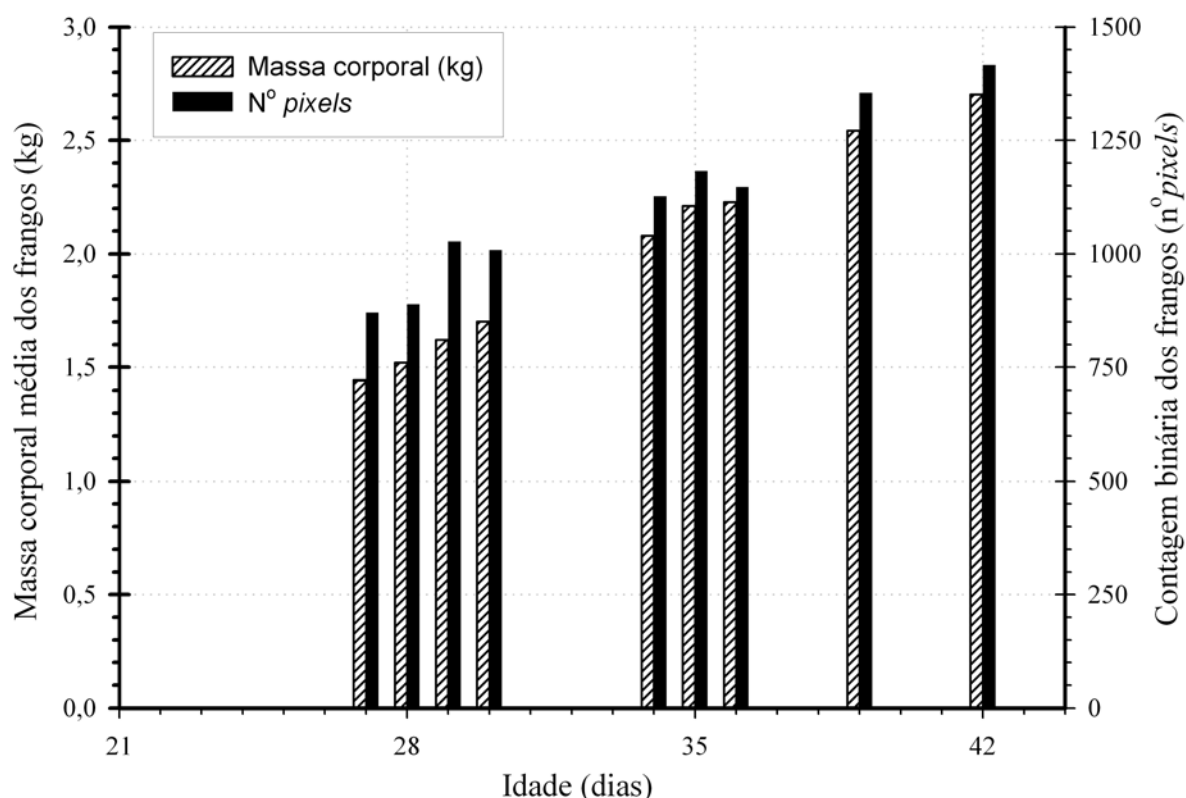


Figura 11. Comparação entre a massa corporal média dos frangos, em kg, e a contagem binária dos frangos, em *pixels*, na quarta e quinta semana de vida das aves.

Analisando a Figura 11, observa-se que a contagem binária dos *pixels* foi crescente, apresentando o mesmo comportamento massa corporal média dos frangos. Este resultado era esperado, pois, à medida que as aves aumentam o seu peso, o seu tamanho aumenta proporcionalmente. Deste modo, o crescimento dos frangos pôde ser identificado pela área superficial dos mesmos, determinada pela contagem binária dos *pixels* nas imagens.

O ganho de massa corporal diária é um índice que permite a comparação entre lotes, integrados e meses do ano. Calcula-se dividindo o peso médio do lote pela idade, em dias (MENDES e PATRÍCIO, 2004).

Na Tabela 3 estão apresentados os valores da quantidade de pixels nas imagens e do ganho de massa corporal diária dos frangos, de acordo com a idade das aves. Para cada dia de observação, o ganho de massa corporal foi relacionado com a quantidade de pixels. Por exemplo, o ganho de massa de 53 g, aos 27 dias de idade, representou um ganho diário de 32,2.

Tabela 3. Relação entre o ganho de massa corporal, em kg, e o ganho diário de *pixels* referentes ao frango na imagem

Idade (dias)	Peso médio do frango (kg)	Ganho de peso diário (kg)	Pixels por frango	Ganho de <i>pixels</i> diário
27	1,444	0,053	870,1	32,2
28	1,520	0,054	888,8	31,7
29	1,620	0,056	1026,7	35,4
30	1,701	0,057	1008,1	33,6
34	2,079	0,061	1126,7	33,1
35	2,211	0,063	1182,4	33,8
36	2,228	0,062	1147,1	31,9
39	2,543	0,065	1355,1	34,7
42	2,703	0,064	1416,2	33,7
Média		0,059		33,4

Verificou-se que, em média, o ganho de massa corporal diária de 59 g representou um acréscimo de 33 pixels. Entretanto, alguns valores de ganho de massa corporal foram decrescentes ao longo dos dias, mostrando possíveis falhas na determinação do número de *pixels* por frango pelo algoritmo.

Existe uma relação quase que linear entre a idade das aves e conversão alimentar, principalmente nos últimos dias de criação. Resultados de campo têm demonstrado que, a cada 100 gramas de ganho de peso na última semana, representam 3 pontos na conversão alimentar das fêmeas e quase 2 pontos nas dos machos (SOUZA, 2002, citado por MENDES e PATRÍCIO, 2004).

Observou-se uma forte correlação entre a massa corporal média e contagem binária dos frangos, indicando um elevado grau de associação entre as variáveis quantitativas, conforme está apresentado na Figura 12. O coeficiente de determinação ($R^2=0,96$) mostrou que o modelo para determinação da massa corporal das aves em função do número de *pixels* nas imagens foi adequado.

O intervalo de confiança indica a precisão de uma amostra em estimar os valores de uma população (GARDNER e ALTMAN, 1988). Pode-se então afirmar, com 95%

de confiança, que a média da amostra observada encontra-se no intervalo de confiança. O intervalo de confiança expressa o erro em estimar a média de uma distribuição, enquanto o intervalo de previsão expressa o erro em prever uma observação futura a partir da distribuição no ponto x_0 .

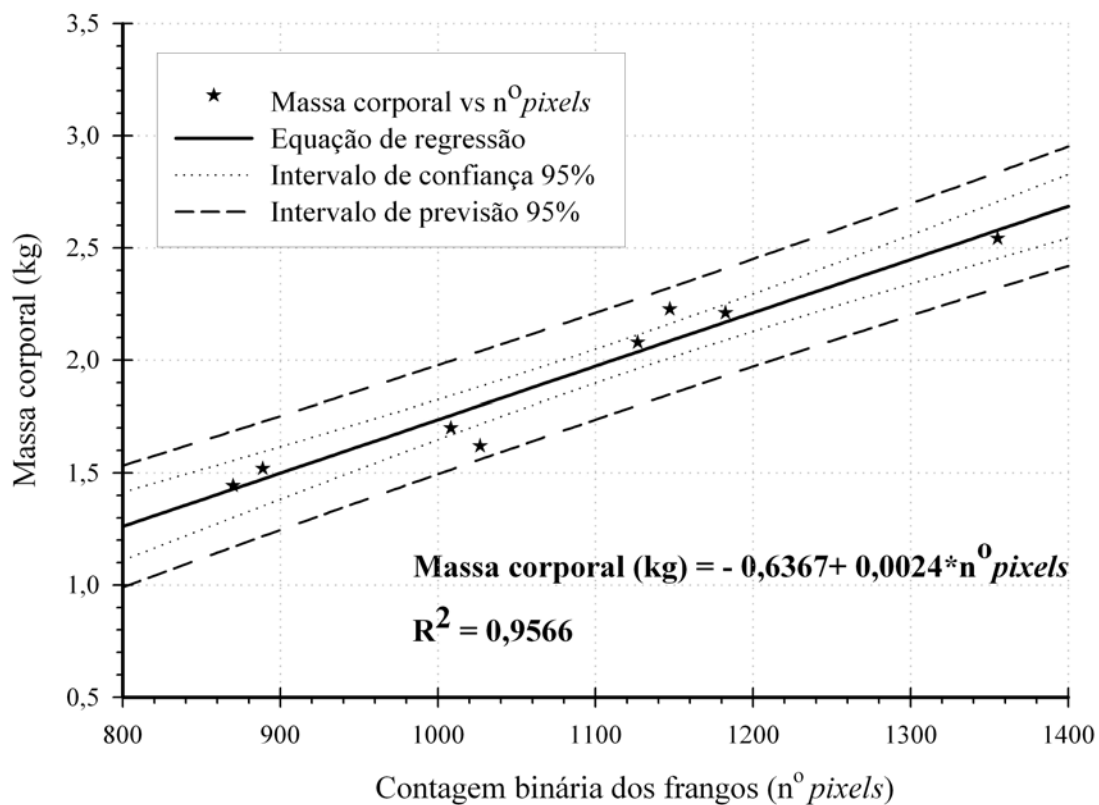


Figura 12. Equação de regressão da massa corporal média em relação ao números de *pixels* de um frango.

Os resultados encontrados mostram a viabilidade de utilizar o próprio animal como *biosensor* para avaliação da massa corporal. Shao e Xin (2008) afirmam que o melhor indicador da adequação do ambiente e, conseqüentemente, do conforto do animal, é o próprio animal, que integra ambos os fatores, internos e externos, os quais levam a comportamentos distintos.

O acompanhamento do ganho de massa das aves utilizando a análise de imagens também poderia atuar como suporte aos sistemas de climatização de galpão, que até o presente momento se apóiam simplesmente na identificação da temperatura do ar e, em alguns casos, da umidade relativa. Esses sistemas de climatização não consideram as diferentes capacidades de adaptação ou aclimatação das aves em ambientes estressores (SHAO e XIN, 2008).

4.5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que:

Os modelos de Gompertz e Exponencial ajustaram-se adequadamente, apresentando coeficiente de determinação acima de 0,99 para os tratamentos com e sem aspersão sobre a cobertura.

A contagem binária dos *pixels* resultante das imagens digitais dos frangos foi crescente, apresentando o mesmo comportamento da massa corporal média dos frangos.

O modelo empírico para determinação da massa corporal das aves em função do número de *pixels* nas imagens mostrou-se adequado para determinação da massa corporal dos frangos com idade entre 21 e 42 dias, na faixa de 800 a 1400 *pixels*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores desafios da avaliação do bem-estar animal é descobrir critérios e metodologias que identifiquem, de forma objetiva, o comportamento dos mesmos. Várias pesquisas sobre bem-estar animal foram conduzidas com condições experimentais e representaram significativas contribuições. No entanto, as avaliações em condições de campo ainda são pouco frequentes.

No caso da avicultura de corte, o avanço nas pesquisas é ainda mais difícil devido ao grande número de aves alojadas por unidade de área. Nestas condições, a aglomeração de aves é freqüente e o desenvolvimento de algoritmos capazes de reconhecer padrões comportamentais usando análise de imagens é um dos grandes obstáculos.

Os resultados encontrados neste trabalho contribuíram para mostrar a viabilidade de se utilizar o próprio animal como biossensor para avaliação do comportamento animal e determinação da massa corporal de frangos de corte em aviário comerciais.

A determinação do Índice de Competição Relativa no Comedouro revelou a dificuldade devido, principalmente, ao questionamento sobre o número de aves que estavam se alimentando e aquelas que estavam simplesmente descansando embaixo dos comedouros ou em suas proximidades.

A determinação do Índice de Competição Efetiva no Comedouro, por meio do reconhecimento automático do número de cabeças dos frangos nos comedouros, possibilitou a obtenção de respostas rápidas resultantes da análise digital de centenas de imagens. Tais análises permitiram inferir sobre a influência do ambiente térmico e do programa de luz no comportamento alimentar das aves.

A estimativa da massa corporal das aves em função do número de pixels nas imagens usando um modelo empírico mostrou a relação direta entre estes parâmetros, representada pela equação: massa corporal (kg) = $-0,6367 + 0,0024 * n^{\circ} \text{ pixels}$.

Este trabalho teve como principal contribuição apresentar metodologias para avaliação do bem-estar e ganho de massa corporal de frangos de corte usando análise digital de imagens, que podem ser aplicadas em condições de campo e, no futuro, se tornarem ferramentas imprescindíveis para controle e avaliação em aviários comerciais.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados encontrados mostraram a viabilidade de utilizar o próprio animal como biosensor para avaliação do bem-estar e determinação da massa corporal de frangos de corte em aviário comerciais.

A metodologia para determinação do Índice de Competição Efetiva no Comedouro (ICEC) mostrou-se adequada para avaliação comportamento alimentar de frangos de corte em aviários comerciais por meio da análise digital de imagens.

A metodologia para determinação da massa corporal de frangos de corte, com base na área superficial das mesmas nas imagens, avaliando-se a contagem binária dos pixels, mostrou-se adequada para determinação do peso corporal dos frangos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGOS. Net, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/Estatisticas/MercadoMundial/MercadoMundial.asp>>. Acessado em junho de 2009.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; PERDOMO, C. C.; BAÊTA, F. C. Influência da Cortina e do Programa de Luz no Desempenho Produtivo de Frangos de Corte e no Consumo de Energia Elétrica. **Comunicado técnico**. EMBRAPA: Concórdia, 2006.

ALVES, S. P. Uso da zootecnia de precisão na avaliação do bem-estar bioclimático de aves poedeiras em diferentes sistemas de criação. **Tese de doutorado em Agronomia**. ESALQ: Piracicaba, 2007.

AMER, F. A.; WILLIAMS, W. T. Leaf-area growth in *Pelargonium zonale*. **Annals of Botany**, London, v. 21, n. 83, p. 339-342, 1957.

ARAÚJO, C. S. S. Desempenho, rendimento de carcaça e excreção de cálcio de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e cálcio no período de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2209-2215, 2002.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: Editora da UFV, 1997. 246 p.

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

BECKER, B. G. Bem-estar animal em avicultura. In: VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. **Resumos...** Chapecó, 2006, p 149-153.

BELLAVER, C.; BELLAVER, I. H. Livestock production and quality of societies' life in transtition economies. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.59, p.125-135, 1999.

BENSON, E. R. Poultry behavior analysis system using machine vision. **Applied Poultry Engineering News**, Delaware, v. 2, p. 2-3, 2004 .

BILGILI, S. F.; EGBERT, W. R.; HOFFMAN, D. L. Research note: effect of postmortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler Pectoralis major. **Poultry Science, Champaign**, v. 68, n. 11, p.1588-1591, 1989.

BIZERAY, D.; ESTEVEZ, I.; LETERRIER, C.; FAURE, J. M. **Effects of increasing environmental complexity on the physical activity of broiler chickens**. 2002.

BOARETTO, N.; BERNARDO, J. I.; REIS, D. R.; SCANDELARI, L. Inovação em processo e produto: Um estudo de caso no controle da produção em aviários de postura. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Resumos...** Porto Alegre, 2005.

- BRACCINI NETO, J. et al. Análise de curva de crescimento de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n6, p.1062-1073, 1996.
- BRANCO, J. A. Gerenciamento de Produção. Curso de manejo de matrizes. **APINCO**, Campinas, SP. 1994. p. 185-191 .
- BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v.142, p. 524-526, 1986.
- BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J.. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- CORDEIRO, M. B. Avaliação do comportamento, bem-estar e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento. (**Tese de doutorado em Engenharia Agrícola**). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2007
- COSTA, M. J. R. Comportamento e bem estar. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Editores: Marcos Macari, Renato Luis Furlan, Elisabeth Gonzáles. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 327-346. 375 p.
- CRAIG, J. V. Measurement social behavior in poultry. **Poultry Science**, v. 71, p. 650-657, 1992.
- DAGHIR, N. J. **Poultry production in hot climates**. Wallingford: CABI, 1995. 303p.
- 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**, v. 66, p. 541-547, 1987.
- DUNCAN, I. J. H.; MENCH, J. A. Behaviour as an indicator of welfare in various systems. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY WELFARE, Potters Bar. **Proceedings...** Potters Bar: Universities Federation for Animal Welfare, p.69-80, 1993.
- DUSENBERY, D. B. Using a microcomputer and video camera to simultaneously track 25 animals. **Computer Biological Medicine Veterinary**, v.15, n.4, p.169-175, 1985.
- ESQUEF, I. A. et al. **Processamento Digital de Imagens. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**. 2003. Disponível em <www.cbpf.br/cat/pdsi/> Acesso em: jul. 2007.
- Farm Animal Welfare Council - **FAWC** (1979). Five freedoms. Disponível em: <<http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>>. Acesso em: jun. 2007.
- FIGUEIREDO, G. F.; DICKERSON, T. W. BENSON, E. R.; VAN WICKLEN, G. L.; GEDAMU, N. Development of machine vision based poultry behavior analysis system. (ASAE Paper, 033083) In: **ASAE Metting**, Las Vegas, USA. 2003.
- FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- GARDNER M. J.; ALTMAN, D. G. Estimating with confidence. **Br. Med. J.** 296:1210-1211, 1988.

- GATES, R. S.; XIN, H. Extracting poultry behaviour from time-series weigh scale records. **Computers and electronics in agriculture**. 62 (2008) 8–14.
- GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Viçosa: UFV, 2006. 370 p.
- GONZALES, E.; BAYÃO, A. L. B. A.; MACARI JUNIOR, F. Efeito do estresse térmico moderado sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. In: PROC. CONF. APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** p.161-172. Campinas: [s.n] 1990
- GONZALEZ, FHD et al . Incidência de Doenças Metabólicas em Frangos de Corte no Sul do Brasil e Uso do Perfil Bioquímico Sanguíneo para o seu Estudo. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, Campinas, v. 3, n. 2, maio 2001 .
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. Addison Wesley, 1992. New York. 716p.
- GOUDRIAAN, J.; MONTEITH, J.L. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 6, p. 695-701, 1990.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.
- LANA, G. R. Q.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LANA, A. M. Q. Efeito da Temperatura Ambiente e da Restrição Alimentar sobre o desempenho e a Composição da Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 4, p. 1117-1123, 2000.
- LANA, G. R. Q.; SILVA JUNIOR, R. G. C.; VALERIO, S. R.; LANA, A. M. Q.; CORDEIRO, E. C. G. B. Efeito da Densidade e de Programas de Alimentação sobre o Desempenho de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30(4):1258-1265, 2001.
- LIMA, A. M. C. Avaliação de dois sistemas de produção de frango de corte: uma visão multidisciplinar. (**Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola**). Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP: Campinas, 2005.
- MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport,1999.
- McINERNEY, J. P. **Animal welfare, economics and policy** – report on a study undertaken or the Farm & Animal Health Economics Division of Defra, Feb. 2004. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/esg/reports/animalwelfare.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2004.
- MENCH, J. A. Quantifying the behavior of poultry. **Poultry Science**, 71:631-633. 1992.
- MENDES, A. A.; PATRÍCIO, I. S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. 356 p.: II; 30 cm

MENEGALI, I. Diagnóstico da qualidade do ar na produção de frangos de corte em instalações semi-climatizadas por pressão negativa e positiva, no inverno, no sul do Brasil. (**Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola**). Universidade Federal de Viçosa: Viçosa - MG, 2005.

MOLENTO, C. F. M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – Revisão **Archives of Veterinary Science** v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005. ISSN: 1517-784X.

MORAES, S. R. P. Caracterização de sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás. (**Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola**). Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, MG, 2002. 148 p.

MOREIRA, J. Effect of stocking density on performance, carcass yield and meat quality in broilers of different commercial strains. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p.1506-1519, 2004.

MOURA, D. J. **Ambiência na avicultura de corte**. In: *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 75-149.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. 1.ed. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 1989. 183p.

NORDI, W. M.; YAMASHIRO, K.; KLANK, M.; CARDOZO, E. C.; DAHLKE, F.; DITTRICH, R. L.; MOLENTO, C. F. M. Impacto da oferta de poleiros sobre o bem-estar de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 3, p. 19-25, 2006.

ÓDEN, K. Fear and aggression in large flocks of laying hens. (**PhD Thesis**). Swedish University of Agricultural Sciences: Skara, 2003. 46 p.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

PANDORFI, H. Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: suinocultura de precisão. (**Tese de doutorado em Engenharia Agrônômica**). Piracicaba: Esalq, 2005.

PEARL, R.; REED, L.J. **Skew growth curves**. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States, v. 6, p.16-22, 1920.

PEREIRA, A. K. Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva. (**Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola**). Universidade Federal de Viçosa: Viçosa-MG, 2006. 76 p.

PEREIRA, D. F.; NAAS, I. A., ROMANINI, C. E. B., SALGADO, D. D., PEREIRA, G. O. T. Indicadores de bem-estar baseados em reações comportamentais de matrizes pesadas. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p. 308-314, maio/ago. Jaboticabal, 2005.

Protocolo de Boas Práticas na Produção de Frangos, elaborado pela União Brasileira de Avicultura – UBA, em 2008. Disponível em: <<http://www.uba.org.br>>. Acesso em: jun. 2009.

RAYZEL, C. Bem-estar do suíno criado intensivamente e implicações nos sistemas de produção. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS. **Anais...** p. 103–109, 2003.

RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, n. 29, p. 290-300, 1959.

RODRIGUES, V. C. Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando Visão Computacional e Inteligência Artificial. (**Dissertação de mestrado em Engenharia Agrônômica**). Piracicaba: Esalq, 2006.

SARTORI, J. R.; GONZALES, E.; DAL PAI, V. Effect of Environmental Temperature and Feed Restriction on the Performance and Composition of the Skeletal Muscle Fibers in Broilers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1779-1790, 2001.

Scilab. 2008. **The open source platform for numerical computation**. Available at: <www.scilab.org>. Accessed 21 jan. 2008.

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

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

SEVEGNANI, KELLY B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1. Campina Grande, p.115-119, 2005.

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

SHAO, J.; XIN, H.; Harmon J. D. Comparison of image feature extraction for classification of swine thermal comfort behavior. **Computer and Eletronics in Agriculture**, v.21, p.1-18, 1998.

SILVA, I. J. O.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; PIEDADE, S. M. S. Influência do sistema de criação nos parâmetros comportamentais de duas linhagens de poedeiras submetidas a duas condições ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1439-1446, 2006.

SILVA, M. A. N.; HELLMEISTER FILHO, P.; ROSÁRIO, M. F.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M.; GARCIA, A. A. F.; SILVA, I. J. O. Influência do Sistema de Criação sobre o Desempenho, a Condição Fisiológica e o Comportamento de Linhagens de Frangos para Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.208-213, 2003.

SILVA, W. T.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; MENDES, A. S.; LIMA, K. A. O. Estimativa de bem-estar de leitões utilizando a visão computacional. **Revista Brasileira de Agroinformática**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 2004.

STRINGHINI, J. H. Avaliação do Desempenho e Rendimento de Carcaça de Quatro Linhagens de Frangos de Corte Criadas em Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 183-190, 2003.

TEIXEIRA, V. H. Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco. (**Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola**). Universidade Federal de Viçosa: Viçosa – MG, 1983. p. 62.

TINÔCO, I. F. F. A granja de frangos de corte. In: Manejo e criação de frangos de corte. **Anais...** APINCO, p. 55-84, 2003.

TINÔCO, I. F. F. Sistema de resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte. (**Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola**). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, p. 92, 1988.

União Brasileira de Avicultura – **UBA**. Disponível em: <<http://www.uba.org.br>>. Acessado em: jul 2008.

United States Department of Agriculture - **USDA**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>>. Acesso em: jul. 2007.

VIGODERIS, R. B. Sistemas de aquecimento de aviários e seus efeitos no conforto térmico ambiental, qualidade do ar e performance animal, em condições de inverno, na região sul do país. (**Tese de doutorado em Engenharia Agrícola**) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006.

VXIA - Sistemas de Visão Artificial. (2004). Disponível em: <http://www.vxia.com.br/>. Acesso em: ago. 2007.

World Society for the Protection of Animals – **WSPA**. Disponível em: <<http://www.wspabrasil.org/wspaswork/factoryfarming/default.aspx>>. Acesso em: jun. 2007.

XIN, H. e SHAO, J. Real time assessment of swine thermal comfort by computer vision. In: PROCEEDINGS OF WORLD CONGRESS OF COMPUTERS. Agricultural and Natural Resources. Foz do Iguaçu: ASAE, 2002. p. 362-369.