



ERICA MOURA PEREIRA

**PADRÕES DE VOCALIZAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE
PARA SEXAGEM E ESTIMATIVA DE BEM-ESTAR**

CAMPINAS

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PADRÕES DE VOCALIZAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE
PARA SEXAGEM ESTIMATIVA DE BEM-ESTAR**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, na área de concentração
em Construções Rurais e Ambiente para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELA ALUNA ERICA MOURA PEREIRA
E ORIENTADA PELA PROF(A). DRA. IRENILZA DE ALENCAR NÃAS
Assinatura do Orientador

Errata- onde se lê: "...obtenção do Título
de Doutora em Engenharia Agrícola."

Leia-se: "...obtenção do Título de Doutora
em Engenharia Agrícola, na área de concentração
de Construções Rurais e Ambiente."

Prof. Dr. ZÍGONAR MENEZES DE SOUZA
Matrícula 29041-2
Coordenador de Pós-Graduação
FEAGRI/UNICAMP

CAMPINAS
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

P414p Pereira, Erica Moura
 Padrões de vocalização de frangos de corte para a
 sexagem e estimativa de bem-estar / Erica Moura
 Pereira. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

 Orientador: Irenilza de Alencar Nääs.
 Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

 1. Processamento de sinais - Tecnicas digitais. 2.
 Descritores. 3. Estresse. 4. Calssificação. I. Nääs,
 Irenilza de Alencar, 1951-. II. Universidade Estadual de
 Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
 Título.

Título em Inglês: Vocalization pattern to estimate sexing and welfare

Palavras-chave em Inglês: Digital Signal Processing , Descriptions, Stress,
Classification

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Leda Gobbo de Freitas Bueno, Mario Mollo Neto,
Rodrigo Garofallo Garcia, Marta dos Santos Baracho

Data da defesa: 17-10-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

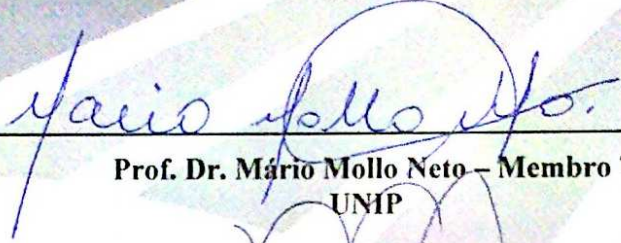
Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Erica Moura Pereira**, aprovada pela Comissão Julgadora em 17 de outubro de 2012, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



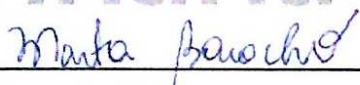
Profa. Dra. Leda Gobbo de Freitas Bueno - Membro Titular
Unesp/Dracena



Prof. Dr. Mário Mollo Neto – Membro Titular
UNIP



Prof. Dr. Rodrigo Garofallo Garcia - Membro Titular
UFGD



Dra. Marta dos Santos Baracho - Membro Titular
Feagri/Unicamp

AGRADECIMENTO

À minha orientadora, Profa. Irenilza de Alencar Nääs sou grata pela orientação.

Aos meus pais por todo amor e apoio durante estes anos.

Aos meus familiares pelo carinho e amor.

Ao meu noivo Fernando Mazzoleni e sua família pelo carinho e apoio que me deram.

À todos os meus amigos de Campinas e Dourados, por toda ajuda durante a realização dos experimentos e pelos momentos de distração que passamos juntos.

Aos professores da UFGD Rodrigo Garofallo, Fabiana Caldara e Ibiara Paz, sou grata pela ajuda com a realização dos experimentos.

Ao grupo de pesquisa de Construções Rurais e Ambiente, por todo apoio e ajuda durante esses anos.

À FEAGRI, pelos ensinamentos e experiências inesquecíveis.

À FAPESP, pelo apoio financeiro.

RESUMO

As regulamentações das normas, padronizações das granjas em relação ao bem-estar e as exigências dos consumidores estão causando uma grande modificação na produção de frangos de corte mundial. Como estas modificações estão ocorrendo juntamente com o desenvolvimento de novas ferramentas tecnológicas, que são utilizadas nos sistemas de produção animal, tornam-se uma ferramenta auxiliar aos sistemas de suporte a decisão, voltados para a estimativa de bem-estar animal. Sendo assim, a vocalização dos animais mostrou-se uma ferramenta de análise importante, fornecendo informações de forma não invasiva e possibilitando sua utilização de forma automatizada. A vocalização dos animais mostra a expressão do seu estado, podendo ocorrer de forma espontânea, ou como resultado de algum evento externo, por exemplo, a dor, a fome, a sede. O objetivo deste trabalho foi implementar a análise de reconhecimento de padrões em frangos de corte, inclusive de sexo e relacionar estes padrões aos indicativos de bem-estar. Esta pesquisa aconteceu em duas etapas e durante os primeiros dias de vida das aves. As aves foram divididas em dois grupos, o primeiro grupo com 15 aves e o segundo com 10 aves, foram fornecidos ração e água *ad libitum*. Foram depois colocados em uma câmara semi-anecóica e a vocalização foi registrada usando um microfone unidirecional acoplado a um gravador digital. No experimento de sexagem, foram utilizados 120 pintainhos da linhagem Cobb® e Ross® previamente sexados a partir das características do empenamento dos pintainhos. As vocalizações têm uma duração média de 2 minutos. Foram feitas análises na estrutura acústica das vocalizações dos pintainhos e foram calculados o “Pitch”, intensidade, 1ª e 2ª formante. No primeiro experimento, os resultados mostraram que aves vocalizam de forma diferente, quando isoladas e em grupo. Os pintainhos quando são isolados emitem um som de alta intensidade isso é identificado como "chamada de perigo". A quantidade de energia do sinal foi influenciada pelo peso das aves. Já os resultados da identificação do gênero, as vocalizações de ambos os sexos apresentou resultados estatisticamente significativos. Os resultados das vocalizações dos pintainhos de um dia indicaram que há diferença entre a vocalização de machos e fêmeas.

Palavras-chave: Processamento digital de sinais, descritores, estresse, classificação.

ABSTRACT

The regulations of standards, standardization of farms in the welfare, and the demands of consumption are causing a major change in the production of broiler chickens in Brazil. With these changes are occurring with the development of new technological tools, which are used together in animal production systems, can aid in decision support systems, focused on the estimation of animal welfare. Thus, the vocalization of the animals was shown to be an important analytical tool, providing information in a non-invasive way, and enabling its use in an automated manner. The vocalization of the animals shows the expression of its condition, and it may occur spontaneously or as a result of some external event, e.g., pain, hunger, thirst. The objective of this study was to implement a pattern recognition analysis of broiler chickens, including sex, and to relate these patterns as an indicative of welfare. This research took place in two stages and during the first days of life of birds. The birds were divided into two groups, the first group and the second with 15 birds with 10 birds were provided food and water *ad libitum*. They were then placed in a semi-anechoic chamber and vocalization was recorded using a unidirectional microphone coupled to a digital recorder. In the experiment of gender, 120 chicks Cobb[®] and Ross[®] were used, and they were previously sexed using the characteristics of the feathering of the chicks. The vocalizations were observed within an average of two minutes. Analyzes were performed on the acoustic structure of vocalizations of chicks, and we calculated the "Pitch" intensity, and the 1st and 2nd formant. In the first experiment, the results showed that different birds vocalize when isolated and in groups. The chicks, when isolated, emit a high sound intensity that is identified as "call of danger". The amount of signal energy is influenced by the weight of the birds. As the results of the identification of gender, the vocalizations of both sexes were statistically different. The results of the vocalizations of day-old chicks indicated that there is difference between the vocalization of males and females.

Keywords: Digital signal processing, descriptors, stress, classification.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Hipótese.....	2
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivos Gerais.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
REVISÃO DE LITERATURA	4
2.3. Bem-estar animal.....	4
2.4. Indicadores de bem-estar animal.....	5
2.5. Vocalização	6
2.5.1. Método automático de registro de vocalização	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Etapa 1.....	10
3.2. Etapa 2.....	11
3.3. Procedimento experimental.....	13
3.3.1. Etapa 1 - Experimento 1	13
3.3.2. Etapa 1 - Experimento 2.....	16
3.3.3. Etapa 1 - Experimento 3.....	17
3.3.4. Etapa 2 - Experimento 1	17
3.3.5. Etapa 2 - Experimento 2.....	18
3.3.6. Etapa 2 - Experimento 3.....	18
3.3.7. Esquema geral dos experimentos	19
3.4. Coleta de dados	20
3.5. Análise dos dados.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
CAPÍTULO I.....	26
CAPÍTULO II	41
CAPÍTULO III.....	52
CAPÍTULO IV.....	59
5. CONCLUSÕES.....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Laboratórios de Ambiência na FEAGRI/UNICAMP.	10
Figura 2. Alojamento dos pintainhos dentro da câmara climática.	11
Figura 3. Setor de avicultura experimental da FCA/UFGD.	12
Figura 4. Alojamento das aves dentro dos boxes.	12
Figura 5. Alojamento dos pintainhos durante a primeira semana.	13
Figura 6. Gravação da vocalização dos pintainhos do grupo A.	14
Figura 7. Gravação da vocalização dos pintainhos do grupo B.	15
Figura 8. Fluxograma do segundo experimento.	16
Figura 9. Câmara semi-anecóica.	17
Figura 10. Gravação da vocalização.	19
Figura 11. Gravador Panasonic® e Microfone unidirecional Yoga®.	20
Figura 12. Foto do interior da caixa acústica, onde foram realizados os experimentos.	21
Figura 13. Fluxograma com as funções do algoritmo de cálculo de energia.	23
Figura 14. Fluxograma com as funções do algoritmo de determinação do sexo das aves.	24

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Esquema geral das etapas e experimentos utilizados nesta pesquisa	19
---	----

1. INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento animal é muito importante, principalmente se considerarmos os animais que são confinados em granjas. O tema bem-estar animal vem ganhando uma atenção especial nos meios acadêmicos, científicos e técnicos. Em conjunto com as questões de segurança alimentar e as questões ambientais, o bem-estar está sendo considerado como um dos três maiores desafios encontrados na agricultura (ROLLIN, 1995).

A preocupação em relação à produção dos alimentos cada vez mais está relacionada com a qualidade e a quantidade do produto final, não se esquecendo das suas aplicações no meio ambiente e o bem-estar animal. A qualidade, a imagem de produto saudável e os preços acessíveis auxiliaram o Brasil na conquista de um espaço maior na exportação de frangos desde 2001. Este fato está acontecendo exatamente no momento em que novas exigências de mercado aparecem, novas tecnologias para produtos e processos gerenciais são aplicados no campo, e com a mudança de conceito da população, a qual cada vez mais exige um produto final de qualidade superior (PEREIRA, 2011).

A ausência de bem-estar frequentemente leva a uma carne de qualidade inferior, a qual resulta em perda de produção ou resulta em um produto inferior. Desta forma, a intensificação do estudo do bem-estar animal é necessária, principalmente no Brasil, onde a exportação de frango de corte é crescente desde o ano 2001. Com a intensificação dos estudos na área do bem-estar animal é possível atender as exigências do mercado consumidor interno e externo.

Na última década foram desenvolvidas novas ferramentas que auxiliam nos sistemas de produção animal, principalmente na área de suporte a decisão, os quais levam em consideração os dados produtivos, fisiológicos e comportamentais dos animais, etc. A utilização destes programas computacionais e protocolos específicos auxiliam os produtores fornecendo soluções alternativas e apropriadas para os problemas enfrentados no dia-a-dia dentro das granjas.

Com o avanço tecnológico na microeletrônica e no desenvolvimento de softwares, aumentou-se a aplicabilidade do uso destas tecnologias na produção animal, possibilitando, assim, a otimização da produção em tempo real em alguns processos de decisão. Estes avanços tecnológicos possibilitam a implementação de novas formas de registro do bem-estar animal. Embora haja registros de interpretação limitada de alguns tipos de estresse em

frangos de corte, desde o nascimento até o final da produção, poucas são as iniciativas de interpretação dos sons emitidos pelos frangos de corte durante a sua produção.

1.1 Hipótese

É possível estimar com acuracidade o sexo das aves e as condições de estresse e de bem-estar do animal durante o processo de produção, interpretando a vocalização dos frangos de corte utilizando a análise da vocalização através da extração de parâmetros dos sinais gravados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Gravar a vocalização dos frangos de corte, implementar um algoritmo de análise acústica, verificar e identificar os padrões nas vocalizações dos frangos e relacionar estes padrões aos indicativos de bem-estar do animal.

2.2. Objetivos Específicos

- Gravar a vocalização dos frangos de corte e extrair padrões.
- Relacionar os padrões encontrados nos sinais de áudio com os padrões indicativos de bem-estar dos frangos de corte.
- Relacionar padrões com identificação de sexo das aves através da vocalização.
- Desenvolver um algoritmo capaz de analisar os sons gravados das aves em situações de estresse e bem-estar.

REVISÃO DE LITERATURA

2.3. Bem-estar animal

Desde a década de 70, os cientistas tentam definir o termo bem-estar do animal, e este vem sendo o tema de diversos trabalhos, nos quais diversos autores apresentam diferentes definições. BROOM (1991) afirma que o termo bem-estar está ligado ao estado de um indivíduo em relação ao seu ambiente. Se por exemplo, o organismo falha ou tem dificuldade de se adaptar ao ambiente, esta não é uma indicação de diminuição do bem-estar do animal. Porém, no caso do sofrimento, esta situação normalmente é relacionada ao bem-estar do animal. Portanto, a falta de bem-estar não indica necessariamente um sofrimento.

Já HURNIK (1992), define que o bem-estar de um animal é "*o estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, o qual está caracterizado por condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal*".

Para FRASER (1999) grande parte das tentativas dos pesquisadores em definir termo o bem-estar animal está relacionada com três questões principais: 1) Os animais devem estar se sentindo bem, ou seja, não devendo ser submetidos a situações de estresse como medo, dor ou a situações desagradáveis de forma intensa ou por um período de tempo prolongado; 2) Os animais devem apresentar um bom estado físico, no sentido de saúde, crescimento, conforto e fisiologia; 3) Os animais devem levar vidas naturais através do desenvolvimento e do uso de suas adaptações naturais.

O bem-estar do animal está relacionado ao fato de como o animal percebe o ambiente no qual está inserido. Sendo importante levar em consideração não apenas os aspectos físicos do ambiente onde o animal vive, mas também os aspectos sociais, pois estes aspectos são tão importantes quanto os aspectos físicos (LE NEINDRE, et al., 2004).

Atualmente a definição do termo bem-estar mais utilizada é a definição estabelecida pela FAWC - (*Farm Animal Welfare Council, 1992*), a qual é baseada no reconhecimento das cinco liberdades inerentes aos animais: 1) A liberdade fisiológica, que é ausência de fome e de sede; 2) A liberdade ambiental, que deve suprir as necessidades de espaço; 3) A liberdade sanitária, que determina a ausência de doenças e de fraturas; 4) A liberdade comportamental, a qual permite a possibilidade de exprimir comportamentos normais; 5) A liberdade psicológica, que define a ausência de medo e de ansiedade.

2.4. Indicadores de bem-estar animal

Há diversos tipos de indicadores que podem ser usados para o monitoramento do bem-estar do animal, por exemplo, indicadores psicológicos provenientes da fisiologia do estresse, saúde física e indicadores comportamentais, que em grande parte dos casos demonstra serem critérios mais apropriados para a avaliação.

O monitoramento do bem-estar animal inclui uma ampla gama de paradigmas e medidas experimentais, as quais envolvem técnicas de condicionamento, testes de escolha e tempo disponível para realizar estas medições (LE NEINDRE, et al., 2004).

Mensurar de forma objetiva os efeitos que causam as condições de estresse e as de bem-estar nos animais, normalmente, não é uma tarefa trivial de ser realizada, tendo em vista que grande parte dos indicadores de bem-estar podem variar em função da raça idade, sexo, nutrição, manejo e as condições individuais de cada animal. Sendo assim, boa parte dos indicadores objetivos de bem-estar não devem ser analisados de forma isolada, mas sim em conjunto com um conjunto de mensurações (COOK, 1999).

Os avanços na área da neurofisiologia têm sido de grande importância para o entendimento do mecanismo de estresse do animal. Alguns indicadores sanguíneos como o cortisol, glicorticóides, prolactina, creatina fosfoquinase, lactato, entre outros, tem mostrado serem úteis para os estudos de bem-estar animal (SGOIFO A., 1996; OTTEN W, 2002; GRIGORIEV IV, 2003; TAKAI N, 2004; NATER UM, 2005)

Outros tipos de indicadores de bem-estar animal veem sendo utilizado em estudos laboratoriais, como o nível de neurotransmissores e frequência cardíaca (MANTECA, 1998; FAUCITANO, 2000).

Há também indicadores de bem-estar subjetivos como, escoriações na pele do animal, comportamento agressivo, salpicamento da musculatura, vocalizações e outros. O comportamento animal pode fornecer diversas informações sobre o bem-estar do mesmo. Esses comportamentos abrangem desde uma total apatia, passando por estereotípias, até alta agressividade (BROOM & FRASER, 2007). Os indicadores de bem-estar subjetivos são passíveis de variações em função do mensurador, no entanto são bons indicadores das condições que o animal foi submetido. A vocalização é um destes tipos de indicadores comportamentais e tem sido estudada desde a metade do século XX.

2.5. Vocalização

Segundo SILVA et al. (2007) a “*vocalização é um ruído gerado na laringe e propagado pelas cavidades ressonantes antes de serem emitidos pelos bordos ou nariz dos animais*”. GRANDIN (1998) descreve a vocalização como a geração ativa de sons com o uso de órgãos específicos, a qual constitui uma manifestação do estado específico do animal e pode ocorrer espontaneamente ou pode ser resultado de um evento externo.

As comunicações entre o feto e a mãe podem ser feitas através da vocalização, de movimentações ou sinais químicos, em especial na fase final de desenvolvimento do ovo (TOIEN, 1986). Os movimentos fetais e a vocalização de pintainhos tendem a ser afetados quando o ovo é submetido ao resfriamento (NICHELMANN & TZCHENTKE, 1997). Diversos parâmetros relacionados aos movimentos fetais e a vocalização tendem a aumentar com as baixas temperaturas. A vocalização dos pintainhos é de fundamental importância para a comunicação dele com as demais aves, por exemplo, quando um pintinho necessita proteger-se da perda de calor (COLLIAS, 1987; NICHELMANN & TZCHENTKE, 1997), a vocalização é essencial para sincronizar o nascimento (RUMPF M., 2010). Foi observado em embriões de ganso, que a vocalização aumenta quando o ambiente fica frio e diminui quando há aquecimento (NICHELMANN & TZCHENTKE, 1997).

As aves domésticas apresentam em média uns 30 tipos diferentes de vocalização e esses veem sendo registrados e descritos para frangos jovens e adultos (WENNRICH, 1981; HUBER & FOLSCH 1978; WOOD-GUSH 1971; GUHL 1968; COLLIAS & JOOS 1953). Quando um pintinho é isolado socialmente da matriz apresenta uma tendência de emitir uma vocalização de alta intensidade conhecida como “chamado de perigo” ou “piados” (ANDREW, 1964; COLLIAS, 1952). Estudos relataram que os piados de alta intensidade emitidos pelos pintainhos isolados são gerados com a intenção de chamar a mãe (matriz), a qual emite um som característico chamando o pintinho e inibindo a alta intensidade de sua vocalização (COLLIAS 1952). Alguns autores destacaram que a vocalização de um pintinho tende a diminuir ou ser inibida quando há a presença do som característico emitido pela matriz (EVANS & MARLER, 1994; MARLER, DUFTY, & PICKERT, 1986; KONISHI, 1963; KRUIJT, 1964; COLLIAS & JOOS, 1953). O pintinho pode sair à procura de comida devido ao estresse ocasionado pelo isolamento social, que desperta o apetite do animal (BATESON, 1971).

A vocalização de suínos foi pesquisada inicialmente com a finalidade de identificar o repertório acústico dos suínos. Em GRAUVOGL (1958), o autor identificou vinte e três tipos de vocalizações diferentes. Sem seguida, métodos sonográficos foram utilizados para a análise da frequência do repertório vocal dos suínos. Estes métodos resultaram na determinação de quatorze tipos de vocalização (KILEY, 1972) e dez diferentes tipos expressões vocais (KLINGHOLZ & MEYNHARDT, 1979). Apesar das controvérsias sobre as expressões dos suínos serem ou não contínuas (KLINGHOLZ & MEYNHARDT, 1979), no trabalho realizado por JENSEN & ALGERS (1984), os autores sugerem que a vocalização dos suínos esta altamente correlacionada com os níveis de excitação dos suínos.

Segundo os autores (KILEY, 1972; FRASER, 1974; SCHRADER & TODT, 1998), as vocalizações que apresentam baixas frequências (grunhidos) são utilizadas na manutenção do contato social, ao passo que vocalizações que apresentam altas frequências (gritos) estão mais relacionadas com estados de excitação do animal.

A vocalização é uma parte importante na comunicação dos animais (KILEY, 1972; FRASER, 1974; WEARY e FRASER 1995; GRANDIN, 1998; TIRADO & CORONA, 2002). Estes autores afirmam em suas pesquisas que os suínos vocalizam em situações estressantes, por exemplo: desmame, fome, dor, com vocalizações de alta frequência. Neste contexto, a vocalização tornou-se uma ferramenta cada vez mais importante para a avaliação do bem-estar animal, pois possibilita a análise das frequências das vocalizações em diferentes situações de estresse.

Diversos estudos estão usando a vocalização como uma ferramenta de análise para avaliar o bem-estar dos animais (WEARY et al., 1997; CHISTOPHER & LINDA, 1999; MARX et al., 2001; MANTEUFFEL & SCHÖN, 2002; HAY et al., 2003; MANTEUFFEL et al., 2004). Estas análises são feitas utilizando sistemas de monitoramento não-invasivos podendo, inclusive, ser automatizados.

Alguns dos estudos que abordam a vocalização de suínos analisam a relação entre o comportamento vocal e a resposta fisiológica como liberação de hormônio do estresse (SCHADER & TODT, 1998; JOHNSON et al., 1994).

Os autores WEARY & FRASER (1997) ao estudar a vocalização de suínos desmamados observaram que os leitões que foram desmamados mais jovens, com três semanas, produziram um número mais elevado de vocalizações em uma frequência maior quando comparados aos leitões desmamados mais tarde, com cinco semanas de idade. O

resultado deste estudo indica que a vocalização pode ser útil no monitoramento do período de adaptação de leitões após o desmame.

Em MARX et al., (2003), os autores analisaram a vocalização de suínos durante o processo de castração. A pesquisa apontou que a vocalização associada à situação de dor pode ser identificada e caracterizada principalmente através de parâmetros como energia emitida, frequência e a duração da vocalização.

2.5.1. Método automático de registro de vocalização

Utilizando um sistema automático de detecção de estresse (STREMOD0), os autores (PUPPE et al., 2005) analisaram as vocalizações de suínos machos, com 19 semanas de vida, ao longo de três períodos distintos do processo de castração: 1) período pré-cirúrgico; 2) período cirúrgico; e 3) período pós-cirúrgico. Os resultados desta pesquisa mostraram que a duração das vocalizações, os picos das frequências das vocalizações e a complexidade do espectro, foram afetados pelo ato da castração dos animais.

Normalmente, grande parte das vocalizações é primeiramente registrada no ambiente natural onde o animal vive. As vocalizações inicialmente são gravadas e posteriormente analisadas. Quando a gravação das vocalizações ocorre durante o desenvolvimento de um experimento em laboratório, em condições controladas, a análise das vocalizações é mais fácil, enquanto que em campo torna-se mais difícil devido a ruídos do ambiente. Os experimentos realizados em campo muitas vezes são utilizados para a interpretação das condições que o indivíduo vocalizou (VON BORELL & LADEWIG, 1992; De PASSILLE et al., 1995).

A análise das vocalizações animais pode ser feita usando o processamento digital de sinais, o qual permite a geração de diversas descrições numéricas e diversas análises estatísticas (HOPP et al., 1997). Segundo MANTEUFFEL et. al. (2004) deve-se utilizar a transformada rápida de Fourier para o processamento digital dos sinais, pois através da transformada rápida de Fourier podem-se obter os espectros das vocalizações digitalizadas, para que possa ser feita uma análise bioacústica.

Vários métodos já foram desenvolvidos com o intuito de caracterizar a vocalização dos animais, por exemplo, extração de características no domínio do tempo, no domínio da frequência, extração do cepstrum, o qual usa a transformada discreta de Fourier (NOLL, 1964).

A compreensão da relação existente entre a vocalização dos animais e o ambiente no qual estão inseridos, juntamente com o estudo sobre o comportamento animal e seus parâmetros fisiológicos, possibilita um conhecimento profundo a respeito do bem-estar dos animais domésticos e de criação (KILEY-WORTHINGTON, 1984; FISHER & MATTHEWS, 2001). De acordo com MANTEUFFEL et. al. (2004), a análise da vocalização dos animais é uma ferramenta de grande aplicação para a produção dos animais, pois é um método não-invasivo, ou seja, não interfere no comportamento do animal, e fornece diversos parâmetros para a avaliação do bem-estar do mesmo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta pesquisa foram realizados três experimentos em duas etapas. A primeira etapa foi realizada em ambiente em escala reduzida, na Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, no Laboratório de Ambiência II; e, a segunda, em ambiente de granja experimental, na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados-MS, FCA/UFGD no setor de avicultura experimental.

3.1. Etapa 1.

Durante a realização do experimento na FEAGRI foram alojados 108 pintainhos, linhagem Cobb®, dentro da câmara climática (Figura 1a), do 1º ao 15º dias, em dois círculos feitos com placas de Eucatex usando cama de maravalha (Figura 2). Após o 15º dia, as aves foram alojadas em dois modelos de granja em escala reduzida (Figura 1b).



Figura 1. Laboratórios de Ambiência na FEAGRI/UNICAMP.



Figura 2. Alojamento dos pintainhos dentro da câmara climática.

3.2. Etapa 2.

Durante a segunda etapa do experimento realizada no setor de avicultura experimental da FCA/UFGD (Figura 3) foram utilizando 216 pintainhos de corte, da linhagem Cobb® e 216 pintainhos da linhagem Ross®, dos quais metade eram fêmeas e a outra metade machos, todos nascidos no mesmo dia. Os animais foram alojados em oito boxes com uma cama de casca de arroz e em cada boxe havia 54 aves (Figura 4).



Figura 3. Setor de avicultura experimental da FCA/UFMG.



Figura 4. Alojamento das aves dentro dos boxes.

3.3. Procedimento experimental

3.3.1. Etapa 1 - Experimento 1

O primeiro experimento teve o objetivo analisar do comportamento das aves através da vocalização dos pintainhos durante um processo de isolamento social. Este experimento ocorreu na primeira semana de vida dos pintainhos. Durante os quinze primeiros dias de vida dos animais foram fornecidos ração e água *ad libitum* e foi feito um controle de peso semanalmente. As aves foram mantidas em um círculo de folhas de Eucatex nas duas etapas, com uma temperatura de conforto térmico (33 – 30°C) durante a primeira semana (Figura 5).

Nesta etapa, realizada na FEAGRI, foram colocados em cada círculo 54 aves, com uma temperatura de conforto térmico, além de ração e água *ad libitum*.



Figura 5. Alojamento dos pintainhos durante a primeira semana.

O processo de aquisição das vocalizações aconteceu em duas partes ao longo da primeira semana de vida dos pintainhos. As aves foram separadas em dois grupos A e B, de 15 e 10 pintainhos, respectivamente. As aquisições dos áudios foram feitas dentro de uma câmara semi-anecóica na primeira etapa e em uma caixa acústica na segunda etapa.

A primeira parte da aquisição dos dados aconteceu para o grupo A. Em que, inicialmente foi gravada a vocalização dos 15 pintainhos (Figura 6a), depois foram retirados cinco pintainhos e gravado com os 10 restantes (Figura 6b), em seguida foi gravado com as sete aves (Figura 6c) e por último deixando apenas um pintainho (Figura

6d). Estes procedimentos foram aplicados quatro vezes. Ressaltando que a escolha dos pintainhos foi feita aleatoriamente e os pintainhos do grupo A não foram utilizados no grupo B.

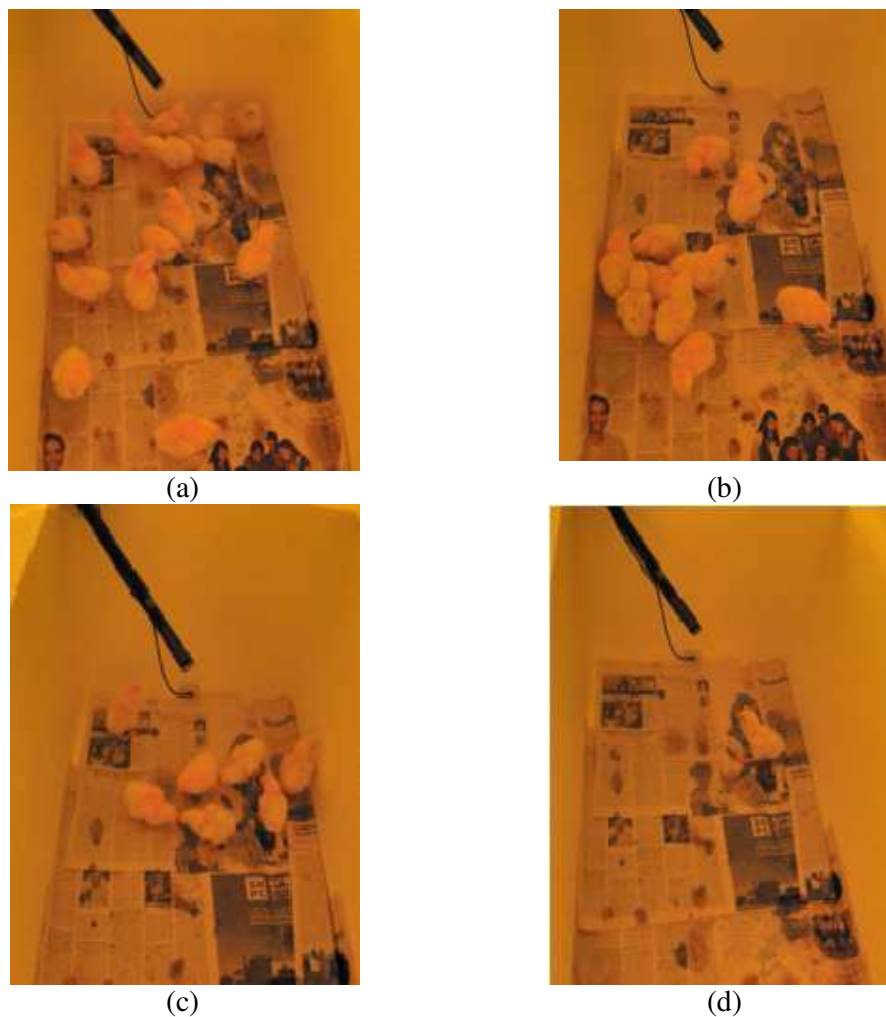


Figura 6. Gravação da vocalização dos pintainhos do grupo A.

A segunda parte foi realizada para o grupo B com 10 pintainhos. Primeiramente foi gravada a vocalização das 10 aves (Figura 7a), depois foram retiradas cinco e gravado o som com as cinco restantes (Figura 7b), em seguida com três pintainhos (Figura 7c) e por último foi deixado apenas um pintinho (Figura 7d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7. Gravação da vocalização dos pintainhos do grupo B.

As gravações foram feitas em três situações de temperatura: termoneutralidade, frio e calor. Para termoneutralidade, foi utilizada a temperatura entre, 30° e 32° C. No frio a temperatura variou entre, 16° e 18° C. No calor a temperatura foi mantida entre, 40° e 42° C. As temperaturas foram definidas com base no (MANUAL, 2011).

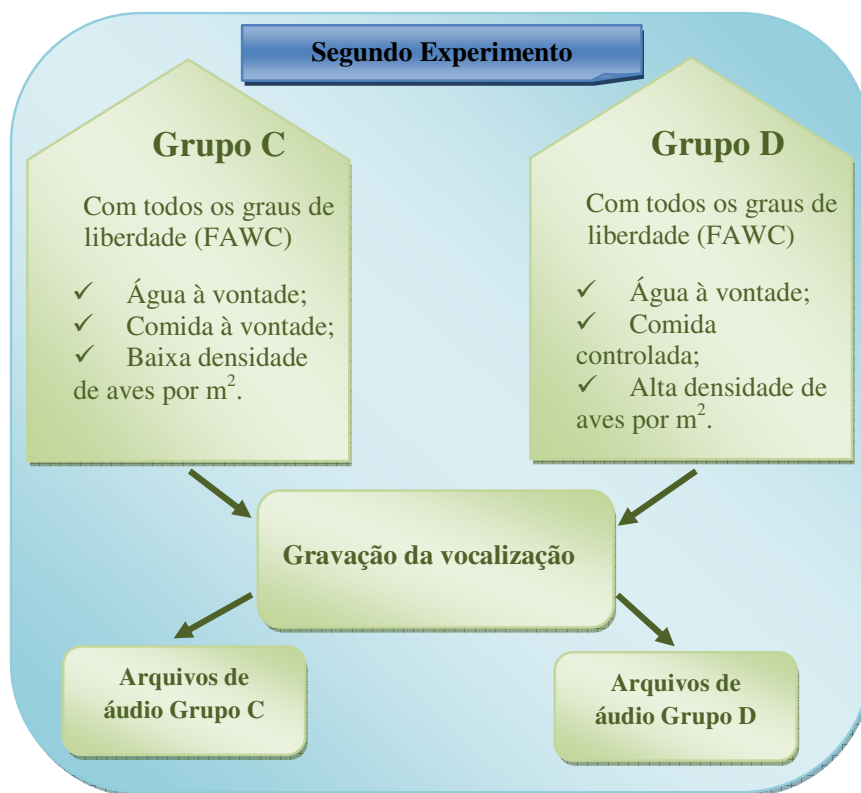
As temperaturas de termoneutralidade e calor foram obtidas com o auxílio de uma lâmpada infravermelha de 250 W que foi colocada dentro da câmara semi-anecóica e da caixa acústica. Na etapa 1, a temperatura baixa (18 - 20°C) foi obtida com o auxílio de gelo dentro da câmara semi-anecóica.

3.3.2. Etapa 1 - Experimento 2

O segundo experimento desta pesquisa tem o objetivo de estimar o bem estar dos frangos de corte através da vocalização. Este experimento ocorreu do vigésimo segundo ao quadragésimo segundo dia de vida dos animais, e as aves foram separados em dois grupos C e D, com 44 e 64 frangos, respectivamente.

Para o grupo C, foram fornecidos os cinco graus de liberdade de bem-estar inerentes aos animais definidos pela *Farm Animal Welfare Council* (FAWC). O grupo D com 64 aves sofreu algumas privações.

As aves foram alojadas com uma densidade maior que a recomendada de 30 kg por m², o fornecimento de comida foi controlado, sendo fornecida apenas a quantidade recomendada pelo manual do frango de corte (MANUAL, 2011), porém e água foi dada à vontade (Figura 8). As gravações das vocalizações ocorreram dentro dos modelos em escala reduzida, onde estavam alojadas as aves, na etapa realizada na FEAGRI.



3.3.3. Etapa 1 - Experimento 3

Este experimento consistiu na gravação da vocalização dos pintainhos no primeiro dia de vida com o intuito de determinar o gênero da ave através da vocalização.

Na etapa realizada na FEAGRI, foram utilizadas 30 aves. Cada um dos 30 pintainhos foi identificado, com anilhas numeradas, e colocado dentro da câmara semi-aneecóica (Figura 9), com uma temperatura de termo neutralidade, para o registro da vocalização de cada ave.

Posteriormente, as aves identificadas foram classificadas em macho e fêmea quando chegaram à fase adulta.



Figura 9. Câmara semi-aneecóica.

3.3.4. Etapa 2 - Experimento 1

Este experimento, realizado no UFGD, com procedimento similar ao descrito no item 3.3.1., teve o objetivo analisar do comportamento das aves através da vocalização dos pintainhos durante um processo de isolamento social.

As temperaturas de termoneutralidade (32 – 33°C) e calor (42 – 44°C) foram obtidas com o auxílio de uma lâmpada infravermelha para secagem de 250 W que foi colocada dentro da câmara semi-anecóica e da caixa acústica.

No experimento feito na UFGD, não foi necessário resfriar a caixa acústica, pois no dia que ocorreu a gravação a temperatura (16 - 18°C) estava abaixo daquela de termoneutralidade.

3.3.5. Etapa 2 - Experimento 2

O segundo experimento desta pesquisa tem o objetivo de estimar o bem estar dos frangos de corte através da vocalização. Na segunda etapa realizada na UFGD, foram colocados 54 aves em cada boxe.

Nesta parte do experimento, as aves foram separadas nos boxes por linhagem e sexo. Em quatro boxes foram alojados os pintainhos de linhagem Cobb[®], dois boxes com as fêmeas e dois com machos. Nos outros quatro boxes foram alojados os pintainhos da linhagem Ross[®], com a mesma disposição dos pintainhos da outra linhagem.

As gravações das vocalizações ocorreram dentro dos boxes, em dois períodos do dia, manhã e tarde.

3.3.6. Etapa 2 - Experimento 3

O procedimento deste experimento consistiu na gravação da vocalização dos pintainhos no primeiro dia de vida com o intuito de determinar o gênero da ave através da vocalização, conforme descrito no item 3.3.3. No experimento realizado na granja experimental da UFDG, foram utilizados 60 pintainhos da linhagem Cobb e 60 aves da linhagem Ross, todos sexados. Os pintainhos foram colocados individualmente dentro da caixa acústica, com uma temperatura de termoneutralidade (33 – 32°C), para a realização do registro da vocalização de cada ave (Figura 10).



Figura 10. Gravação da vocalização.

3.3.7. Esquema geral dos experimentos

A Tabela 11 mostra o resumo do esquema geral dos experimentos utilizados nesta pesquisa.

Tabela 1. Esquema geral das etapas e experimentos utilizados nesta pesquisa

Etapas – experimento/local	Experimento	Características: Nº. Aves/Linhagem
1-1/FEAGRI	Analisar do comportamento das aves através da vocalização dos pintainhos durante um processo de isolamento social.	108/ Cobb®
1-2/FEAGRI	Estima o bem estar dos frangos de corte através da vocalização.	108/ Cobb®
1-3/FEAGRI	Uso da vocalização dos pintainhos no primeiro dia de vida para determinar o gênero da ave através da vocalização.	30/ Cobb®
2 -1/UFGD	Analisar do comportamento das aves através da vocalização dos pintainhos durante um processo de isolamento social.	216/ Cobb® e 216/ Ross®
2 – 2/UFGD	Estima o bem estar dos frangos de corte através da vocalização.	216/ Cobb® e 216/ Ross®
2 -3/UFGD	Uso da vocalização dos pintainhos no primeiro dia de vida para determinar o gênero da ave através da vocalização.	60/ Cobb® e 60/ Ross®

3.4. Coleta de dados

A captura dos sinais sonoros foi feita através da utilização um microfone padrão polar unidirecional (cardióide) da Yoga[®] acoplado a entrada de áudio de um gravador digital Panasonic[®] (Figura 11). Este microfone é eficiente na minimização do ruído fora do eixo, ou seja, apresenta uma resposta de frequência plana que resulta na reprodução de um sinal preciso em qualquer aplicação.

O sinal sonoro foi gravado e digitalizado através da placa de som do gravador digital. O *software* Voice Editing[®] foi usado para converter os sinais de áudio para mp3 e passar os arquivos do gravador para o computador. Este *software* é da Panasonic[®] e é específico para o tratamento de sinais de áudio. As vocalizações foram analisadas através do algoritmo desenvolvido no Matlab[®].



Figura 11. Gravador Panasonic[®] e Microfone unidirecional Yoga[®].

Durante o primeiro experimento, de isolamento social, as aquisições dos áudios foram feitas dentro de uma câmara semi-anecóica, que é uma câmara de isolamento acústico parcial com um ruído de fundo de aproximadamente 24 dBA, suas medidas são: 100 cm de altura x 80 cm de largura x 130 cm de comprimento (Figura 12a) e dentro de uma caixa acústica, que é uma caixa com as paredes revestidas com isopor para isolar parcialmente o ruído do ambiente externo, com 90 cm de comprimento X 50 cm de largura X 40 cm de altura (Figura 12b). A gravação teve a duração média de 2 minutos e a temperatura dentro da caixa foi controlada de acordo com as três situações de temperatura: frio, calor e termoneutralidade. O microfone estava a uma distância de 30 cm das aves.

Este experimento realizou uma análise do comportamento dos pintainhos durante o processo de isolamento social através da vocalização. O registro das vocalizações nesta fase foi realizado com o intuito de extrair o máximo de parâmetros, analisar os espectros de

frequência de cada som emitido pelos frangos de corte e classificar em quatro tipos de vocalização: normal, curta, chamado de aflição e gorjear. A classificação será feita nestas situações de acordo com (MARX et al., 2001).



(a)



(b)

Figura 12. Foto do interior da caixa acústica, onde foram realizados os experimentos.

Durante o segundo experimento a captação da vocalização ocorreu dentro dos boxes onde os frangos estavam alojados. O microfone foi posicionado a 1 m das aves. As gravações foram realizadas do 22º ao 42º dia de vida das aves. A gravação foi realizada, das 9:00 h às 10:00 h da manhã e das 15:00 h às 16:00 h da tarde.

No experimento realizado na FEAGRI as gravações ocorreram dentro dos modelos em escala reduzida e, na etapa realizada na UFGD, as gravações foram feitas dentro de cada box. Essa parte do experimento pretendeu analisar o gasto energético das aves nas duas situações proporcionadas aos dois grupos de animais (C e D) e verificar se há diferença entre a vocalização das aves e se é possível diferenciar as situações de estresse e bem estar dos animais.

No último experimento a captação da vocalização dos pintainhos foi feita dentro da câmara semi-anecóica e da caixa acústica, o microfone foi posicionado a 30 cm das aves (Figura 12). Na primeira etapa, a gravação foi feita individualmente para cada um dos 30 pintainhos. Na segunda, o registro da vocalização foi feito individualmente para os 60 pintainhos sexados de cada linhagem.

3.5. Análise dos dados

Para a análise dos dados do primeiro experimento foi desenvolvido um algoritmo no ambiente Matlab[®]. Este algoritmo inicialmente carregou os sinais de áudio capturados. Em seguida, os sinais foram amostrados com uma frequência de 51.2 kHz. O próximo passo foi calcular a Transformada de Fourier (OPPENHEIM & SCHAFER, 1999), com 512 pontos, utilizando a janela de hanning, com sobreposição de 50%, para se obter o espectro total da vocalização e extrair os parâmetros dos sinais, os quais permitem a classificação dos sinais nas quatro situações: normal, chamado curto, chamado de aflição e gorjear.

O método de análise dos resultados é semelhante ao utilizado como referência para análise da fala proposto por (RABINER & JUANG, 1993). Além deste método de análise está sendo feita uma análise espectral dos sinais capturados, a qual verifica a intensidade sonora que existe em todas as bandas de frequência do sinal. Foram extraídos ainda parâmetros como, centróide espectral, *roll-off*, proporção de quadros com pouca potência, fluxo espectral, largura de faixa, coeficientes cepstrais, entre outros (PEREIRA, 2009).

Após a extração dos parâmetros, foi feito um *ranking*, que determinou os melhores parâmetros, ou seja, os que apresentaram resultados mais significantes. Em seguida, os parâmetros mais significantes foram utilizados para o desenvolvimento de um segundo algoritmo, que fará a classificação automática das vocalizações dos frangos de corte em situações pré-determinadas. Foram testados vários métodos para realizar a classificação das vocalizações, como K-vizinhos mais próximos (KNN), Modelo de Mistura Gaussiana (GMM), Redes Neurais, Máquina de vetor suporte, entre outros (THEODORIDIS & KOUTROUMBAS, 2006).

No segundo experimento, foi desenvolvido um algoritmo que calcula o gasto de energia que o frango de corte tem ao vocalizar quando são fornecidos os cinco graus de liberdade de bem estar inerentes aos animais definidos pela FAWC e quando não são fornecidos os cinco graus de liberdade.

O algoritmo inicialmente carrega os sinais de áudio capturados. Em seguida, realiza o cálculo da Transformada de Hilbert (OPPENHEIM & SCHAFER, 1999), para obter a envoltória do sinal, a energia e a média das vocalizações. A energia total de cada sinal será calculada em função da duração do sinal, em segundos (CORDEIRO et al., 2009). A Figura 13 apresenta um fluxograma que identifica as funções do algoritmo.

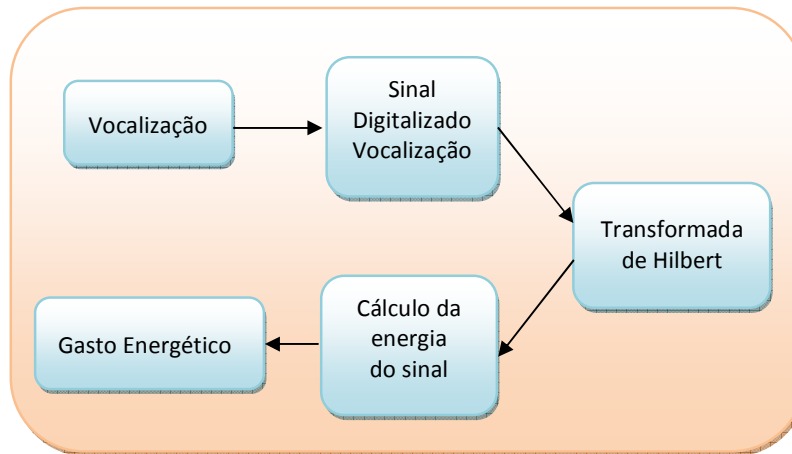


Figura 13. Fluxograma com as funções do algoritmo de cálculo de energia.

Para a determinação do bem-estar, foram estabelecidos os padrões toleráveis pelas normas internacionais e nacionais, dentro das diversas situações estudadas e será proposta também uma função, levando em consideração pesos específicos para cada situação de estresse, como segue:

1. Se a somatória das proporções de vocalização emitida durante certo período e certo procedimento for maior ou igual a um, então o animal esteve fora do estado de bem-estar; e
2. Se a somatória das proporções de vocalização emitida durante certo período e certo procedimento for menor que um, então o animal esteve em bem-estar;

Para a análise dos dados do terceiro experimento foi desenvolvido um algoritmo no ambiente Matlab[®]. Este algoritmo inicialmente deverá carregar a vocalização dos pintainhos. Em seguida, os sinais foram digitalizados e amostrados com uma frequência de 51.2 kHz. O próximo passo será o cálculo da Transformada de Fourier (OPPENHEIM & SCHAFER, 1999), com 512 pontos, utilizando a janela de *hanning*, com sobreposição de 50%, para a obtenção do espectro total da vocalização e para a extração dos parâmetros dos sinais, os quais permitirão a extração dos padrões da vocalização dos pintainhos, na tentativa de identificar se são macho ou fêmea.

Os parâmetros extraídos dos sinais de vocalização foram energia, largura de banda, frequência fundamental, intensidade sonora, primeira e segunda formante.

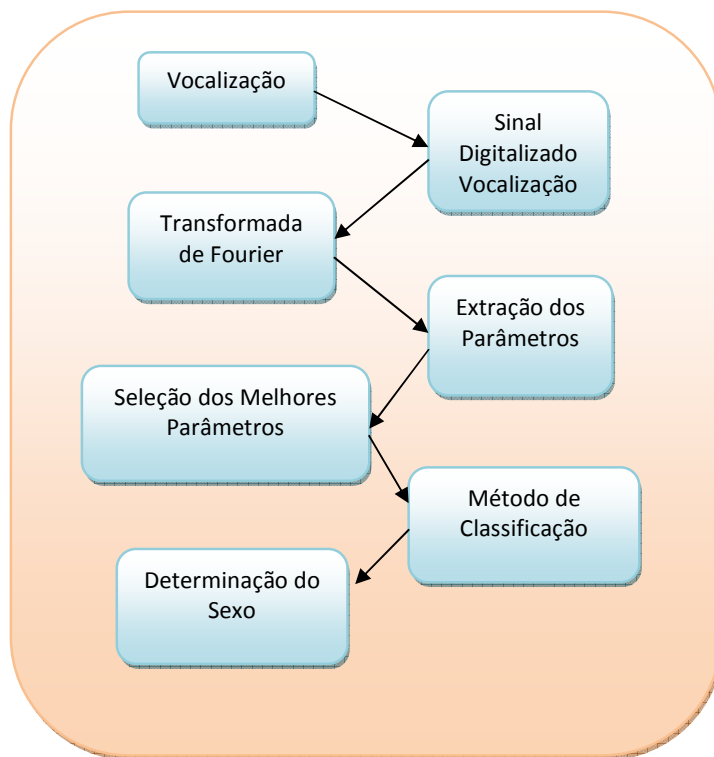


Figura 14. Fluxograma com as funções do algoritmo de determinação do sexo das aves.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados no formato de artigos enviados para publicação, em capítulos.

CAPÍTULO I

UNDERSTANDING CHICK VOCALIZATION MAY HELP TO IMPROVE BROILER PRODUCTION

Artigo redigido nas normas do periódico Biosystems Engineering.

Understanding chick vocalization may help to improve broiler production

Pereira E. M.¹, I. A. Nääs¹, Garcia, R.G.²

¹ School of Agricultural Engineering – UNICAMP, Campinas, Brazil

² College of Agrarian Sciences – UFGD, Dourados, Brazil

Abstract

Broiler welfare assessment may require the understanding of the signals emitted by the birds, not only in the quantitative way but also qualitatively. The delivery of calls with a specific set of acoustic features needs yet to be understood, in order to assess broilers welfare. Considering that animal welfare demand is a reality in international broiler meat market this research aimed to analyze pullets' vocalization through the sounds emitted during the process of social isolation, and cold stress. The experiments were carried out during the first week growth, and during the trial they received feed and water *ad libitum*. The pullets were distributed in two groups, one with 15 birds and the other with 10 birds. The pullets were placed in a semi-anechoic chamber and vocalization was recorded using a unidirectional microphone connected to a digital recorder. The results show that birds' vocalization is different when isolated and in a group. When isolated the chicks emit a high intensity sound (so-called alarm call), which is higher when associated to cold stress. The amount of signal' energy was influenced by the weight of birds. Results also indicate that the pullets were in social comfort when they were clustered in a group of 15 birds. Vocal response of male and female birds was different, and it was also influenced by the genetic strain.

Keywords: animal welfare, signal analysis, broiler production, acoustic communication

Highlights:

- Diverse commercial genetic strain vocalizes in different way both male and female.
- Pullets have a tendency to lose a large amount of energy in alarm calls.
- The noise pullets emit may point toward the proper flock density which may be favorable to reduce losses in broiler production.

1. Introduction

Animal welfare is directly related to how the animal interacts with the environment and it is essential to learn about the physical, environmental and social issues related to this theme (Fraser, 1990). The study of the animal' vocalization (sound pressure level) at the farm level allows to identify the condition of their welfare status or yet their exposure to stressful factors. Vocalization studies are related to several areas of ethological knowledge including wild animals (Bayly & Evans, 2003; Templeton et al., 2005; Furrer & Manser, 2009), farm animals (Wauters & Richard-Yris, 2003; Marler & Evans, 2008), and humans (Borkowska & Pawlowski, 2011).

Several studies indicate the effectiveness of the identification of certain sounds as a tool to assess the state of animal welfare (Marx et al., 2001; Moura et al., 2008b; Randall et al., 2009). This way of assessment presents the advantage of being noninvasive and can be fully automated (Moura et al., 2008a). Using a combination of observational studies and playback experiments, alarm calls have been shown to convey a range of information about a stressful situation or a predation event, including the class of predator, level of response urgency and the caller's imminent behavior (Clay et al., 2012; Wilson & Evans, 2012).

This research aimed to analyze some aspects of the vocalization of sexed pullets in the first week of growth, such as exposure to social isolation under cold stress,

modification on signals emitted by females and males, and the difference in their vocalization from two distinct commercial genetic strains.

2. Methodology

2.1. Birds and husbandry

The birds were reared in an experimental aviary in similar conditions to commercial broiler farming at latitude of 22° 11' S, longitude of 54° 56' W and altitude of 217.77 m. A total of 432 pullets in the first week of growth were randomly selected in a commercial incubator, half of them from the commercial genetic strain C (Cobb®) and the other half from the commercial genetic strain R (Ross®). The birds were randomly separated by sex and distributed in boxes with an area of 4.5 m² (Figure 1) with 5 cm thick of wood shavings new litter, resulting in a flock density of approximately 12 birds m⁻². The pullets were equally given a commercial isonutritive diet (Barbosa et al., 2008), and fresh water and feed were available *ad libitum*. Inside the experimental aviary a light regime of 12:12 h (light: dark) was applied, and ambient temperature remained around 33-30 ° C during the first week, with the aid of heaters with bulb lamps of 250 W.

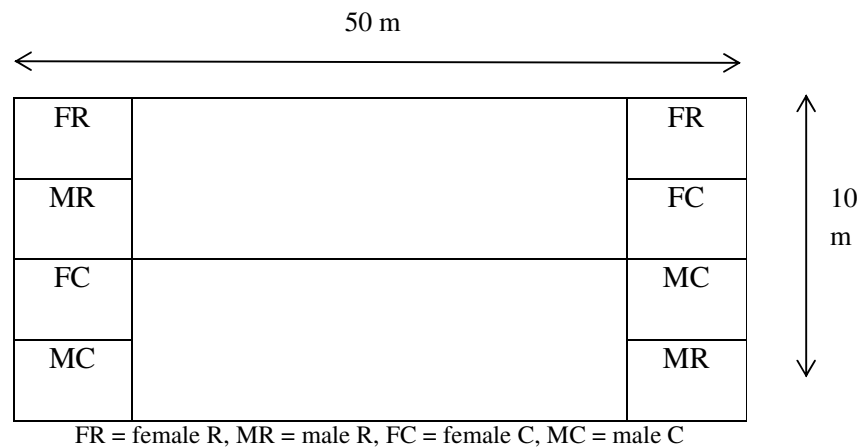


Figure 1. Scheme of the experimental aviary and the pullets' boxes distribution.

2.2. Experimental Procedure

The pullets were divided into two groups A and B, with 15 and 10 birds, respectively. The birds were randomly chosen in each box for the recording of vocalization within a semi-anechoic chamber, with dimensions of 80 cm (height) x 80 cm (width) x 100 cm (length). The pullets were taken from the heated housing (33-30 °C) and exposed to the lower temperature range inside the semi anechoic chamber (where the temperature was controlled within the thresholds of 16 to 18 °C) for determining their vocal reaction to cold stress. For recording the sounds within the semi-anechoic chamber, the group A was subjected to the following procedure, which was repeated twice for each sex: (1) the birds were grouped together, and the vocalization was recorded; (2) five birds were removed leaving the remaining ten, and again the vocalization was recorded; (3) three birds were removed maintaining seven birds and then the sound was recorded. This procedure was repeated until only one bird was left inside the semi anechoic chamber.

The experimental process for group B was repeated twice as follows: (1) ten birds were grouped together and the vocalization was recorded; (2) five birds were removed leaving the remaining five, and then vocalization was recorded; (3) two birds were removed and the sound recording has been done with the three remaining birds.

This procedure was repeated until only one bird was left inside the semi anechoic chamber. This method was done for each box and data was processed interrelated to each group (FR, MR, FC and MC). The whole recording process lasted two hours. There was not a specific rule for recording the peeps. Pullets were randomly selected from the boxes. As there were two boxes of each alternative, the experimental data had two repetitions of each arrangement (sex, genetic strain, and cold stress).

The sound (peep) was recorded during 2 min using a directional microphone with a high frequency response coupled to a digital recorder. Each audio signal recorded during

40s was chosen at random for analysis using the software Audacity[®]. The Hilbert transform was used to obtain the mean value of energy expenditure during the vocalization of the birds, the total spectrum, and the extraction of parameters of the recorded signals (Oppenheim et al., 1989; Yan et al., 2005). The extracted parameters were classified as normal peep, and alarm call, according to Marx et al. (2001). The vocalizations were analyzed as suggested by Rabiner and Juang (1993).

This experiment was approved by the Animal Experimentation Ethics Committee of the College of Animal Science, FAC, Federal University of Grande Dourados, MS, Brazil, Protocol n. 03/2011.

3. Results and Discussion

3.1. Energy expenditure during vocalization

Results of the signal modeling in the time domain for the vocalizations recorded in group A and B indicate different reaction to each stress exposure (Figure 2) as predicted by Marx et al. (2001) and Bayly and Evans (2003). Spectrographic classification may be done using animals' vocalization, and it might determine the specific code of communication (Collias, 1987).

Vocal cords require a greater amount of energy to start the vibration. Thus, the initial energy to start the vocalization is higher than its continuance, and it is likely to stay in balance as the condition to which the animal is exposed tends to normalize (Lamb et al., 2009). According to Marler and Evans (2012) chicken calls are sufficient loud to spread the alarm without being so loud as to reach the predator. Moreover their study suggests that the behavior of the calling bird indicates an effort at concealment, if there is any other bird nearby. However, if the situation distressing the animal extends the energy expenditure tends to rise due to the increase in the length of time spent vocalizing.

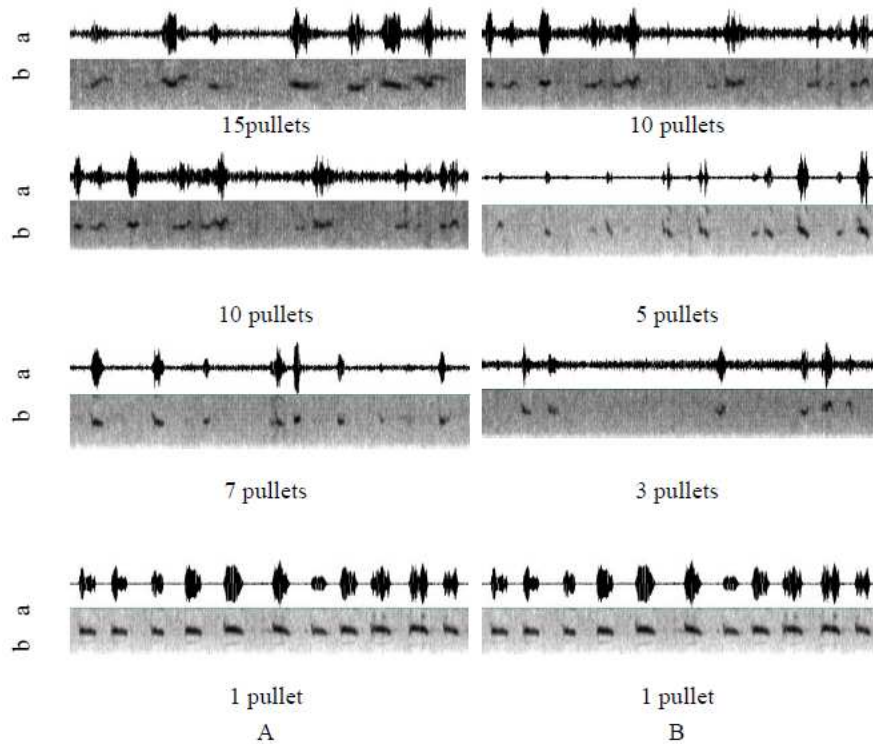


Figure 2. Pullets' vocalization frequency (a = frequency range, kHz) and the spectrum of frequency (b = frequency modulation, Hz) in time domain for the groups A and B.

Results from this experiment also showed that energy expenditure in vocalizing was different for females and males, and it also depends on the weight of the pullets. The mean energy expenditure and weight of female birds during vocalization were different when exposed to cold stress varying from 0.669 kcal (energy bird⁻¹), which was related to 1 pullet alone, and 0.024 kcal, which was related to three pullets (Table 1). The results suggest that there was a difference of peeps, when the birds were in groups and social isolation (Table 1). It was also observed that the birds from group B presented higher frequency of peeps than those in group A. When we exposed the group with 15 birds (A) to the cold stress trial, probably the five extra pullets in this group were sufficiently clustered to reduce heat loss minimizing the cold stress effect, when compared to the 10 pullets together (B).

Table 1. Mean of 1 day old pullets weight and energy expenditure during their vocalization.

Number of pullet	Mean of weight (kg bird ⁻¹)	Mean of energy (kcal)	Energy unit (kcal kg ⁻¹)
1	0.045a	0.669c	14.87c
3	0.047a	0.024a	0.16b
5	0.046a	0.033a	0.14b
7	0.048a	0.054b	0.14b
10	0.046a	0.056b	0.12b
15	0.047a	0.036a	0.05a

Same letters in the same column indicate same values ($p < 0.05$).

The mean value of energy expended when the bird vocalized was lower when in groups of 3, 5 and 15 pullets (0.036 kcal), being different with 7 and 10 birds (0.054 kcal) and significantly higher when in social isolation (0.669 kcal). Similar values were identified by Marx et al. (2001) when studying social isolation in broilers. The pullets tend to peep more intensely when in isolation, and with less intensity when grouped, with a propensity to emit a high intensity of vocalization, known as alarm call, when exposed to social isolation and other stressful situations related to danger (Bayly & Evans, 2003; Cordeiro et al., 2009). Alarm calls are vocalizations emitted under extreme stress with encoding of urgency (Clay et al., 2012); however, this signal production might be expected to have other communicative interaction such as a social event. Marler and Evans (2012) also found significantly greater production of alarm calls in the presence of conspecific companions than when the male caller was either alone or close to a female. This behavior

may enhance the understanding of the management commercially taken in rearing sexed flocks. In broiler production sexed flocks may need distinct values of flock density, as the clustering effect in female seems to be different from males, and it could be lower for females than for males.

When the power unit of energy was normalized (Table 1), the proportion of energy expenditure in terms of weight was unusually small when the birds were in groups of 15 ($0.05 \text{ kcal kg}^{-1}$), increasing in the intermediate group (0.12 to $0.15 \text{ kcal kg}^{-1}$) and getting particularly high when isolated ($14.87 \text{ kcal kg}^{-1}$). These values indicate that the birds apparently were in social comfort when they were clustered in a group of 15 birds. No reasonable explanation for this behavior was found; however, at this young age the pullets prefer to stay in groups to minimize the effect of variation in temperature during brooding (Dawkins et al., 2004; Febrer et al., 2006).

Pullets have greater ability in dissipating heat than to retain it (Barbosa et al., 2008). In the first weeks, when exposed to cold, birds expend energy to maintain a constant body temperature (Yahav, 2009). It is reported that animals might also use alarm calls to provide information about the degree of danger, or urgency (Leavesley & Magrath, 2005). In this experiment, we identified that the association of isolation with low temperatures can intensify poor welfare conditions, and the birds vocalize more and with more intensity. Moura et al. (2008) found that when pullets are housed in thermal comfort they vocalize less. As the temperature decreases the vocalization increased up in frequency, and the pullets try to warm up by clustering, consequently reducing the flock area of heat loss. As domestic chicks are reared by their mothers and are brooded under their wings, probably physical contact is beneficial to them, in addition to the temperature benefit of being brooded (Febrer et al., 2006).

3.2. Vocalization, sex and genetic strain

Vocalization of the female pullets, when isolated (1 bird), was higher than that of the male birds (Table 2 and Table 3). To date, the majority of evidence for functionally referential signals comes from studies of alarm call systems (Leavesley & Magrath, 2005; Zuberbühler, 2009). This evidence, in most cases, is not distinguishable by the human ear. However, they are easily identifiable when analyzed using computational tools and precise algorithms (Moura et al., 2008a). Animals might also use specific calls to provide information about the degree of danger or urgency (Sherry, 1977).

Table 2. Mean of 3 day old pullets weight in the vocalization of male and female birds from the genetic strains C and R.

Number of pullet	Mean weight (kg)							
	Commercial genetic strain							
	C				R			
	Male	CV(%)	Female	CV(%)	Male	CV(%)	Female	CV(%)
1	0.160	8.5	0.150	10.9	0.149	13.0	0.154	7.2
3	0.158	4.5	0.133	0.9	0.148	6.4	0.145	7.4
5	0.158	0.0	0.144	4.4	0.147	2.9	0.144	3.4
7	0.154	3.3	0.145	7.7	0.148	1.7	0.155	10.7
10	0.154	1.7	0.145	3.7	0.15	1.2	0.15	4.2
15	0.153	0.6	0.153	0.0	0.151	1.3	0.148	2.5

We found a slight difference between the values of energy expenditure amongst the different genetic strains, particularly for males (Table 2 and Table 3). Both in details of neuroanatomical involvement and broader representational and intentional processes, there are important qualitative differences in the communication systems of animals (Randall et

al., 2009). However, several species react vocally indicating the presence of imminent risk (Wilson et al., 2012). Kokolakis et al. (2010) found that alarm-calling behavior in male broiler chickens varied with both environmental and social factors, and there are several additional dimensions of plasticity in alarm characteristics related not only to the expected factors of social rank, but also to their personal vulnerability and to the proximity of rivals.

Under the conditions of this experiment, we can infer that there is a possibility to improve broiler production performance in commercial farms, by maintaining adequate rearing environment, coherent flock density and health conditions, and, as a consequence, controlling their energy expenditure during vocalization.

Table 3. Mean of 3 day old pullets energy expenditure in the vocalization of male and female birds from the genetic strain C and R.

Number of pullet	Energy (kcal)							
	Commercial genetic strain							
	C				R			
	Male	CV(%)	Female	CV(%)	Male	CV(%)	Female	CV(%)
1	0.3853	111.86	0.3264	168.90	0.3492	153.3	0.3126	167.02
3	0.0003	44.57	0.0009	96.28	0.0014	0.03	0.0005	70.32
5	0.0003	3.51	0.0001	28.48	0.0012	20.14	0.0015	53.05
7	0.0005	35.67	0.0011	22.63	0.0048	2.99	0.0032	70.64
10	0.0025	30.02	0.0022	74.95	0.0020	98.37	0.0018	59.37
15	0.0017	75.70	0.0014	69.76	0.0012	57.76	0.0108	123.86

4. Conclusions

Chicks vocalize differently when they are isolated or in groups. The high intensity sound when isolated was identified as an alarm call, and it is greater when the birds are exposed to cold stress. Male pullets vocalize different from female, and the genetic strain also influenced their vocal response. The more chicks vocalize the higher their energy expenditure, and it may represent a loss in production in a long run.

Acknowledgement

The authors wish to thank The Foundation for Support of Research in the State of São Paulo.

References

- Barbosa, F. J. V., Lopes, J. B., Figueiredo, A. V., Abreu, M. L. T., Dourado, L. R. B., Farias, L. A., & Pires, J. E. P. (2008). Níveis de energia metabolizável em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 849-855. 10.1590/S1516-35982008000500011
- Bayly, K. L., & Evans, C. S. (2003). Dynamic changes in alarm call structure: a strategy for reducing conspicuousness to avian predators? *Behaviour*, 140, 353-369. 10.1163/156853903321826675
- Borkowska, B., & Pawlowski, B. (2011). Female voice frequency in the context of dominance and attractiveness perception. *Animal Behaviour*, 82, 55-59. doi:10.1016/j.anbehav.2011.03.024
- Clay, Z., Smith, C. L., & Blumstein, D. T. (2012). Food-associated vocalizations in mammals and birds: what do these calls really mean? *Animal Behaviour*, 83, 323-330. 10.1016/j.anbehav.2012.08.011

- Collias, N. E. (1987). The vocal repertoire of the red jungle fowl: a spectrographic classification and code of communication. *The Condor*, 89, 510-524.
- Cordeiro, A. F. S., Pereira, E. M., Nääs, I. A., Silva, W. T., & Moura, D. J. (2009). Medida de vocalização de suínos (*Sus scrofa*) como um indicador de gasto energético. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 2, 143-152.
- Dawkins, M. S., Donnelly, C. A., & Jones, T. A. (2004). Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature*, 427, 342-344. 10.1038/nature02226
- Febrer K., Jones, T. A., Donnelly, C. A., & Dawkins, M. S. (2006). Forced to crowd or choosing to cluster? Spatial distribution indicates social attraction in broiler chickens. *Animal Behaviour*, 72, 1291–1300. 10.1016/j.anbehav.2006.03.019
- Fraser, D. (1990). Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures. *Applied Animal Behavior Science*, 65, 71-189. S0168- 1591 99 00090-8
- Furrer, R., & Manser, M. B. (2009). The evolution of urgency-based and functionally referential alarm calls in ground-dwelling species. *American Naturalist*, 173, 400-410. 10.1086/596541
- Kokolakis, A., Smith, C.L., & Evans, C. S. (2010). Aerial alarm calling by male fowl (*Gallus gallus*) reveals subtle new mechanisms of risk management. *Animal Behaviour*, 79, 1373-1380. 10.1016/j.anbehav.2010.03.013
- Leavesley, A. J., & Magrath, R. D. (2005). Communicating about danger: urgency alarm calling in a bird. *Animal Behaviour*, 70, 365–373. doi:10.1016/j.anbehav.2004.10.017
- Marler, P., & Evans, C. (2008). Bird calls: just emotional display or something more? *Ibis*, 138, 26-33. 10.1111/j.1474-919X.1996.tb04310.x

- Marx, G., Leppelt, J., & Ellendorff, F. (2001). Vocalization in chicks (*Gallus gallus dom.*) during stepwise social isolation. *Applied Animal Behaviour Science*, 75, 61-74. 10.1016/S0168-1591(01)00180-0
- Moura, D. J., Silva, W. T., Nääs, I.A., Tolón, Y. B., Lima, K.A.O., & Vale, M.M. (2008). Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64, 11-18 (a). 10.1016/j.compag.2008.05.008
- Moura, D.J., Nääs, I. A., Alves, E. C. S., Carvalho, T. M. R., Vale, M. M., & Lima, K. O. (2008). Noise analysis to evaluate chick thermal comfort. *Scientia Agricola*, 65, 438-443 (b). 10.1590/S0103-90162008000400018
- Oppenheim, A. V., Schaffer R. W., & Buck, J. R. (1989). Discrete-time signal processing. London: Prentice-Hall International.
- Rabiner, L., & Juang, B. H. (1993). Fundamentals of speech recognitions (2nd ed). New Jersey: Prentice Hall International.
- Randall, D., Owren, M. J., Michael J., & Ryan, M. J. (2009). What do animal signals mean? *Animal Behaviour*, 78, 233-240. 10.1016/j.anbehav.2009.06.007
- Sherry, D.F. (1977). Parental food-calling and the role of the young in the Burmese Red Junglefowl (*Gallus gallus spadiceus*). *Animal Behaviour*, 25, 594-601. 10.1016/0003-3472(77)90109-9
- Templeton, C.N., Greene, E., & Davis, K. (2005). Allometry of alarm calls: black-capped chickadees encode information about predator size. *Science*, 308, 1934-1937. 10.1126/science.1108841
- Wauters, A-M., & Richard-Yris, M-A. (2003). Maternal food calling in domestic hens: influence of feeding context. *Comptes Rendus Biologies*, 326, 677-686, 2003. 10.1016/S1631-0691(03)00128-8

- Wilson, D. R., & Evans, C.S. (2012). Fowl communicate the size, speed and proximity of avian stimuli through graded structure in referential alarm calls. *Animal Behaviour*, 83, 535-544. 10.1016/j.anbehav.2011.11.033
- Yahav, S. (2009). Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. *World's Poultry Science Journal*, 65, 719-732. 10.1017/S004393390900049X
- Yan, Y., Ahmad, K., Kunduk, M., & Bles, D. (2005). Analysis of vocal-fold vibrations from high-speed laryngeal images using a Hilbert Transform-based methodology. *Journal of Voice*, 19, 161-175.
- Zuberbühler, K. (2009). Survivor signals: the biology and psychology of animal alarm calling. In M. Naguib, K. Zuberbühler, N. S. Clayton, & V. M. Janik (Eds), *Advances in the study of behavior* (pp. 277-322.) Amsterdam: Elsevier Academic Press.

CAPÍTULO II

SEXAGEM DE FRANGOS DE CORTE USANDO VOCALIZAÇÃO

Artigo redigido nas normas do periódico Engenharia Agrícola

SEXAGEM DE FRANGOS DE CORTE USANDO VOCALIZAÇÃO

Pereira, E. M.¹, I. A. Nääs¹, Garcia, R.G.²

¹ Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas, Brasil

² Faculdade de Ciências Agrárias – UFGD, Dourados, Brasil

RESUMO

Para o avicultor conseguir o maior desempenho dos frangos de corte (*Gallus gallus domesticus*) é necessário reduzir os custos ao longo da cadeia produtiva diminuindo os gastos e desperdícios com ração e água. Isso é possível através da criação de frangos sexados, pois fêmeas e machos possuem necessidades fisiológicas diferentes, desta forma os animais receberão a quantidade de ração e água de acordo com as suas necessidades. Visando essa necessidade de sexar os animais, este trabalho visou a identificação dos gêneros através da vocalização de pintainhos de corte de ambos os sexos com um dia de vida. Foram utilizados 120 pintainhos da linhagem Cobb® e Ross® previamente sexados a partir das características do empenamento dos pintainhos. A gravação das vocalizações foi feita dentro de uma caixa isolada acusticamente, utilizando um microfone unidirecional, com resposta de frequência plana, acoplado a entrada de áudio de um gravador digital. As vocalizações têm uma duração média de 2 minutos. Foram feitas análises na estrutura acústica das vocalizações dos pintainhos e foi calculado o “Pitch”, intensidade, 1ª e 2ª formante. As vocalizações de ambos os sexos apresentou resultados estatisticamente significativos. Os resultados das vocalizações dos pintainhos de um dia indicaram que há diferença entre a vocalização de machos e fêmeas.

Palavras chaves: análise de sinais, identificação de gênero, bioacústica

INTRODUÇÃO

Atualmente os avicultores tentam obter o maior desempenho possível dos frangos de corte e uma redução nos custos da produção ao longo da cadeia produtiva. Isso se torna possível através da criação de frango de corte sexada. A criação de frangos sexados fornece ao produtor as condições necessárias para estimular ao máximo desenvolvimento das aves e ao mesmo tempo reduzir custos da produção evitando o desperdício de ração e água, pois os frangos machos e fêmeas receberão ração balanceada que suprirão as suas necessidades fisiológicas, as quais são diferenciadas, além de facilitar o manejo, possibilitar uma melhor utilização das instalações e equipamentos.

O estudo da vocalização vem sendo utilizado como uma ferramenta de avaliação de bem-estar animal de forma eficiente (WEARY et al, 1997;. CHISTOPHER & LINDA, 1999; MARX et al, 2001;. MANTEUFFEL & SCHÖN, 2002; MANTEUFFEL et. al., 2004; CORDEIRO et al., 2009). A análise da vocalização tem se tornado um importante indicador não invasivo e fornecendo diversos parâmetros para a avaliação do estado do animal. Dentre estas análises, encontra-se na literatura, indicação da possibilidade de se aproveitar a vocalização para se buscar identificar os sexos dos animais (FISCHER et al., 2004; VOLODIN et al., 2005; VANNONI & MCELLIGOTT, 2008). A sexagem em aves é geralmente uma tarefa difícil e invasiva, seja utilizando análise de DNA molecular ou de observação visual da cloaca porque os animais são semelhantes em plumagem e tamanho (VOLODIN et al., 2005; CERIT & AVANUS, 2007; VOLODIN et al., 2009). Já foi encontrada correlação positiva entre frequência de vocalização e dominância em macho, indicando a possibilidade de se identificar o macho pela vocalização (VANNONI & MCELLIGOTT, 2008; FISCHER et al., 2004). VOLODIN et al. (2009) compararam a sexagem usando a acústica vocal de patos, com os outros dois métodos invasivos (DNA e

inspeção cloacal) e encontraram que a formante fundamental pode ser utilizado para sexagem com a mesma acuidade que a análise molecular.

Após observar a carência de formas práticas e eficientes de definir a sexagem dos frangos de corte, este trabalho teve como objetivo, diferenciar e identificar os espectros de frequências das vocalizações de pintos de corte de um dia, das linhagens Cobb® e Ross®.

METODOLOGIA

Aves e manejo

Foram utilizadas 120 aves da linhagem Cobb® e Ross® no primeiro dia de vida para a realização deste experimento. As aves foram criadas em condições semelhantes às comerciais, no aviário experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados-MS, FCA/UFGD. As aves ficaram no mesmo ambiente, com cama de maravalha de 5 cm de espessura e no compartimento havia um regime de luz de 12:12 h luz:escuridão, enquanto a temperatura ambiente se manteve em torno de 33°C, utilizando campânulas com lâmpadas infravermelha de 250 W. Ração comercial bem como água fresca esteve disponível às aves *ad libitum*.

Este experimento teve a aprovação do comitê de ética da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados MS, Brazil, Protocolo n. 03/2011.

Registro e análise da vocalização

O registro das vocalizações foi realizado dentro de uma caixa isolada acusticamente com dimensão de 90 cm de comprimento x 50 cm de largura x 40 cm de altura. A temperatura dentro da câmara foi controlada dentro do intervalo de 17 - 18°C, para que as aves piassem por estresse de frio. As vocalizações foram gravadas durante o intervalo de 2 min, utilizando um microfone direcional com alta frequência de resposta acoplado a um gravador digital. De cada sinal de áudio gravado foram escolhidos, de forma aleatória, 45

segundos para análise através do software Praat[®]. Foram calculados quatro parâmetros acústicos das vocalizações para a diferenciação do sexo das aves: intensidade da vocalização, frequência fundamental (Pitch), primeira formante (F1) e segunda formante (F2).

Intensidade é uma propriedade sonora que está diretamente relacionada à energia de vibração que uma fonte sonora emite, ou seja, é o fluxo de energia por unidade de área. Esta propriedade do som é resultado da pressão que uma onda sonora exerce no ouvido humano ou sobre um aparelho que mede a intensidade da onda, permitindo assim a caracterização de um som em fraco ou forte. Desta forma, quanto menor for a pressão exercida menor será intensidade obtida. Frequência fundamental é considerada uma das principais características dos sons harmônicos, ou seja, dos sons que mostram uma periodicidade em curto prazo. Os sons periódicos produzem no ouvido humano uma sensação sonora conhecida como “Pitch”, ou seja, é a representação da frequência fundamental percebida de um sinal sonoro. Formantes podem ser definidas como sendo os picos de energia do espectro sonoro existentes em uma determinada região, ou seja, podem ser consideradas como um tipo de marca registrada de uma fonte sonora. Desta forma, esse parâmetro torna-se muito importante no processo de caracterização do timbre da fonte sonora.

Os resultados foram analisados utilizando-se o teste t-Student, para comparação das médias dos valores encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados estatísticos da diferenciação dos dois sexos, das linhagens Cobb[®] e Ross[®], através da análise dos parâmetros acústicos das vocalizações. Os resultados mostram que não foi possível diferenciar o sexo das aves através do cálculo do

teste-T da F2, Pitch e intensidade, pois esses parâmetros não se significativos. No entanto, o mesmo não aconteceu com o parâmetro F1, o qual apresentou uma diferença significativa (p-valor = 0,001), indicando que é possível fazer a diferenciação do sexo das aves através da primeira formante das vocalizações.

Tabela 1. Resultados estatísticos para diferenciação do sexo das aves da linhagem Cobb® e Ross®.

Linhagem	Parâmetro	P-valor	
		Test T	Test F
Cobb®	F1	0.001	NS
	F2	NS	7.3843 E ⁻¹⁴
	Pitch	NS	NS
	Intensidade	NS	0.0009
Ross®	F1	NS	NS
	F2	0.001	NS
	Pitch	NS	0.0004
	Intensidade	NS	NS

NS=não significativo

Os resultados obtidos para o teste-F apresentaram valores estatisticamente significativos para os parâmetros F2 e intensidade, ou seja, os resultados indicam que é possível diferenciar o sexo das aves da linhagem Cobb®, porém os demais parâmetros não apresentaram valores estatísticos significativos.

Os resultados obtidos para a linhagem Ross® indicam que através do cálculo do teste-T para da F1, Pitch e intensidade não foi possível diferenciar o sexo das aves, pois esses parâmetros não apresentaram resultados estatisticamente significativos. Porém, para o parâmetro F2 o resultado do teste-T foi estatisticamente significativo (P-valor = 0,001), o que indica que é possível fazer a diferenciação do sexo das aves através de F2 das vocalizações.

O parâmetro Pitch foi diferente pelo test F, para os sexos estudados (P-valor = 0,0004), portanto, através desse parâmetro foi possível diferenciar o sexo das aves da

linhagem Ross[®]. Porém, utilizando-se outros parâmetros, não foi possível identificar o sexo das aves. Os resultados encontrados mostram que, mesmo havendo semelhança para o ouvido humano, a vocalização de pintainhos de um dia de vida das linhagens Cobb[®] e Ross[®] são diferentes. Desta forma, a vocalização de pintainhos dos dois sexos pode ser utilizada para distinguir o sexo dos animais das duas linhagens.

Variação no comportamento de sinalização pode ser usada como controle de risco, quando exposto a um predador. Neste caso, o macho (*Gallus gallus*) omite o pulso de banda larga conspícuo no início de uma chamada aérea de alarme, após o primeiro de uma série e seletivamente retém o elemento mais crítica tonal naqueles que se seguem (BAYLY & EVANS, 2003). Esta plasticidade na estrutura do som, chamada de alarme, provavelmente, reflete uma troca entre a eficácia inicial, que exige um elemento localizável para alertar os companheiros de forma mais eficaz, e de minimização do remetente vulnerabilidade, que exige uma transição para uma estrutura vocal menos arriscado como o predador continua a se aproximar.

Quando se agrupa as linhagens e se separa os parâmetros por gênero, verifica-se que os resultados diferem os gêneros pela segunda formante (F2, p-valor < 0.05), como pode ser identificado na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados estatísticos para diferenciação das fêmeas e dos machos das duas linhagens.

Gênero	Parâmetro	P-valor	
		Test T	Test F
Fêmeas	F1	NS	NS
	F2	NS	0.0046
	Pitch	NS	NS
	Intensidade	NS	NS
Macho	F1	NS	NS
	F2	NS	4.4408 E ⁻¹⁶
	Pitch	NS	NS
	Intensidade	NS	NS

NS=não significativo

A ave doméstica é uma espécie ideal para se estudar a assunção de riscos no contexto do comportamento de sinalização, uma vez que a produção de chamadas de alarme aéreas é influenciada pelo efeito de audiência (CHRISTOPHER & LINDA, 1999; KOKOLAKIS et al., 2010). Variação individual na taxa de chamada de alarme prevê frequência de acasalamento e sucesso reprodutivo mais confiável do que qualquer outro atributo além de dominância. Além disso, a chamada de alarme aéreo aumenta significativamente quando as oportunidades de acasalamento dos machos são experimentalmente aumentadas (BAYLY et al., 2006; WILSON & EVANS, 2008; BRUMM et al., 2009). Os machos produzir chamadas de alarme aéreas que caem ao longo de um contínuo espectral, portanto, a diferença encontrada nesta pesquisa, provavelmente está associada à função evolutiva de reprodução (WILSON & EVANS, 2008; RANDALL et al., 2009)

Resultados semelhantes foram relatados na literatura a respeito da diferenciação do sexo de animais através da análise de parâmetros acústicos da vocalização de algumas aves (AYAKO, 1998) e de animais de outras espécies (VANNONI & MCELLIGOTT 2008), inclusive de primatas (FISCHER et al. 2004).

CONCLUSÃO

Utilizando-se a formante F2 foi possível identificar o gênero das aves e a linhagem. Normalmente estas evidências, não são facilmente identificáveis pelo ouvido humano. No entanto, quando analisados por ferramentas computacionais e algoritmos específicos é possível uma identificação mais precisa.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo apoio à pesquisa e a bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

- BAYLY, K. L.; EVANS, C. S. Dynamic changes in alarm call structure: a strategy for reducing conspicuousness to avian predators? *Animal Behaviour*, v.140, p. 353-369, 2003.
- BAYLY, K. L.; EVANS, C. S.; TAYLOR, A. Measuring social structure: a comparison of eight dominance indices. *Behavioural Processes*, v.73, p.1-12, 2006.
- BRUMM, H.; SCHMIDT, R.; SCHRADER, L. Noise-dependent vocal plasticity in domestic fowl. *Animal Behaviour*, v.78, n.3, p.741-746, 2009.
- CERIT, H.; AVANUS, R. Sex identification in avian species using DNA typing methods. *World's Poultry Science Journal*, 63, 91–99, 2007.
- CHRISTOPHER, S. E., LINDA, E. Chicken food calls are functionally referential. *Animal Behaviour*, v.58, p. 307 – 319, 1999.
- CORDEIRO, A. F. S., PEREIRA, E. M., NÄÄS. I. A., SILVA, W. T., MOURA, D. J. Medida de vocalização de suínos (*Sus scrofa*) como um indicador de gasto energético. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.2, p.143-152, 2009.

- FISCHER, J., KITCHEN, D. M., SEYFARTH, R. M.; CHENEY, D. L. Baboon loud calls advertise male quality: acoustic features and their relation to rank, age, and exhaustion. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 56, p. 140-148, 2004.
- KOKOLAKIS, A.; SMITH, C.L.; EVANS, C. S. Aerial alarm calling by male fowl (*Gallus gallus*) reveals subtle new mechanisms of risk management. *Animal Behaviour*, v.79, n.6, p. 1373-1380, 2010.
- MANTEUFFEL, G.; SCHÖN, P. C. Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. *Bornier Agratechnische Bericht*, v.29, p.110-18, 2004.
- MARX, G.; LEPPERT, J.; ELLENDORFF, F. Vocalization in chicks (*Gallus gallus dom.*) during stepwise social isolation. *Applied Animal Behaviour Science*, v.75, p. 61-74, 2001.
- RANDALL, D.; OWREN, M. J.; MICHAEL J.; RYAN, M. J. What do animal signals mean? *Behaviour*, v.78, n.2, p.233-240, 2009.
- VANNONI, E.; MCELLIGOTT, A. G. Low frequency groans indicate larger and more dominant fallow deer (*Dama dama*) males. *PLoS ONE*, 3, 2008. doi:10.1371/journal.pone.0003113 e3113.
- VOLODIN, I. A.; VOLODINA, E. V.; KLENOVA, A. V.; FILATOVA, O. A. Individual and sexual differences in the calls of the monomorphic white-faced whistling duck *Dendrocygna viduata*. *Acta Ornithologica*, v.40, p.43–52, 2005.
- VOLODIN, I.; KAISER, M.; MATROSOVA, V.; VOLODINA, E.; KLENOVA, A.; FILATOVA, O.; KHOLODOVA, M. The technique of noninvasive distant sexing for four monomorphic *dendrocygna* whistling duck species by their loud whistles. *The International Journal of Animal Sound and its Recording*, v.18, p. 277–290, 2009.
- WEARY, D.M.; FRASER, D. Vocal response of piglet to weaning: effect of piglet age. *Applied Animal Behaviour Science*, 54, 153-160, 1997.

WILSON, D. R.; EVANS, C. S. Mating success increases alarm-calling effort in male fowl, *Gallus gallus*. *Animal Behaviour*, v.76, p.2029-2035, 2008.

CAPÍTULO III

USING VOCALIZATION PATTERN TO ASSESS BROILER'S WELL BEING

Trabalho publicado 5th European Congress in Precision Livestock Farming

ECPLF, Vol. 1, pp.183-187

Using vocalization pattern to assess broiler's well being

E. M. Pereira¹, I. A. Nääs¹, F. G. Jacob¹

¹ *Agricultural Engineering College – UNICAMP, Campinas, Brazil*

irenilza@gmail.com

Abstract

This research aimed to study the sounds emitted by chickling under social isolation and interactions. Birds were placed in an semi-anechoic chamber and their vocalization was registered using a unidirectional microphone. Results showed that pullets vocalize different when isolated and in cluster. When isolated chicks emit a high intensity sound identified as “danger call”. The amount of signal energy and the centroid were influenced by the chick weight.

Keywords: welfare assessment, signal analysis, broiler production

Introduction

Animal welfare is related to the way the animal interacts with its surroundings and it is important to learn about the physical, environmental and social aspects related to this matter (Fraser, 1999; Seamer, 1998; Le Neindre et. al., 2004).

Several studies indicate the effectiveness of the identification of certain sounds as a tool for assessing animal welfare status (Weary et al., 1997; Chistopher & Linda, 1999; Marx et al., 2001; Manteuffel & Schön, 2002; Hay et al., 2003). These analyzes have the advantage of being non-invasive and may be automated.

This research aimed to analyze the vocalization of broilers chickens in the first week of growth during the process of social isolation and interactions.

Methodology

Birds and experimental procedure

Sixty one chicklings from the genetic strain Cobb 500[®] in the first weeks of growth were used in the trial. The birds were reared under conditions similar to the commercial ones. The chicks were separated in groups of 15 (2 groups) and 10 (3 groups) of birds. The first group was subjected to the following procedure, which was repeated four times, for recording the sounds inside the semi-anechoic chamber: (a) The birds were grouped together and recording of the vocalization was done; (b) Five birds were removed leaving

the remaining 10, and again the vocalization was recorded; (c) Three birds were removed maintaining seven birds and the sound recorded; and (d) This procedure was done until only one bird was left alone.

In the second group of 10 birds, the adopted procedure was repeated three times, as follows: (a) The birds were grouped and recording of the vocalization was done; (b) Five birds were removed leaving the remaining 5, and again the vocalization was recorded; (c) Three birds were left together and the sound recording was done; and (d) This procedure was done when only one bird was left alone.

The birds were randomly chosen from the total of chicks, when selecting them to stay inside the chamber.

Recording and analyzing the sounds

The semi-anechoic chamber where the birds were placed (Figure 1 a) had the dimensions of 80 cm (height) x 80 cm (long) x 100 cm (length). The chamber temperature was controlled in the thermoneutral zone for the birds.

Sounds were registered using a unidirectional microphone connected to a sound board in a notebook (Figure 1b). The software Audacity® 1.3.0 was used for recording the sounds which were digitalized for the analysis with a frequency of 51.2 kHz. Fourier Transform was used (Oppenheim, 1989) with 512 points using hanning window with a superposition of 51.2%, for obtaining the total spectrum of the vocalization and extraction of the signal parameters. The following parameters were measured and classified as: normal, short and afflictive, according to Marx et. al. (2003). Sound data were analyzed as proposed by Rabiner & Juang (1993).

T test was applied for mean values of data, and significance was accepted when $p\text{-value} \leq 0.05$.



Figure 1. Semi anechoic chamber (a) where the chicks were placed and the sound recorded using a unidirectional microphone (b).

Results and discussion

Results of the amount of energy from the vocalization was found to be highly correlated to weight (p -value = 0.0276). Cordeiro et al. (2009) found that animals expressing large amount of vocalization may lose weight. When the pullet was alone it vocalized using the largest amount of energy (Figure 2), which decreased slightly until there were 7 chicks together, and increased after that reaching the value of 19.49 with 15 chicks together. This may be an indication of social distress.

Data from the centroid were also highly correlated to the weight of the birds (p -value = 0.0001). The centroid value was low when the pullets were clustered. Energy, centroid and weight varied during the trial as shown in Figure 3.

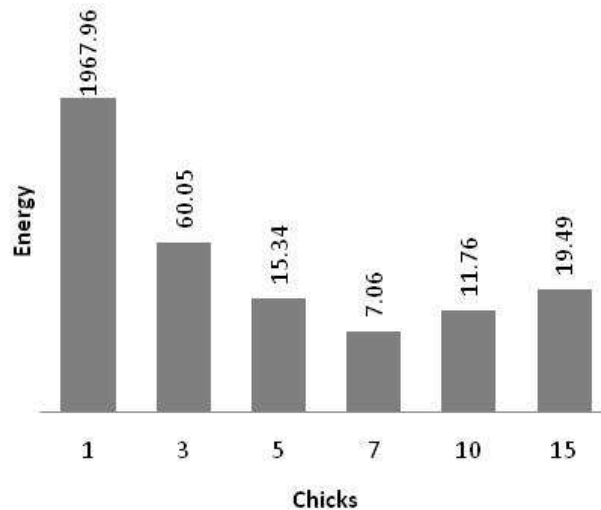


Figure 2. Variation of energy used in the vocalization of the chicks

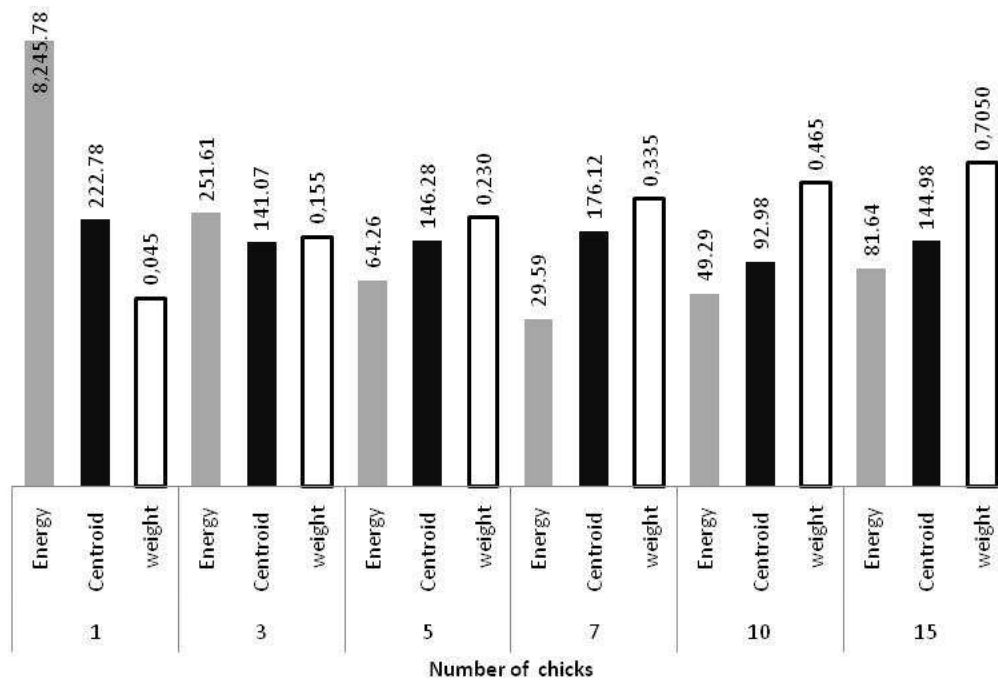


Figure 3. Variation of the wave characteristics registered from the vocalization of the pullets when they were under the test

Results showed difference in the vocalization of pullets isolated and in group, and it was identified as the “call for danger” (Figure 4).

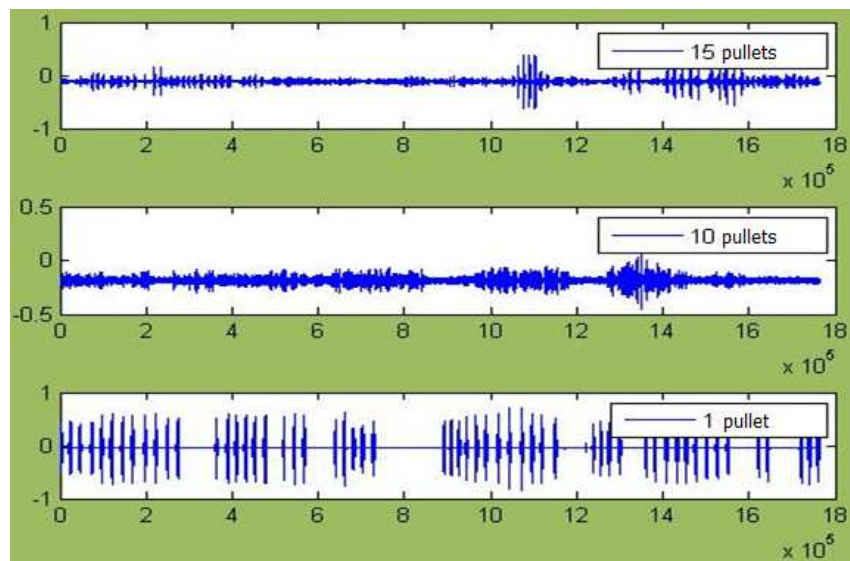


Figure 4. Results of the variation in vocal response of chicks as function of the total of birds clustered, from 15 to 1

According to the authors Collias (1952) and Andrew (1964) when a chick is isolated and kept away from the female breeder, it presents a trend to emit a sound of high intensity known as “danger call”. Other study reports that high intensity calls are meant to call the “mother” that emits back a characteristic sound “calling” the chick, which also presents high intensity, identifying a degree of communication between the “mother” and the “brood” (Guhl, 1968; Collias, 1987; Christopher & Linda, 1999). Current literature also enhances that pullet vocalization tend to decrease when adult female vocalizes (Collias & Joos, 1953; Wood-Gush, 1971; Evans & Marler, 1994).

Conclusions

Chicks vocalize different when isolated or in cluster. When isolated chicks emit a high intensity sound identified as “danger call”. The amount of energy and the centroid were influenced by the chick weight.

Acknowledgment

To the São Paulo Research Foundation – FAPESP for the scholarship.

References

- Andrew, R. J. 1964. Vocalisation in chicks, and the concept of stimulus contrast. *Animal Behaviour* **12** 64-76.
- Christopher, S. E., Linda, E. 1999. Chicken food calls are functionally referential. *Animal Behaviour* **58** 307 – 319.
- Collias, N. E. 1952. The development of social behaviours in bird. *The Auk* **69** 127-159.
- Collias, N. E. 1987. The vocal repertoire of the red jungle fowl: a spectrographic classification and code of communication. *The Condor* **89** 510-524.
- Collias, N. E., Joos, M. 1953. The spectrographic analysis of sound signals of the domestic fowl. *Behaviour* **5** 175-188.
- Cordeiro, A. F. S., Pereira, E. M., Nääs. I. A., Silva, W. T., Moura, D. J. 2009. Medida de vocalização de suínos (*Sus scrofa*) como um indicador de gasto energético. (abstract in English). *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas* **2** 143-152.
- Evans, C. S., Marler, P. 1994. Food calling and audience effect in male chickens, *Gallus gallus*: their relationships to food availability, courtship and social facilitation. *Animal Behaviour* **47** 1159 -1170.

- Fraser, D. 1999. Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures. *Applied Animal Behavior Science* **65** 71-189, 1999.
- Guhl, A.M. 1968. Social behavior of the domestic fowl. *Transactions of the Kansas Academy Science* **71** 379-384.
- Manteuffel, G., Schön, P. C. 2004. Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. *Bornier Agratechnische Bericht* **29** 110-18.
- Marx, G., Leppelt, J., Ellendorff, F. 2001. Vocalization in chicks (*Gallus gallus dom.*) during stepwise social isolation. *Applied Animal Behaviour Science* **75** 61 – 74.
- Marx, G., Horn, T., Thielebein, J., Knubel, B., Borell, E. 2003. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration* **266** 687-698.
- Oppenheim, A. V.; Schafer R. W. 1989. *Discrete-Time Signal Processing*. Prentice-Hall International, International edition.
- Rabiner, L., Juang, B. H. 1993. *Fundamentals of Speech Recognizations*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp117-124.
- Seamer, J.H. 1998. Human stewardship and animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **59** 201-205.
- Weary, D.M., Fraser, D. 1997. Vocal response of piglet to weaning: effect of piglet age. *Applied Animal Behaviour Science* **54** 153-160.
- Wood-Gush, D.G.M. 1971. *The behaviour of the domestic fowl*. London: Heineman, 1971. pp 231.

CAPÍTULO IV

MODELO TEÓRICO PARA ESTIMATIVA DE BEM-ESTAR DE AVES UTILIZANDO A VOCALIZAÇÃO

Artigo redigido nas normas do periódico Engenharia Agrícola

MODELO TEÓRICO PARA ESTIMATIVA DE BEM-ESTAR DE AVES UTILIZANDO A VOCALIZAÇÃO

Artigo escrito nas normas do periódico Engenharia Agrícola

Pereira, E. M.¹, I. A. Nääs¹, Garcia, R.G.²

¹ Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas, Brasil

² Faculdade de Ciências Agrárias – UFGD, Dourados, Brasil

RESUMO

A estimativa do bem-estar de frangos de corte tem caráter subjetivo e, hoje, pesquisadores buscam características ou indicadores não invasivos que possam caracterizar esta condição na produção animal. O objetivo deste trabalho foi propor um modelo teórico para estimativa de bem-estar de frangos de corte, usando cinco parâmetros acústicos da vocalização, energia, centroide espectral, largura de banda, primeira formante e segunda formante. A base de dados que deu origem ao modelo proveio dos resultados de um experimento de campo, em que foram utilizados 432 aves, metade da linhagem Cobb[®] e a outra da linhagem Ross[®], do 21º ao 42º dia, contendo vocalizações em estado de bem-estar e sem este. Os resultados do experimento geraram respostas para as condições testadas de sexo, linhagem genética e condição de bem-estar. O modelo foi proposto levando em consideração os pesos médios específicos das respostas em cada situação de estresse e bem-estar. A partir dos resultados deste experimento foi desenvolvido um modelo que estima a condição de bem-estar das aves a partir do registro de informações vinculadas à sua vocalização.

Palavras-chave: análise de sinais, produção de frangos de corte, algoritmo.

ABSTRACT

Estimating the welfare of broilers has subjective character, and nowadays researchers seek to features noninvasive characteristics or indicators that may describe this condition in animal production. The aim of this study was to propose a theoretical model to estimate the welfare of broilers, using five acoustic parameters of vocalization, energy, spectral centroid, bandwidth, first formant and second formant. The database that gave the model came from the results of a field experiment in which we used 432 birds, half the Cobb ® and other Ross ®, the 21 to 42 day containing vocalizations of birds under a state of welfare and without this. The results of the experiment have generated responses to the tested conditions of sex, genetic strain, and welfare. The model was proposed taking into consideration the average weights of responses in each specific situation of stress and well-being. From the results of this experiment a model was developed that estimates the condition of the welfare of the birds from the registrated information linked to their vocalization.

Key words: signal analysis, broiler production, algorithm.

INTRODUÇÃO

Estimar de forma objetiva as condições que proporcionam bem-estar e as que causam estresse aos animais não é uma tarefa fácil. Muitos indicadores da área de bem-estar animal podem se alterar quando são considerados a raça, o sexo, a idade, a alimentação, o manejo e a individualidade de cada animal (BROOM & FRASER, 2007; FRASER, 2009). Por outro lado, os indicadores de bem-estar devem ser estudados junto com um conjunto de mensurações, para que possa refletir, de forma adequada, o estado do animal (SPINKA, 2012). O bem-estar animal pode ser estimado através de indicadores objetivos, como medida de glicorticóides (RAULT, 2012), ou subjetivos, que são os

comportamentos agressivos, as lesões, a análise de vocalização, e as imagens, entre outros (BROOM & FRASER, 2007; BAKER et al., 2012; NÄÄS et al., 2012).

A vocalização é um indicador que pode ser obtido sem interferir no comportamento do animal, fornecendo parâmetros que podem estimar o bem-estar e, por isso, tem se mostrado um eficiente indicador de bem-estar animal (MANTEUFFEL & SCHÖN, 2004; NÄÄS et al., 2008; RANDALL et al., 2009).

Modelos matemáticos têm sido utilizados para estimar o bem-estar animal usando o reconhecimento de padrões (NÄÄS et al., 2008; SHAO & XIN, 2008; DAWKINS et al., 2009; NÄÄS et al., 2012). Entre os padrões naturais expressados pelos animais, o som é um dos mais importantes meios de transmitir informações, portanto, o monitoramento acústico pode fornecer uma ferramenta de gestão eficiente para melhorar a saúde e bem-estar animal (JAHNS, 2008).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo teórico para estimar a condição de bem-estar de frangos de corte, utilizando dados de sua vocalização como *input*.

METODOLOGIA

Para que se desenvolvesse o modelo, foram utilizados dados de experimentos de campo, que serviram de base para o modelo teórico.

Experimento de coleta de dados de vocalização de aves

Foram utilizadas neste experimento, 432 aves, sendo metade da linhagem Cobb[®] e a outra da linhagem Ross[®]. Os frangos foram acompanhados durante a produção, do dia 21 até o dia 42, como usualmente é utilizado em granja comercial. O estudo foi realizado em condições semelhantes às comerciais, no aviário experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados-MS. As aves foram alojadas em

oito boxes, com uma cama de 5 cm de espessura de casca de arroz. A temperatura ambiente dentro do aviário foi controlada em torno de 18-24°C e o regime de luz dentro do aviário experimental de 12:12h (luz:escuridão).

As aves foram separadas em boxes por linhagem e sexo. Em quatro boxes foram alojados os pintainhos de linhagem Cobb[®], dois boxes com as fêmeas e dois com machos. Nos outros quatro boxes foram alojados os pintinhos da linhagem Ross[®], com a mesma disposição dos pintinhos da outra linhagem. Posteriormente, os animais foram divididos em dois grupos A e B, com 44 e 64 frangos, respectivamente, sendo que dentro de cada grupo havia fêmeas e machos, de cada linhagem.

Para o grupo A, foram fornecidos os cinco graus de liberdade de bem-estar inerentes aos animais (BROOM & FRASER, 2007; MENDL et al., 2009; SILVA et al., 2009). O grupo B com 63 aves sofreu algumas privações, como por exemplo, as aves foram alojadas com uma densidade maior que a recomendada de 30 kg/m² e ambos dieta e água foram racionadas.

Os registros das vocalizações ocorreram dentro dos boxes, em dois períodos do dia, manhã e tarde. As vocalizações foram gravadas durante 2 min, utilizando um microfone unidirecional com alta frequência de resposta acoplado a um gravador digital.

Análise dos sinais sonoros

Dos sinais registrados de vocalizações foram escolhidos de forma aleatória 10 s de cada objeto, que foram analisados pelo *software* Praat[®] e pelo Matlab[®]. Foram extraídos quatro parâmetros acústicos das vocalizações, energia (*E*), largura de banda (*Bw*), primeira formante (*F1*) e segunda formante (*F2*). Estes parâmetros acústicos foram extraídos das vocalizações com o intuito de identificar se as aves se encontravam em uma situação de bem-estar ou de estresse.

Energia, que representa a quantidade de energia emitida por uma fonte sonora, podendo ser calculada através da Equação 1:

$$E = \int_A \left[\int_0^{\Delta t} I_s(r, t) dt \right] dA \quad \text{Eq. 1}$$

onde I_s representa a intensidade acústica em função de um ponto escolhido no tempo e Δt representa o intervalo de tempo no qual deseja-se medir a energia sonora.

Centróide espectral, que pode ser definido como sendo o centro de massa do espectro de energia de cada quadro (THEODORIDIS & KOUTROUMBAS, 2006), sendo calculado pela Equação 2:

$$Ce(i) = \frac{\sum_{k=1}^K k \cdot |X_i(k)|^2}{\sum_{k=1}^K |X_i(k)|^2} \quad \text{Eq. 2}$$

onde $X_i(k)$ representa os componentes da transformada discreta de Fourier de um dado quadro i e K representa a metade do número de componentes espectrais utilizados na transformada discreta de Fourier.

Largura de banda, que é uma medida da largura de banda de frequência de um sinal expresso em Hertz, podendo ser calculado através da Equação 3:

$$Bw_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K [(Ce_i - k)^2 \cdot |X_i(k)|^2]}{\sum_{k=1}^K |X_i(k)|^2}} \quad \text{Eq. 3}$$

onde o Ce_i representa o centróide espectral.

As formantes de um sinal sonoro são consideradas como uma espécie de marca registrada da fonte sonora, podendo ser definidas como os picos de energia de uma região limitada de um dado espectro sonoro. Portanto, a extração deste parâmetro acústico possibilita uma melhor caracterização das vocalizações das aves. Após a extração dos parâmetros acústicos foram estabelecidos padrões toleráveis pelas normas internacionais e nacionais, seguindo as diversas situações observadas.

Durante a coleta dos dados houve o treinamento do observador e foram registrados os sons nas quatro repetições para cada situação de estresse e bem-estar. As médias foram submetidas aos teste-T e teste-F, com 95% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos, foi proposto um modelo teórico que levou em consideração os pesos específicos de cada situação de estresse e bem-estar (Figura 1).

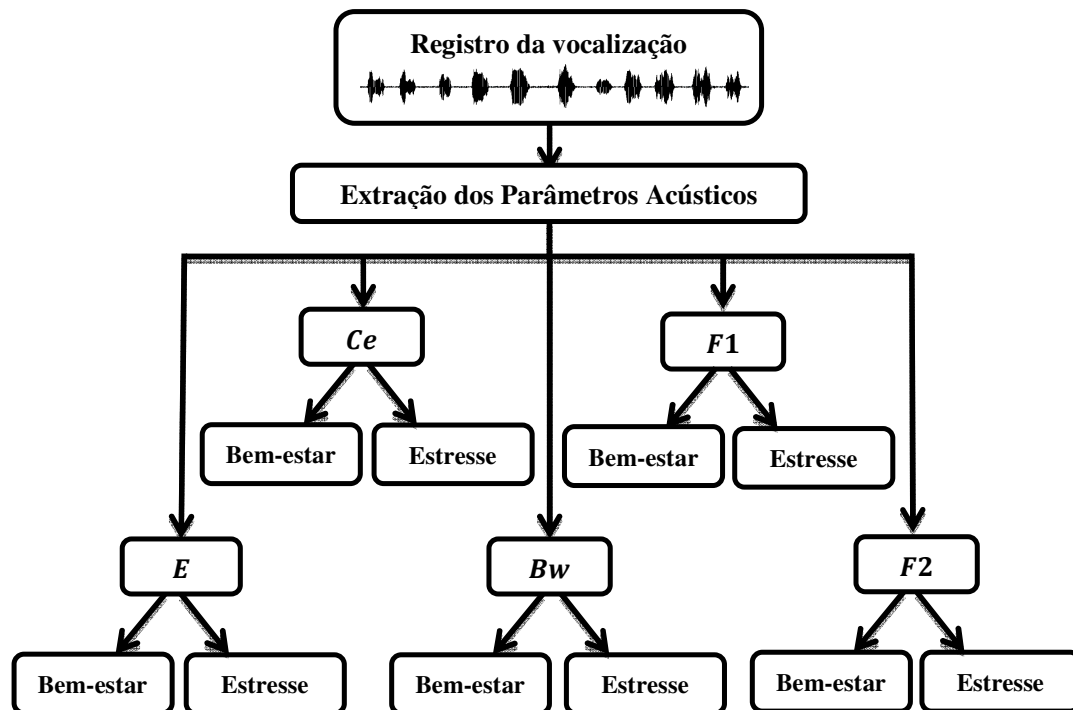
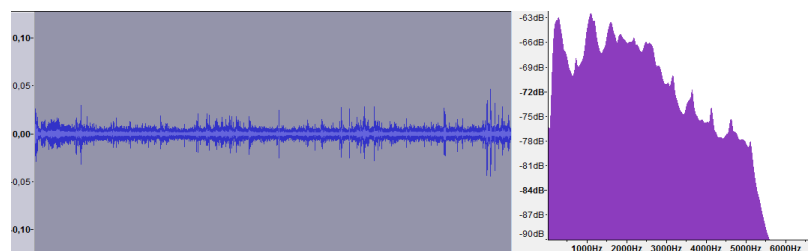


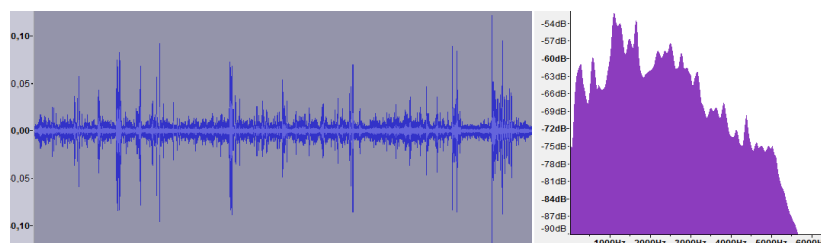
FIGURA 1. Fluxograma do modelo teórico proposto para estimativa de bem-estar de frangos de corte. FIGURE 1. Flux diagram of the proposed theoretical model for estimating broilers' welfare status.

Com base nos dados gravados das vocalizações das aves, foram calculadas as formas de ondas dos sons emitidos pelos frangos de corte durante uma situação de estresse térmico de calor (30°C) e na situação de bem-estar de termoneutralidade (24°C) e seus

respectivos espectros de frequência, das fêmeas Cobb[®] (Figura 2) e Ross[®] (Figura 3) e dos machos Cobb[®] (Figura 4) e Ross[®] (Figura 5).

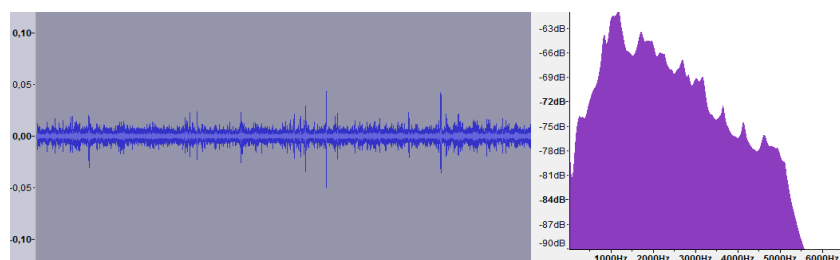


(a)

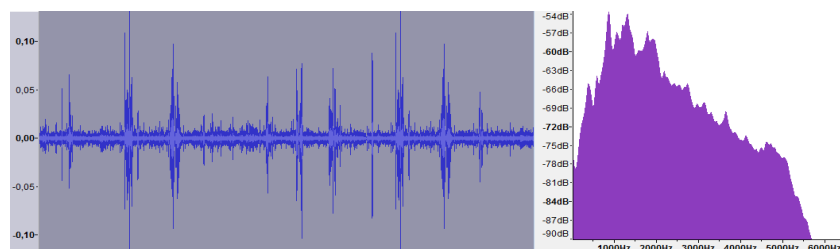


(b)

FIGURA 2. Vocalização da fêmea Cobb[®] nas situações de bem-estar (a) e de estresse (b).
FIGURE 2. Vocalization of the female Cobb[®] during welfare status (a) and during stress (b).



(a)



(b)

FIGURA 3. Vocalização da fêmea Ross[®] nas situações de bem-estar (a) e de estresse (b).
FIGURE 3. Vocalization of the female Ross[®] during welfare status (a) and during stress (b).

É possível observar diferença entre os formatos das ondas e o espectro de frequência das vocalizações dos frangos de corte do sexo feminino das duas linhagens, o que demonstra que a vocalização na situação de bem-estar das aves foi diferente frente à situação de estresse térmico. Relatos na literatura indicam diferenciação nos sinais sonoros entre machos e fêmeas (CERIT & AVANUS, 2007; GEBERZAHN et al., 2009), enquanto outros apontam que o som de estresse pode ser indicador de falta de bem-estar (BRUMM et al., 2009; KOKOLAKIS et al., 2010; BAKER et al., 2012), concordando com os resultados deste experimento

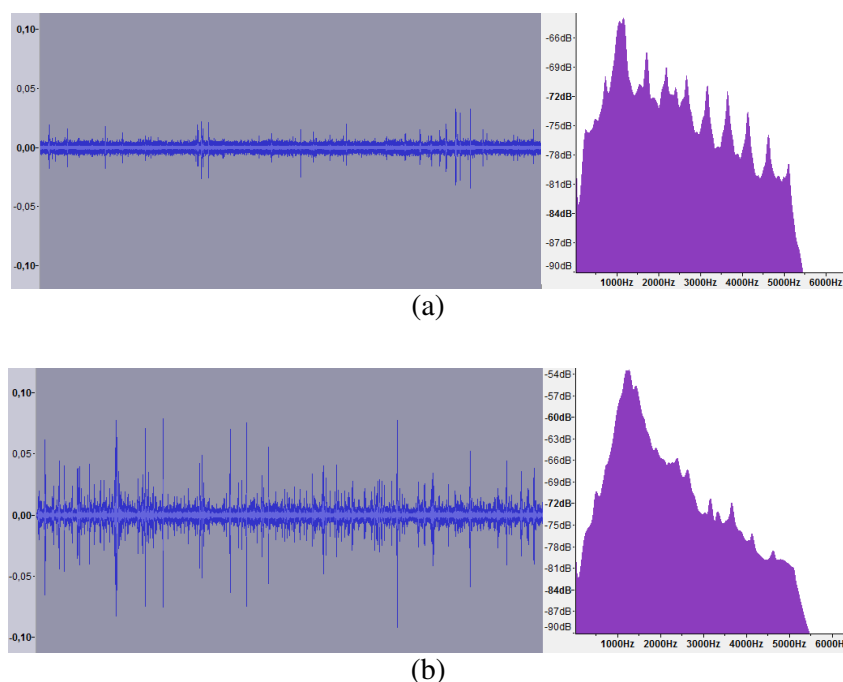


FIGURA 4. Vocalização do macho Cobb® nas situações de bem-estar (a) e estresse (b).
FIGURE 4. Vocalization of the male Cobb® in situation of welfare (a) and stress (b).

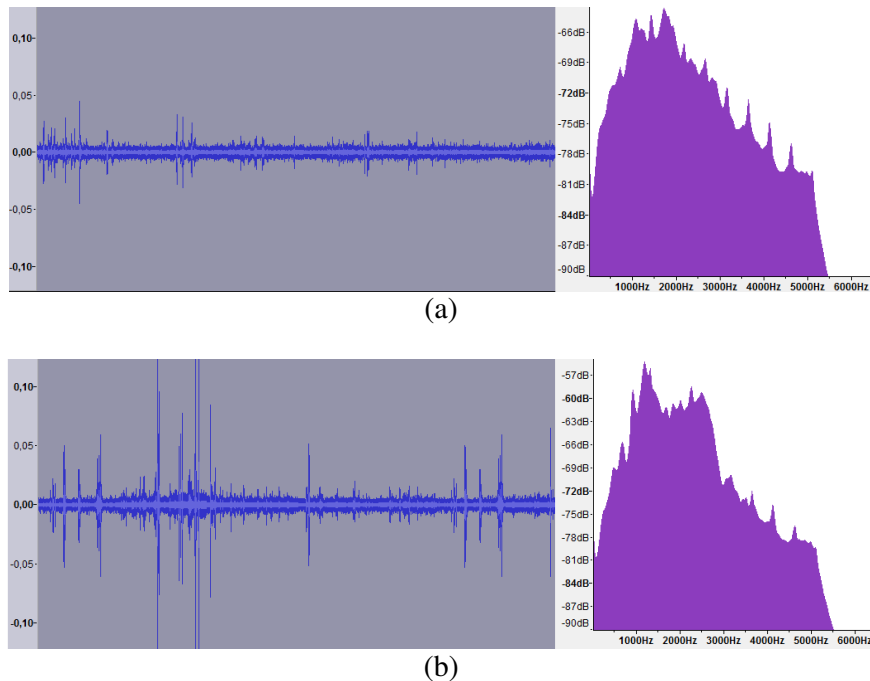


FIGURA 5. Vocalização do macho Ross[®] nas situações de bem-estar (a) e estresse (b).
 FIGURE 5. Vocalization of the male Ross[®] in situation of welfare (a) and stress (b).

Para os machos, também foi possível observar que houve diferença entre os formatos das ondas e o espectro de frequência das vocalizações dos frangos das duas linhagens, indicando que a vocalização, na situação de bem-estar das aves, também foi diferente frente ao estresse térmico. Segundo BROOM & FRASER (2007), estudos que analisam o comportamento dos animais devem ser planejados cuidadosamente, com o intuito de obter conclusões confiáveis, o que foi observado neste experimento e foram registrados os sons nas quatro repetições para cada situação de estresse e bem-estar. Apenas três parâmetros apresentaram resultados significativos para o teste-T e teste-F (Tabela 1). Desta forma, no algoritmo final implementado foram utilizados apenas os três parâmetros que apresentaram valores significativos (CREUTZIG et al., 2010) , energia, formante 1 e formante 2.

TABELA 1. Resultados estatísticos para a diferenciação das situações de estresse e bem-estar das duas linhagens. TABLE 1. Statistical results for differentiating the status of stress and welfare from the two genetic strains.

Linhagem	Parâmetro	P-valor	
		Test F	Test T
Cobb®	<i>E</i>	NS	NS
	<i>Bw</i>	NS	NS
	<i>F1</i>	0,005	NS
	<i>F2</i>	0,002	NS
Ross®	<i>E</i>	NS	8,5499 E ⁻⁰⁷
	<i>Bw</i>	NS	NS
	<i>F1</i>	NS	NS
	<i>F2</i>	NS	NS

NS=não significativo

Com base nas situações de estresse e bem-estar observadas durante a realização deste estudo foi proposto um modelo teórico, que leva em consideração o peso médio dos valores encontrados para os parâmetros acústicos extraídos das vocalizações (Figura 6). Outros autores também usaram as características padrões resultantes de experimentos, para implementarem um modelo, como JAHNS (2008), SHAO & XIN (2008) e DAWKINS et al (2009).

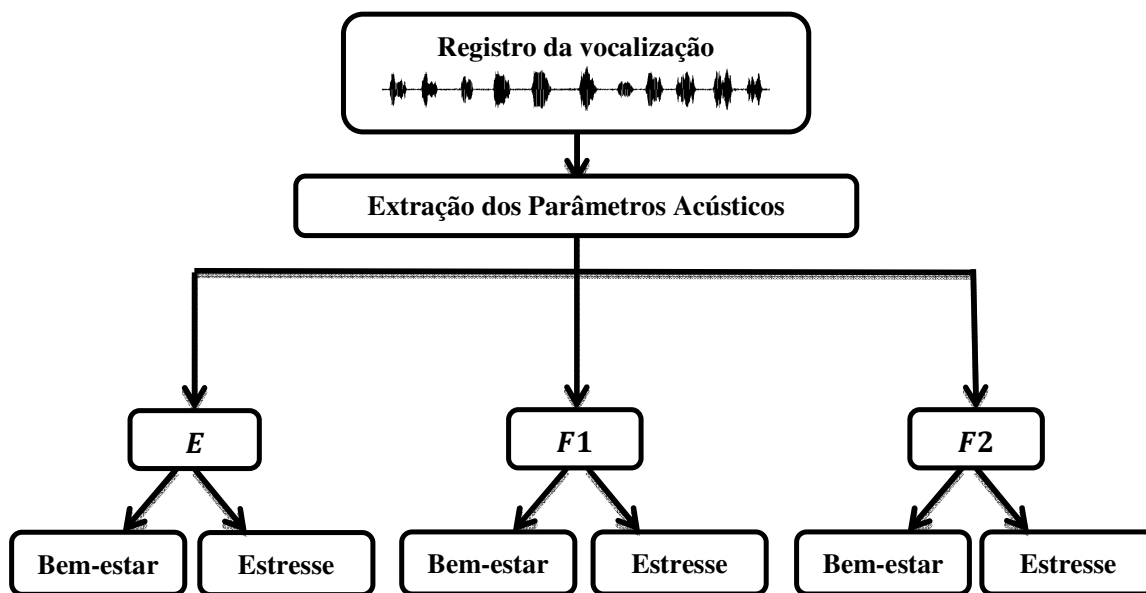


FIGURA 6. Fluxograma do modelo teórico desenvolvido para estimativa de bem-estar. FIGURE 6. Flux diagram from the theoretical model developed for estimating welfare.

Para a determinação da situação de bem-estar e estresse, foram levados em consideração os pesos médios específicos dos parâmetros acústicos (CHAN et al., 2011), extraídos para cada situação (Tabela 2).

Os valores médios encontrados para os parâmetros extraídos das vocalizações são apresentados na Tabela 3.

TABELA 2. Situações determinantes de bem-estar. TABLE 2. Situation which determines welfare.

Se	A média dos parâmetros acústicos extraídos das vocalizações for maior ou igual ao valor encontrado para cada parâmetro	Então	O animal esteve fora do estado de bem-estar
Se	a média dos parâmetros acústicos extraídos das vocalizações for maior ou igual ao valor encontrado para cada parâmetro	Então	O animal esteve em bem-estar

TABELA 3. Resultados estatísticos para diferenciação das situações de estresse e bem-estar das duas linhagens. TABLE 3. Statistic results for differentiating situations of stress and welfare in the two genetic strains.

Parâmetro	Valor
<i>E(kcal)</i>	0,00110
<i>F1(Hetz)</i>	1094,32154
<i>F2(Hetz)</i>	1104,70929

Os sinais referenciais de estresse e falta de bem-estar estão ligados ao medo, fome e frustração. Sinais sonoros de alarme não são produzidos por reflexo, mas quando expostos ao estresse (MENDL et al., 2009; KOKOLAKIS et al., 2010). Outro ponto importante é que a percepção do risco pelo macho é diferente da fêmea (CERIT & AVANUS, 2007; VOLODIN et al., 2009), portanto, a resposta à falta de bem-estar, como fator de risco eminente, pode ter respostas distintas em cada sexo.

CONCLUSÃO

Utilizando a média de parâmetros acústicos foi possível estabelecer um modelo teórico, cuja implementação prospecta a estimativa do bem-estar de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

BAKER, T. M.; WILSON, D. R.; MENNILL, D. J. Vocal signals predict attack during aggressive interactions in black-capped chickadees. *Animal Behaviour*, Amsterdam, v. 84, n 4, p. 965-974, 2012.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. Welfare Assessment. In: Broom, D. M.; Fraser, A. F. *Domestic Animal Behaviour and Welfare.*, p. 58-69. Wallingford: CABI Publishing. 2007.

BRUMM, H.; SCHMIDT, R.; SCHRADER, L. Noise-dependent vocal plasticity in domestic fowl. *Animal Behaviour*, v.78, n.3, p.741-746, 2009.

CERIT, H.; AVANUS, R. Sex identification in avian species using DNA typing methods. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v. 63, n. 1, p. 91–99, 2007.

CHAN, W. Y.; CLOUTIER, S.; NEWBERRY, R. C. Barking pigs: differences in acoustic morphology predict juvenile responses to alarm calls. *Animal Behaviour*, Amsterdam, v. 82, n. 4, p.767-774, 2011.

CREUTZIG, F.; BENDA, J.; WOHLGEMUTH, S.; STUMPNER, A.; RONACHER, B. HERZ, A. V. M. Timescale-invariant pattern recognition by feed forward inhibition and parallel signal processing. *Neural Computation*, Berlim, v. 22, n. 6, p.1493-1510, 2010.

DAWKINS, M. S.; LEE, H-J.; WAITT, C. D.; ROBERTS, S. J. Optical flow patterns in broiler chicken flocks as automated measures of behaviour and gait. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 119, n. 3–4, July 2009, p.203-209, 2009.

FRASER, D. Animal behaviour, animal welfare and the scientific study of affect. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.118, n. 3–4, p. 108-117, 2009.

GEBERZAHN, N.; GOYMANN, W.; MUCK, C.; TEN CATE, C. Females alter their song when challenged in a sex-role reversed bird species. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Springer, v. 64, n. 2, p 193-204, 2009.

JAHNS, G. Call recognition to identify cow conditions—A call-recogniser translating calls to text. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 54-58, 2008.

KOKOLAKIS, A.; SMITH, C.L.; EVANS, C. S. Aerial alarm calling by male fowl (*Gallus gallus*) reveals subtle new mechanisms of risk management. *Animal Behaviour*, v.79, n.6, p. 1373-1380, 2010.

MANTEUFFEL, G.; SCHÖN, P. C. Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. *Bornier Agratechnische, Bericht*, v.29, n. 1, p.110-18, 2004.

MENDL, M.; BURMAN, O. H. P.; PARKER R. M. A.; PAUL, E. S. Cognitive bias as an indicator of animal emotion and welfare: Emerging evidence and underlying mechanisms. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.118, n.3–4, p.161-181, 2009.

NÄÄS, I. A.; CAMPOS, L. S. L.; BARACHO, M. S.; TOLON, Y. B. Uso de redes neurais artificiais na identificação de vocalização de suínos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.2, p.204-216, 2008.

NÄÄS, I. A.; LAGANÁ, M. V.; MOLLO, M. N.; CANUTO, S.; PEREIRA, D. F. Image analysis for assessing broiler breeder behavior response to thermal environment. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.4, p. 624-632, 2012.

RANDALL, D.; OWREN, M. J.; MICHAEL J.; RYAN, M. J. What do animal signals mean? *Behaviour*, Brill, v.78, n.2, p.233-240, 2009.

RAULT, J-L. Friends with benefits: Social support and its relevance for farm animal welfare *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 136, n. 1, p. 1-14, 2012.

SILVA, R. B. T. R.; NÄÄS, I. A.; MOURA, D. J. Broiler and swine production: animal welfare legislation scenario. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.66, n.6, p. 713-720, 2009.

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

SPINKA, M. Social dimension of emotions and its implication for animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.138, n. 3–4, p.170-181, 2012.

THEODORIDIS, S., KOUTROUMBAS, K. *Pattern Recognition*, 3 ed. Academic Press, London: Academic Press, 2006.

VOLODIN, I.; KAISER, M.; MATROSOVA, V.; VOLODINA, E.; KLENOVA, A.; FILATOVA, O.; KHOLODOVA, M. The technique of noninvasive distant sexing for four monomorphic *dendrocygna* whistling duck species by their loud whistles. *The International Journal of Animal Sound and its Recording*, London, v.18, n. 3, p. 277–290, 2009.

5. CONCLUSÕES

A conclusão geral deste estudo aponta que a vocalização vem se mostrando uma ferramenta de grande aplicação para a produção animal, por ser um método não-invasivo, além de fornecer diversos parâmetros que possibilitam a estabelecer padrões de bem-estar e estresse nos frangos de corte.

Os algoritmos desenvolvidos nesta pesquisa mostraram que é possível identificar o gênero das aves, com um dia de vida, através da vocalização dos pintainhos. E também foi constatado, que os frangos quando isolados apresentam um gasto calórico maior do que quando estão em grupo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, R. J. (1964). Animal Behaviour. In: R. J. Andrew, *Animal Behaviour* (pp. 64-76).
- BATESON, G. (1971). Spiritu y naturaleza. *Buenos Aires: Amorrortu*.
- BROOM, D. M. (1991). Animal welfare: concepts and measurement. *69* (10), pp. 4176-4175.
- BROOM, D. M., & FRASER, A. F. (2007). Welfare Assessment. In: D. M. BROOM, & A. F. FRASER, *Domestic Animal Behaviour and Welfare*. (pp. 58-69). Wallingford: CABI Publishing.
- CHISTROPER, S. E., & LINDA, E. (1999). Chicken food calls are functionally referential. *Animal Behaviour*. *58*, 307-319.
- COLLIAS, N. E. (1952). The development of social behaviours in bird. *The Auk*, *69* (2), 127-159.
- COLLIAS, N. E. (1987). The vocal repertoire of the red jungle fowl: a spectrographic classification and code of communication. *The Condor*, *89*, pp. 510-524.
- COLLIAS, N. E. & JOOS, M. (1953). The spectrographic analysis of sound signals of the domestic fowl. *Behaviour*, *5* (3), 175-188.
- COOK, J. C. (1999). Neurological measures to qualify welfare aspects of stunning. *International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. (pp. 25-27). Billund: Denmark.
- CORDEIRO, Gislaine Ferro; PINHO, Sílvia M. R; CAMARGO, Zuleica Antonia. Formante do cantor – um enfoque fisiológico.
- In: PINHO, Silvia M R. Temas em voz profissional. São Paulo: Revinter, 2007. p.23-30.
- CORDEIRO, A. F., PEREIRA, E. M., NÄÄS, I. A., SILVA, W. T., & MOURA, D. J. (2009). Medida de vocalização de suínos (*Sus Scrofa*) como um indicador de Gasto Energético. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*.
- De PASSILLE, A., RUSHEM, J., & MARTIN, F. (1995). Interpreting the behavior of calves in an open-field test. A factor analysis. *Applied Animal Behaviour Science*, *45*, 201-213.
- EVANS, C. S. & MARLER, P. (1994). Food calling and audience effect in male chickens, *Gallus gallus*: their relationships to food availability, courtship and social facilitation. *Animal Behaviour*, *47*, 1159-1170.

- FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL, F. (1992). Updates the five freedoms. *17* , 357. London: Veterinary Record.
- FAUCITANO, L. (2000). Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influência sobre a qualidade de carne. *I Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína*. CNPSA/EMBRAPA.
- FISHER, A. & MATTHEWS, L. (2001). The social behavior of sheep. In: G. H. Kelling LJ, *Social behavior in farm animals*. (pp. 211-245). Wallingford: CAB International.
- FRASER, D. (1999). Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures. *Applied Animal Behavior Science* , 65, 71-189.
- FRASER, D. (1974). The vocalization and other behavior of growing pigs in an "open field" test. *Applied Animal Ethology* , 13-16.
- GRANDIN, T. (1998). The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during slaughter. *Applied Animal Behavior Science* , 56, 121-128.
- GRAUVOGL, A. (1958). Über das Verhalten des Hausschweines unter besonderer Berücksichtigung des Fortpflanzungsverhaltens. Berlin: Freie Universität.
- GRIGORIEV IV, N. L. (2003). Protein content of human saliva in various psychoemotional states. *Biochemistry*, 68, pp. 405-406. Moscow.
- GUHL, A. M. (1968). Social behavior of the domestic fowl. *Transactions of the Kansas Academy Science* , 71.
- HAY, M., VULIN, A., GÉNIIN, S., SALES, P. & PUNIER, A. (2003). Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Applied Animal Behavior Science* , 82, 201-218.
- HOPP, S., OWREN, M., & EVANS, C. (1997). *Animal Acoustic Communication: Sound Analysis and Research Methods*. Springer: Heidelberg.
- HUBER, A. & FOLSCH, D. (1978). *Akustische Ethogramme von Hühnern: die Auswirkung unterschiedliche Haltungssysteme*. Stullgar: Birkhäuser Verlag.
- HURNIK, F. J. (1992). Farm animals and the environment. In: C. PHILLIPS, & D. PIGGINS (Ed.), *Behaviour* (pp. 235-244). Wallingford: CAB International.
- JENSEN, P. & ALGERS, B. (1984). An ethogram of piglet vocalizations during suckling. *Applied Animal Ethology* , 11, 237-248.
- JOHNSON, R., VON BORELL, E., ANDERSON, L., KOJIC, L. & CUNNICK, J. (1994). Intracerebroventricular injection of corticotrophin-releasing hormone in the pig: acute effects on behavior, adrenocorticotropin secretion, and immunosuppression. *Endocrinology* , 642-648.

- KILEY, M. (1972). The vocalisations of ungulates, their causation and function. *Z. Tierpsychologie*, 31, 171-222.
- KILEY-WORTHINGTON, M. (1984). Animal language? Vocal communication of some ungulates, canids and felids. *Acta Zool Fenn*, (pp. 83-88).
- KLINGHOLZ, F. & MEYNHARDT, H. (1979). Lautinventare der Säugetiere - diskret oder kontinuierlich. *Zeitschrift f. urTierpsychologie*, 50, 250-264.
- KONISHI. (1963). The role of auditory feedback in the vocal behaviour of the domestic Fowl. *Z. Tierpsychol*, 20, 349-367.
- KRUIJT. (1964). Ontogeny of behaviour in the burmese red jungle fowl (*Gallus gallus spadiceus*). *Behaviour*, 12.
- LE NEINDRE, P., GUÉMENE, D., ARNOULD, C., LETERRIER, C., FAURE, J. M., PRUNIER, A., et al. (2004). Space, environmental design and behaviour: Effect of space and environment on animal welfare. *Global Conference on Animal Welfare: an OIE initiative*.
- MANTECA, X. (1998). Neurophysiology and Assessment of Welfare, 49, pp. 205-218.
- MANTEUFFEL, G. & SCHÖN, P. (2002). Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. *Agrartechnische Berichte*, 29, 110-118.
- MANTEUFFEL, G., PUPPE, B. & SCHÖN, P. (2004). Vocalization of farm animal as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 88 (1), 163-182.
- MARLER, P., DUFTY, A. & PICKERT, R. (1986a). Vocal communication in the domestic chicken. I. Does a sender communicate information about the quality of a food referent to a receiver? *Animal Behaviour*, 188-193.
- MARX, G., HORN, T., THIELEBEIN, J., KNUBEL, B. & VON BORELL, E. (2003). Analysis of pain-related vocalization in young pigs. Amsterdam. *Journal of Sound and Vibration*, 266, pp. 687-698. Amsterdam.
- MARX, G., LEPELT, J. & ELLENDORFF, F. (2001). Vocalization in chicks (*Gallus gallus dom.*) during stepwise social isolation. *Applied Animal Behaviour Science*, 75, 61-74.
- MANUAL DE MANEJO DE FRANGO DE CORTE. (01 de 07 de 2011). Acesso em, 01 de 07 de 2011. Disponível em Granja Planalto:
http://www.granjaplanalto.com.br/Manual%20Frango%20Corte_20_03_09.pdf
- NATER UM, R. N. (March de 2005). Human salivary alpha-amylase reactivity in a psychosocial stress paradigm. *Int J Psychophysiol*, 55, pp. 333-342.
- NICHELMANN, M. & TZCHENTKE, B. (1997). Ontogeny of thermoregulation during the prenatal period in birds. *Annals of the New York Academy of Science*, 813, pp. 78-86.

- NOLL, A. M. (1964). Short-time spectrum and “cepstrum” techniques for vocal-pitch detection. *Journal of Acoustic Soc. Am.* , 36, 296-302.
- OPPENHEIM, A. V. & SCHAFER, R. (1999). *Discrete-Time Signal Processing*. (International edition. ed.). New Jersey: Prentice-Hall International.
- OTTEN W, P. B. (February de 2002). Physiological and behavioral effects of different success during social confrontation in pigs with prior dominance experience. *Physiol Behav* , 75, pp. 127-233.
- PEREIRA, D. F. (2011). Ambiência em frango de corte. *Conferência FACTA* (pp. 113-122). Santos: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas.
- PEREIRA, E. M. (04 de março de 2009). Estudos sobre uma Ferramenta de Classificação Musical. *Estudos sobre uma Ferramenta de Classificação Musical*. Campinas, São Paulo, Brasil: Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação.
- PUPPE, B., SCHON, P., TUCHSCHERER, A. & MANTEUFFEL, G. (2005). Castration-Induced Vocalisation in Domestic Piglets, *Sus Scrofa*: Complex and Specific Alterations of The Vocal Quality. *Applied Animal Behavior Science* , 95, 67-78.
- RABINER, L. & JUANG, B. H. (1993). Fundamentals of Speech Recognizations. In: L. J. RABINER, *Fundamentals of Speech Recognizations*. (pp. 117-124). NJ: Prentice Hall.
- ROLLIN, B. E. (1995). *Farm animal welfare: social, bioethical, and research issues*. Ames: Iowa State University Press.
- RUMPF M., T. B. (2010). Perinatal acoustic communication in birds: why do birds vocalize in the eggs? *The Open Ornithology Journal*, 141-149.
- SCHRADER, L. & TODT, D. (1998). Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Etology* , 859-876.
- SEAMER, J. H. (1998). Human stewardship and animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 59, 201-205.
- SGOIFO A., D. B. (December de 1996). Individual differences in plasma catecholamine and corticosterone stress responses of wild-type rats: relationship with aggression. *Physiol Behav*, 60, pp. 1403-1407.
- SILVA, R. A., TOLON, Y. B., NÄÄS, I. A., MOURA, D. J. & SOUZA, S. R. (2007). Reconhecimento de estresse em bezerro utilizando medidas de vocalização. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 1, 219-225.
- TAKAI N, Y. M. (December de 2004). Effect of psychological stress on the salivary cortisol and amylase levels in healthy young adults. *Arch Oral Biol*, 49, pp. 963-968.
- THEODORIDIS, S. & KOUTROUMBAS, K. (2006). *Pattern Recognition*. (3th Edition ed.). Academic Press.

TIMBERLAKE, W. (1997). An animal-centered, casual-system approach to the understanding and control of behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, 53, 107-129.

TIRADO, A. E. & CORONA, C. M. (2002). Análisis de vocalizaciones em cobayos recién nacidos, normoyentes y com sordera provocada em períodos de soledad. *Cirugía y Cirujanos* , 70, 442-448.

TOIEN, O. (1986). Thermoregulatory responses to egg cooling in incubating bantam hens. *J. Comp. Physiol* , 156, 303-307.

VON BORELL, E. & LADEWIG, J. (1992). Relationship between behaviour and adrenocortical response pattern in domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 34, 195-206.

WEARY, D. M. & FRASER, D. (1995). Calling by domestic piglets: reliable signals of need? *Animal Behavior*, 1047-1055.

WEARY, D. & FRASER, D. (1997). Vocal response of piglet to weaning: effect of piglet age. *Applied Animal Behaviour Science* , 54, 153-160.

WENNRICH, G. (1981). Zum lautinventar bei haushühnern (Gallus f. domesticus), (pp. 90-95). Berl Münch Tierärztl Wschr, Berlim.

WOOD-GUSH, D. (1971). *The behaviour of the domestic fowl*. London: Heineman.