

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA ESTIMATIVA  
DE BEM-ESTAR A PARTIR DE DADOS DE VOCALIZAÇÃO  
DE SUÍNOS**

**WAGNER TOMÉ SILVA**

CAMPINAS  
FEVEREIRO DE 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA ESTIMATIVA  
DE BEM-ESTAR A PARTIR DE DADOS DE VOCALIZAÇÃO  
DE SUÍNOS**

Dissertação de Mestrado submetida à banca  
examinadora para obtenção do título de  
mestre em Engenharia Agrícola, na área de  
concentração em Construções Rurais e  
Ambiência.

**WAGNER TOMÉ SILVA**

**Orientadora: Profa. Dra. Daniella Jorge de Moura**

**Co-Orientadora: Profa. Dra. Yamilia Barrios Tolon**

CAMPINAS  
FEVEREIRO DE 2008

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

Si38d      Silva, Wagner Tomé  
Desenvolvimento de um sistema para estimativa de  
bem-estar a partir de dados de vocalização de suínos /  
Wagner Tomé Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Daniella Jorge de Moura, Yamilia  
Barrio e Tolon  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Leitão (Suínos). 2. Suínos. 3. Suínos -  
Vocalização. 4. Programa de computador. 5. Bem-estar  
animal. I. Moura, Daniella Jorge de. II. Tolon, Yamilia  
Barrios. III. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Development of a system to estimate of welfare from data  
vocalization of pigs

Palavras-chave em Inglês: Swine, Vocalization, Software, Welfare

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: Irenilza de Alencar Nääs, Antonio Mauro Saraiva

Data da defesa: 22/02/2008

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Wagner Tomé da Silva**, aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de fevereiro de 2008, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



---

**Prof.ª Dr.ª Daniella Jorge de Moura - Presidente  
FEAGRI/UNICAMP**



---

**Prof. Dr. Antonio Mauro Saraiva - Membro Titular  
POLI/USP**



---

**Prof.ª Dr.ª Irenilza de Alencar Nääs - Membro Titular  
FEAGRI/UNICAMP**

Faculdade de  
**Engenharia Agrícola**  
Unicamp

## **DEDICATORIA**

À minha avó

Elvira Thomé;

À minha esposa

Fabiana;

Ao meu irmão

Wellington

Dedico com muito carinho este trabalho...

“Pensar é o trabalho mais difícil que existe.  
Talvez por isso tão poucos se dediquem a ele”.  
(Henry Ford)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus.

A meus pais Geraldo e Iolanda e meu irmão William, pelo amor incondicional.

Agradeço com muito amor e de forma muito especial à amizade, a atenção e a oportunidade de trabalhar neste grupo de pesquisa, agradeço também, às professoras Daniella Jorge de Moura e Irenilza de Alencar Nãas, que mais que acreditar na minha capacidade intelectual, confiam em meu crescimento como ser humano.

A todos os professores que me auxiliaram, especialmente à Yamilia, grande amiga, seus esforços em me auxiliar foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Magno, diretor do SENAI, pela indicação ao mestrado e a sua esposa Bete, minha amiga e professora no SESI.

À Universidade de Campinas (UNICAMP), pela oportunidade de aprender.

Ao CNPq e FAPESP, pelo apoio às pesquisas do grupo.

À granja Querência, por acolher nosso grupo de pesquisa.

A todos os colegas de laboratório: Adriana, Carol, Eduardo, Karla, Leandro, Marcos, Martinha, Neidimila, Raquel e Silvia.

Aos amigos: Douglas, Marcos Vivas, Danilo Prado.

A todos os meus muitoss amigos do Colégio Ana Rita, pela riqueza de afeto e conhecimento.

Aos colegas do SESI, em especial, ao Gabriel e a Gislaine, que tanto contribuem para meu desenvolvimento como docente.

À minha sogra Raimunda, sem seu auxílio ficaria muito mais difícil meu estudo e trabalho.

## SUMÁRIO

|                                                                                  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| SUMÁRIO.....                                                                     | vii  |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                           | x    |
| LISTA DE TABELAS .....                                                           | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....                                              | 1    |
| 2. OBJETIVOS.....                                                                | 4    |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                                    | 5    |
| 3.1. Conceito e medidas de qualidade de ambiente.....                            | 5    |
| 3.1.1. Conforto térmico .....                                                    | 5    |
| 3.1.2. Gases.....                                                                | 6    |
| 3.1.3. Ruídos.....                                                               | 7    |
| 3.1.4. Poeira e fungos .....                                                     | 8    |
| 3.2. Bem-estar animal.....                                                       | 9    |
| 3.3. Medidas de bem-estar.....                                                   | 11   |
| 3.4. Comportamento de suínos .....                                               | 12   |
| 3.5. Vocalização .....                                                           | 15   |
| 3.6. Vocalização de suínos .....                                                 | 16   |
| 3.7. Captação e processamento de vocalização para programação computacional..... | 19   |
| 3.7.1. Nível de intensidade sonora.....                                          | 19   |
| 3.7.2. Efeitos do ruído no homem .....                                           | 21   |
| 3.7.3. Timbre e envoltória .....                                                 | 25   |
| 3.8. Espectro sonoro .....                                                       | 27   |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                       | 29   |
| 4.1. Descrição das instalações de suínos usadas na pesquisa .....                | 30   |
| 4.1.1. Creche.....                                                               | 30   |
| 4.1.2. Descrição da maternidade.....                                             | 31   |
| 4.2. Classificação de níveis de estresse .....                                   | 32   |
| 4.3. Captação das expressões vocais .....                                        | 32   |
| 4.4. Desenvolvimento do software e classificação dos sinais .....                | 34   |
| 4.5. Análise de dados.....                                                       | 34   |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                             | 36 |
| 5.1 Classificação dos níveis de estresse.....                                                               | 36 |
| 5.2. Descrição do Software Vocalização, para o tratamento do som .....                                      | 38 |
| 5.3. Descrição do Software Poli, para comparação estatística entre polinômios .....                         | 42 |
| 5.4. Análise Estatística .....                                                                              | 44 |
| 5.4.1. Resultados estatísticos para os leitões em creche.....                                               | 45 |
| 5.4.1.1. Resultados estatísticos em função do nível de intensidade sonora (dB) .....                        | 46 |
| 5.4.1.1.1. Estresse por retirada de alimento.....                                                           | 46 |
| 5.4.1.1.2. Estresse por retirada da baia .....                                                              | 47 |
| 5.4.1.1.3. Comparação entre os tipos de estresse causados .....                                             | 48 |
| 5.4.1.2. Resultados estatísticos em função dos valores de frequência.....                                   | 50 |
| 5.4.1.2.1. Estresse por retirada de alimento.....                                                           | 50 |
| 5.4.1.2.2. Estresse por retirada da baia .....                                                              | 51 |
| 5.4.1.2.3. Comparação entre os tipos de estresse causados .....                                             | 52 |
| 5.4.1.3. Comparação entre os polinômios de ajuste para leitões em creche.....                               | 53 |
| 5.4.2. Resultados estatísticos para os leitões em maternidade.....                                          | 56 |
| 5.4.2.1. Resultados estatísticos em função do nível de intensidade sonora (dB) .....                        | 56 |
| 5.4.2.1.1. Estresse por retirada da matriz (reti) .....                                                     | 56 |
| 5.4.2.1.2. Estresse por retirada do aleitamento (alei) .....                                                | 58 |
| 5.4.2.1.3. Estresse por disputa por tetos (disp).....                                                       | 59 |
| 5.4.2.1.4. Estresse por queda de temperatura (frio).....                                                    | 60 |
| 5.4.2.1.5. Estresse por manejo de castração (mcas) .....                                                    | 61 |
| 5.4.2.1.6. Estresse por manejo de corte de cauda (mcau).....                                                | 62 |
| 5.4.2.1.7. Estresse por manejo de corte de dente (mden) .....                                               | 63 |
| 5.4.2.1.8. Estresse provocado pelo manejo por ministação de suplemento mineral a base de ferro (mfer) ..... | 64 |
| 5.4.2.1.9. Comparação entre os tipos de estresse causados .....                                             | 65 |
| 5.4.2.2. Resultados estatísticos em função dos valores de frequência.....                                   | 66 |
| 5.4.2.2.1. Estresse por retirada da matriz (reti) .....                                                     | 67 |
| 5.4.2.2.2. Estresse por retirada do aleitamento (alei) .....                                                | 68 |
| 5.4.2.2.3. Estresse por disputa de tetos (disp) .....                                                       | 69 |



|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.4.2.2.4. Estresse por queda de temperatura (frio).....                                                                    | 70 |
| 5.4.2.2.5. Estresse por manejo de castração (mcas) .....                                                                    | 71 |
| 5.4.2.2.6. Estresse por manejo de corte de cauda (mcau).....                                                                | 72 |
| 5.4.2.2.7. Estresse por manejo de corte de dente (mden) .....                                                               | 73 |
| 5.4.2.2.8. Estresse por manejo de aplicação de suplemento mineral a base de ferro (mfer) .....                              | 74 |
| 5.4.2.2.9. Comparação entre os tipos de estresse causados .....                                                             | 75 |
| 5.4.2.3. Descrição estatística dos resultados da comparação entre os polinômios de ajuste para leitões em maternidade ..... | 77 |
| 6. CONCLUSÕES .....                                                                                                         | 80 |
| 7. REFERÊNCIAS .....                                                                                                        | 82 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Produção nacional de suínos (mil t) (Fonte: ABIPECS, Embrapa* (estimativa para 2007)).                                                                                                                                                                  | 1  |
| Figura 2. Circuitos de compensação A, C (Fonte: ACGIH, 2001).                                                                                                                                                                                                     | 21 |
| Figura 3. Caracterização de um som (adaptado de Barbosa, 1999).                                                                                                                                                                                                   | 26 |
| Figura 4. Som emitido por uma flauta (adaptado de Barbosa, 1999).                                                                                                                                                                                                 | 26 |
| Figura 5. Notação matricial para o ajuste polinomial (HUMES et. al., 1982).                                                                                                                                                                                       | 27 |
| Figura 6. Detalhes do interior da instalação da creche (Fonte: Sampaio, 2004).                                                                                                                                                                                    | 31 |
| Figura 7. Detalhes do interior da instalação da maternidade.                                                                                                                                                                                                      | 31 |
| Figura 8 . Corte de dente em leitão.                                                                                                                                                                                                                              | 33 |
| Figura 9. Ministação de suplemento mineral (ferro) via oral em leitão.                                                                                                                                                                                            | 33 |
| Figura 10. Castração e corte de cauda em leitão.                                                                                                                                                                                                                  | 33 |
| Figura 11. Quadro Geral sobre a utilização do software                                                                                                                                                                                                            | 35 |
| Figura 12. Janela inicial do software processando a vocalização de castração.                                                                                                                                                                                     | 39 |
| Figura 13. Tela da progressão do espectro da castração.                                                                                                                                                                                                           | 40 |
| Figura 14. Tela do Ajuste Polinomial para a envoltória da vocalização.                                                                                                                                                                                            | 40 |
| Figura 15. Gráficos diferenciados pelos níveis de estresse 1 (a , c, e) mais baixo e nível de estresse 10 (b, d, f) mais alto, de acordo com a intensidade relativa ( $I_0/I$ ) por tempo (ms) (a, b), faixas de frequência por tempo (c, d) e envoltória (e, f). | 41 |
| Figura 16. Janela inicial do software Poli processando a análise estatística sobre os coeficientes dos polinômios para envoltória de sinais de sons dos leitões em creche.                                                                                        | 42 |
| Figura 17. Quadro dos coeficientes e configuração das funções.                                                                                                                                                                                                    | 43 |
| Figura 18. Quadro dos resultados estatísticos da comparação entre polinômios de mesmo nível de estresse.                                                                                                                                                          | 44 |
| Figura 19. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em creche, com níveis de estresse para cada estado associado, com intervalo de confiança de 95% .     | 49 |
| Figura 20. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em creche, com intervalo de confiança de 95%.                                                         | 49 |

|                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baía em função dos valores de frequência de leitões em creche, com intervalo de confiança de 95% .....                                                    | 52 |
| Figura 22. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baía em função dos valores de frequência de leitões em creche, com níveis de estresse para cada estado associado, com intervalo de confiança de 95% ..... | 53 |
| Figura 23. Comparação entre os níveis de estresse e os polinômios de ajuste de leitões em creche, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                               | 55 |
| Figura 24. Níveis de estresse por retirada da matriz (reti) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                       | 57 |
| Figura 25. Níveis de estresse por retirada do aleitamento (alei) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .                                                                      | 59 |
| Figura 26. Níveis de estresse por disputa de tetos (disp) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                         | 60 |
| Figura 27. Níveis de estresse por queda de temperatura (frio) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .                                                                         | 61 |
| Figura 28. Níveis de estresse por manejo de castração (mcas) em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                           | 62 |
| Figura 29. Níveis de estresse por manejo de corte de cauda (mcau) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .                                                                     | 63 |
| Figura 30. Níveis de estresse por manejo de corte de dente (mden) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .                                                                     | 64 |
| Figura 31. Níveis de estresse por manejo por ministação de suplemento mineral (mfer) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                              | 65 |
| Figura 32. Comparação entre os diversos estados de estresse (retirada do aleitamento (alei), disputa por tetos (disp), por queda de temperatura (frio), manejo de castração (mcas), manejo                                                              |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| de corte de cauda (mcau), manejo de corte de dente (mden), manejo por aplicação de ferro (mfer) e retirada da matriz (reti)) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                             | 66 |
| Figura 33. Níveis de estresse por retirada da matriz (reti) em função das frequências para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 68 |
| Figura 34. Níveis de estresse por retirada do aleitamento (alei) em função das frequências para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 69 |
| Figura 35. Níveis de estresse por disputa de tetos (disp) em função das frequências para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 70 |
| Figura 36. Níveis de estresse por queda de temperatura (frio) em função das frequências de vocalização dos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                                     | 71 |
| Figura 37. Níveis de estresse por manejo de castração (mcas) em função das frequências para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 72 |
| Figura 38. Níveis de estresse por manejo de corte de cauda (mcau) em função das frequências de vocalização emitidas por leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                        | 73 |
| Figura 39. Níveis de estresse por manejo de corte de dente (mden) em função das frequências de vocalização dos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 74 |
| Figura 40. Níveis de estresse por manejo de aplicação de ferro (mfer) em função das frequências de vocalização dos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 75 |
| Figura 41. Comparação entre os diversos estados de estresse (retirada do aleitamento (alei), disputa por tetos (disp), por queda de temperatura (frio), manejo de castração (mcas), manejo de corte de cauda (mcau), manejo de corte de dente (mden), manejo por aplicação de ferro (mfer) e retirada da matriz (reti)) em função das frequências de vocalização emitida pelos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% ..... | 76 |
| Figura 42. Comparação entre os níveis de estresse e os polinômios de ajuste, com intervalo de confiança de 95%, para leitões na maternidade.....                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 79 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Limites de nível de pressão sonora em dB(A).....                                                                                                  | 23 |
| Tabela 2. Limites de nível de pressão sonora em dB(A).....                                                                                                  | 24 |
| Tabela 3. Situações de estresse e não estresse provocado nas diferentes fases do leitão. ....                                                               | 30 |
| Tabela 4. Classificação das vocalizações observadas para leitões na maternidade.....                                                                        | 37 |
| Tabela 5. Classificação das vocalizações observadas para leitões na Creche. ....                                                                            | 38 |
| Tabela 6. Resultados estatísticos para avaliação do estresse por retirada de alimento de leitões em creche. ....                                            | 47 |
| Tabela 7. Resultados estatísticos para avaliação do estresse por retirada da baia de leitões em creche.....                                                 | 47 |
| Tabela 8. Comparação entre o estresse por retirada de alimento e por retirada da baia de leitões em creche. ....                                            | 48 |
| Tabela 9. Resultados estatísticos do estresse por retirada de alimento de leitões em creche. ....                                                           | 51 |
| Tabela 10. Resultados estatísticos do estresse por retirada da baia de leitões em creche. ....                                                              | 51 |
| Tabela 11. Resultados estatísticos da relação entre os tipos de estresse causados em leitões em creche.....                                                 | 52 |
| Tabela 12. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste relacionados com cada nível de estresse de leitões em creche. ....         | 54 |
| Tabela 13. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste com a comparação entre os níveis de estresse de leitões em creche. ....    | 54 |
| Tabela 14. Resultados estatísticos para estresse por retirada da matriz (reti) para os leitões em maternidade. ....                                         | 57 |
| Tabela 15. Resultados estatísticos para estresse por retirada do aleitamento (alei) para os leitões em maternidade. ....                                    | 58 |
| Tabela 16. Resultados estatísticos para estresse por disputa por tetos (disp) para os leitões em maternidade. ....                                          | 59 |
| Tabela 17. Resultados estatísticos para estresse por queda de temperatura (frio) de leitões em maternidade. ....                                            | 61 |
| Tabela 18. Resultados estatísticos para estresse por manejo de castração (mcas) com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade..... | 61 |

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 19. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de cauda (mcau) para os leitões em maternidade. ....                                    | 63 |
| Tabela 20. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de dente (mden) para os leitões em maternidade. ....                                    | 63 |
| Tabela 21. Resultados estatísticos para estresse por ministação de suplemento mineral a base de ferro (mfer) para os leitões em maternidade. ....            | 64 |
| Tabela 22. Resultados estatísticos da relação entre os tipos de estresse causados para os leitões em maternidade.....                                        | 65 |
| Tabela 23. Resultados estatísticos para estresse por retirada da matriz (reti) para os leitões em maternidade. ....                                          | 67 |
| Tabela 24. Resultados estatísticos para estresse por retirada do aleitamento (alei) de leitões em maternidade. ....                                          | 68 |
| Tabela 25. Resultados estatísticos para estresse por disputa de tetos (disp) para os leitões em maternidade. ....                                            | 69 |
| Tabela 26. Resultados estatísticos para estresse por queda de temperatura (frio) de leitões em maternidade. ....                                             | 70 |
| Tabela 27. Resultados estatísticos para estresse por manejo de castração (mcas) de leitões em maternidade. ....                                              | 71 |
| Tabela 28. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de cauda (mcau) de leitões em maternidade.....                                          | 73 |
| Tabela 29. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de dente (mden) para os leitões em maternidade. ....                                    | 74 |
| Tabela 30. Resultados estatísticos para estresse por manejo de aplicação de suplemento mineral a base de ferro (mfer) para os leitões em maternidade.....    | 75 |
| Tabela 31. Resultados estatísticos da relação entre os tipos de estresse causados para os leitões em maternidade.....                                        | 76 |
| Tabela 32. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste relacionados com cada nível de estresse de leitões na maternidade. ....     | 77 |
| Tabela 33. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste com a comparação entre os níveis de estresse de leitões na maternidade..... | 78 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

$f$  = frequência em Hertz (Hz).

$T$  = período em segundo (s).

$I$  = intensidade em Watt por metro quadrado ( $W/m^2$ ).

$I_r$  = intensidade relativa em decibel (dB).

$v$  = velocidade em metro por segundo (m/s).

$\lambda$  = comprimento de onda em metro (m).

$s$  = desvio padrão (em dB ou em Hz).

$CV$  = coeficiente de variação.

$E$  padrão = erro padrão (dB ou em Hz).

$n_i$  = nível de estresse (variando de 01 até 10).

$alim$  = estresse provocado pela retirada de alimento.

$baia$  = estresse provocado pela retirada do leitão da baia.

$reti$  = estresse provocado pela retirada do leitão da matriz.

$alei$  = estresse provocado pela retirada do aleitamento.

$disp$  = estresse provocado pela disputa de leitões por tetos.

$frio$  = estresse provocado pelo frio.

$mcau$  = estresse provocado pelo corte de cauda.

$mcas$  = estresse provocado pela castração.

$mden$  = estresse provocado pelo corte de dente.

$mfer$  = estresse provocado pela aplicação de suplemento mineral a base de ferro.

## RESUMO

As atuais tendências de mercado e exigências dos consumidores, juntamente com regulamentações de normas e padronizações relacionadas ao bem-estar animal têm provocado um forte impacto sobre a produção suinícola brasileira e podem afetar as exportações. Na mesma medida, a preocupação com a produção de alimentos está cada vez mais voltada para a quantidade e a qualidade do produto final e também às suas implicações no meio ambiente. Isso está acontecendo justamente no momento em que novas ferramentas de tecnologia de informação aplicam-se aos sistemas de produção animal, principalmente em sistemas de suporte a decisão, usando dados da produção animal, fisiologia e comportamento. Também, o uso de sistemas computacionais e protocolos específicos foram desenvolvidos para apoiar os produtores, provendo soluções apropriadas e direcionadas aos eventuais problemas. A vocalização dos animais é a expressão do seu estado específico, que pode ocorrer espontaneamente, ou pode ser o resultado de um evento externo, por exemplo, o desmame, a fome, e a dor, que mostram vocalizações de alta frequência; por este motivo a vocalização dos animais transformou-se em uma ferramenta muito importante para a avaliação do bem-estar animal. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um sistema que permita o registro, a análise e a interpretação da vocalização dos animais com a finalidade de monitorar as indicações de estresse na produção comercial de suínos. O sistema foi desenvolvido para registrar e analisar a vocalização de suínos. A validação foi realizada em uma granja de suínos localizada no estado de São Paulo, onde foram captadas as expressões vocais dos suínos em situações de estresse e não estresse. As seguintes situações de estresse foram consideradas na maternidade: impedimento do acesso ao aleitamento, temperaturas baixas de 15 e 20°C, retirada do leitão da proximidade da matriz, disputa pelo teto, corte da cauda, corte dos dentes, castração e aplicação de ferro; e na creche foram: retirada de alimento e retirada do leitão da baia. Foi usado um microfone acoplado a um computador portátil posicionado a 1,0 m dos animais, para registro dos sons. O sinal sonoro foi digitalizado pela placa de som e gravado através do *software* Audacity. Para o reconhecimento, tratamento e classificação dos sinais gerados pelas expressões vocais dos leitões optou-se pela utilização da Transformada de Fourier. As seguintes características foram usadas para a classificação dos sinais: duração da vocalização, formato de onda, espectro total e evolução do espectro de vocalização ao longo do tempo. O sistema usou o *software* “Vocalização”, desenvolvido em linguagem Delphi 5 e possui os seguintes recursos: transformação do sinal digital em valores de amplitude em função do tempo; regressão polinomial de ordem até 50 para obtenção de envoltórias em torno dos pontos coletados; transformada de Fourier do espectro total da vocalização; transformada de Fourier para intervalos de tempo de 40 milissegundos, com os valores de frequência divididos por cinco faixas que vão de 100 a 5000 Hz. Para a análise estatística dos valores de frequência e nível de intensidade sonora utilizou-se o *software* Minitab e para a análise estatística dos polinômios foi desenvolvido um *software* denominado “Poli” que compara estatisticamente os coeficientes dos polinômios gerados pelo *software* “Vocalização”. Os resultados mostraram que, quando comparado o tempo de vocalização dos leitões em creche e em maternidade, concluiu-se que análises de intervalos de vocalização de 1 segundo seriam suficientes para determinar o nível de estresse do animal tanto em creche quanto em maternidade. O sistema de monitoramento do bem-estar usando tecnologia de informação permitiu o registro, a análise e a interpretação da vocalização dos suínos, indicando o nível de estresse na produção comercial de suínos.

**Palavras chaves:** suínos, vocalização, programa computacional, bem-estar animal.



## ABSTRACT

Today's market and consumers demands trends beside the welfare norms and regulations have imposed a strong impact on Brazilian swine production and may affect export. At the same time food production worry has been turn for final product quantity and quality and to environmental implications as well. This is happening at the same time when new control technologies emerge. During the last decade new information technology tools were introduced in the animal production system mainly for decision support systems, using as basics data on animal production, physiology and behavior. Also the use of computational systems and specific protocols were developed providing appropriate solutions directed to eventual problems. Animal vocalization is an expression of its specific state that may occur spontaneously or yet as a result of an external event, for instance weaning, hunger or pain in the form of high frequency noise. Because of that animal vocalization has become an important tool for assessing animal welfare. The objective of this research was to develop a system that allows the recording, analysis and the interpretation of animal vocalization with the goal of monitoring stress indication during swine commercial production. The system was developed for application at vocalization recording and analyzing data. The validation was done in both a farrowing and a growing housing in a commercial swine farm in Sao Paulo state where the swine vocal expressions in both situations of stressful and non-stressful were captured. The following stressful events considered at farrowing were: to restrain access to farrowing, to expose to low temperatures (below 20°C), to remove the piglet from the sow, the dispute of the teats from the piglets, the tail cut, the teeth cut, the castration, and the iron marking; and at growing were: feed removal and removal of the piglet from the room. A microphone placed at 1 m distance from the animals was connected to a laptop computer for recording the noise. The noise signal was digitalized and recorded in a sound hardware using the *software* "Audacity®". For the recognition and classification of the signals generated by the swine vocal expressions Fourier Transform were used. The following characteristics were used for the noise classification: vocalization duration, wave format, total spectrum, and the spectrum evolution along time. The system used the *software* called Vocalização that was developed in Delphi 5 language and with the output of the following resources: transform the digital signal into amplitude values as function of time; polynomial regression of up to order 50 for obtaining involve functions around the collected points, Fourier Transform for the total spectrum for each 40 s time intervals with frequency values divided into five that go blocks from 100 to 5000 Hz. For performing the statistical analysis of the frequency and level of sound intensity the *software* Minitab was used. For statistically analyzing the polynomials *software* called Poli was developed, and it compares statistically the polynomials coefficients generated by the *software* Vocalização. Results showed that when compared the piglets vocalization length time it was concluded that the interval analysis of 1 s was enough to determine their stress level both in farrowing and growing rooms. The welfare monitoring system using information technology allowed the recording, analysis and data interpretation of swine vocalization indicating the stress level in commercial production.

**Key words:** swine, vocalization, *software*, welfare.

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil é o único país da América do Sul entre os dez maiores produtores de carne suína. Sua posição é crescente, ganhando posições ano após ano, e até o final desta década, deverá tornar-se membro do seleto grupo dos quatro maiores produtores mundiais.

Em 2006, de acordo com a ABIPECS, (2007) a produção da carne suína aumentou 6% atingindo 2806 mil toneladas e em 2007 espera-se um incremento ainda maior na produção nacional, como pode ser visualizado na Figura 1.

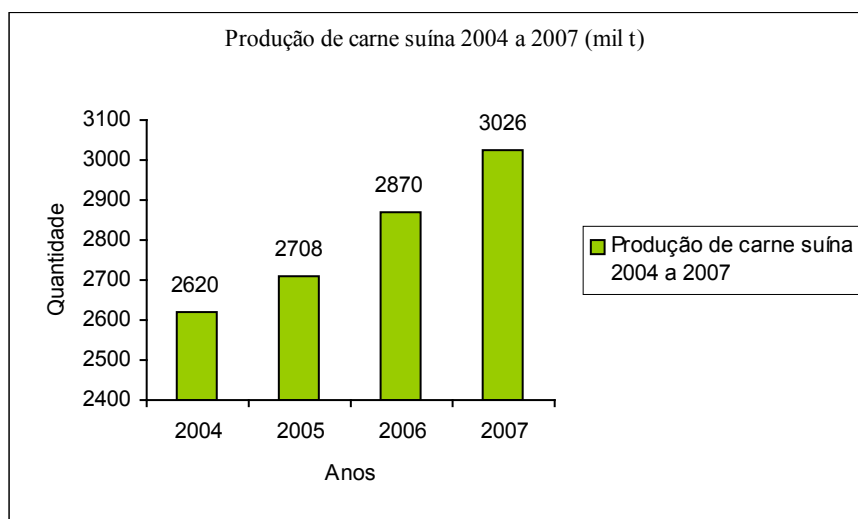


Figura 1. Produção nacional de suínos (mil t) (Fonte: ABIPECS, Embrapa\* (estimativa para 2007)).

Segundo FIALHO (1999) o aumento em produção deve-se à modernização da suinocultura, que levou a produção de suínos a níveis de eficiência sem precedência. Isso faz com que aumentos subseqüentes na produtividade tornem-se progressivamente mais difíceis,

sendo necessário o uso de criatividade ou de tecnologias cada vez mais sofisticadas, para incrementar a produção.

As atuais tendências de mercado e exigências dos consumidores, juntamente com regulamentações de normas e padronizações relacionadas ao bem-estar animal têm um forte impacto sobre a produção suinícola brasileira, gerando medidas que podem afetar as exportações brasileiras, que representaram 528,2 mil toneladas em 2006, conforme APIPECS (2006). A ausência do bem-estar na produção animal repercute diretamente na sanidade dos alimentos, afetando o comércio interno e principalmente as exportações. Para MUÑOZ (2004) o bem-estar animal hoje é considerado fator de rastreabilidade na condição de segurança alimentar, visando à qualidade total dos alimentos.

A preocupação com a produção de alimentos está cada vez mais relacionada com a quantidade e a qualidade do produto final, e suas implicações no meio ambiente e ao bem-estar animal. Isso está acontecendo justamente no momento em que novas tecnologias de controle surgem, novas exigências de mercado aparecem, restrições de consumo e produção crescem diariamente, em paralelo com a mudança de conceito da população, que vem exigindo um produto final de melhor qualidade. Para SILVA (1999), a competitividade interna e externa está acirrada de maneira a ocupar um espaço seguro no mercado.

Assuntos como rastreabilidade da produção, selo de qualidade, zootecnia de precisão, estão sendo discutidos em todos os setores da cadeia produtiva, com o objetivo de maximizar os sistemas existentes em prol de melhoria das condições de produção e conseqüentemente do produto final.

Na última década novas ferramentas foram introduzidas nos sistemas de produção animal, principalmente para suporte à decisão, tendo como base dados produtivos, fisiológicos e comportamentais dos animais. Também, o uso de sistemas computacionais e protocolos específicos foram desenvolvidos para funcionarem como apoio aos produtores, provendo soluções apropriadas e direcionadas aos eventuais problemas.

Para KILEY (1972), dentro do comportamento de suínos, a comunicação vocal constitui uma parte importante do comportamento dos suínos domésticos. Por outra parte, foi mostrado que os animais reagem às situações estressantes como, por exemplo, o desmame, a fome, e a dor, mostrando vocalizações de alta frequência, segundo FRASER (1974). É por este

motivo que de acordo com WEARY e FRASER, (1995) a vocalização dos animais transformou-se numa ferramenta cada vez mais importante para avaliar o bem-estar animal.

Com o avanço em microeletrônica e programação, as possibilidades do uso destas tecnologias na produção animal, tornaram viável a otimização em tempo real de alguns dos processos de decisão. A tecnologia de sensores e a utilização de ferramentas computacionais proporcionam um grande potencial para a implementação de novas demandas e registros de bem-estar animal.

Esta pesquisa tem como hipótese que, ao se interpretar a vocalização de suínos, é possível estimar condições de estresse e bem-estar.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver um sistema que permita o registro, a análise e a interpretação da vocalização dos animais, com a finalidade de monitorar as indicações de estresse na produção intensiva de suínos.

Objetivos Específicos:

- Monitorar e registrar a expressão vocal de leitões em situações de estresse e não estresse.
- Desenvolver um algoritmo para processamento das expressões vocais em sinais digitalizados;
- Classificar os sinais registrados em intensidades, frequências, formato de onda e evolução do espectro de vocalização ao longo do tempo;
- Desenvolver um *software* para utilização do algoritmo juntamente com o banco de dados formado.
- Validação do sistema desenvolvido.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Conceito e medidas de qualidade de ambiente**

Para SILVA (1999), o conceito de qualidade do ambiente ideal para a produção industrial de suínos, está ligado a vários fatores, dos quais os principais são: o conforto térmico, a presença de gases, o ruído, a poeira e os fungos, que se relacionam tanto com o microclima dentro das instalações, como também são influenciados pelas condições externas.

##### **3.1.1. Conforto térmico**

Segundo HANNAS (1999), fatores ambientais externos e o microclima dentro das instalações exercem efeitos diretos e indiretos sobre os suínos, em todas as fases de produção, acarretando redução na produtividade, com conseqüentes prejuízos econômicos à exploração suinícola. Torna-se, portanto, importante o entendimento de como e porque o ambiente influencia na vida dos suínos nos diferentes estágios de desenvolvimento, e como esses animais respondem ao ambiente térmico e variações climáticas a que são submetidos. O conhecimento das respostas ou adaptações fisiológicas dos suínos relacionadas ao ambiente térmico permite o entendimento da dinâmica de vida do animal, bem como possibilita a determinação posterior de medidas e/ou alterações de manejo, nutrição e construção (instalações e equipamentos) objetivando a otimização da atividade.

Para Mc LEAN (1969) as temperaturas muito altas, também causam redução no desempenho produtivo, assim como na qualidade da carcaça de suínos. Em situações de estresse térmico, o estado imunológico dos suínos fica deprimido, resultando em uma menor resistência às infecções. Doenças gastrintestinais são facilmente transmissíveis tidas e, contudo, podem ser evitadas com um simples controle de temperatura e umidade nos galpões.

A disenteria suína também origina-se no rebanho quando este está sujeito a grandes variações de temperatura e umidade. Vários autores apresentam o diferencial de temperatura máxima e mínima como um fator extremamente negativo para a produção (MONGOLD et. al. 1967; MOUNT, 1975 e PHILLIPS et. al. 1992). Da mesma maneira, doenças do aparelho respiratório surgem no rebanho, quando este se encontra em condições fora da região de termoneutralidade.

Em trabalho realizado por LE DIVIDICH (1982) é evidenciado que a ventilação proporciona diretamente perdas de calor por convecção. Dissipa-se o calor de radiação e de condução dentro da granja pelo fluxo de ar gerado. Desta forma, a ventilação provoca no animal jovem um maior gasto energético em seu corpo para compensar as perdas de calor. Analisando o plano metabólico, o efeito das perdas de calor é muito prejudicial ao desenvolvimento dos leitões, principalmente em ambientes frios; no qual o aumento da taxa de velocidade do ar de 0,10 para 0,56 m s<sup>-1</sup> equivale a um decréscimo de 4°C na sensação térmica de leitões com 2 kg de peso vivo.

### **3.1.2. Gases**

Os gases poluentes podem afetar os animais de maneira primária e secundária. Afetam de maneira primária, quando atingem diretamente os tecidos do animal pela pele, pelo trato respiratório ou pela mucosa dos olhos, quando expostos diretamente aos gases.

De maneira secundária, afetam quando os gases são absorvidos no trato respiratório e passam para a corrente sangüínea, causando reações no metabolismo que podem ser constatadas em HARDOIM (1995). A amônia (NH<sub>3</sub>) é o poluente mais freqüentemente encontrado no ar, especialmente quando os excrementos são decompostos no solo.

Normalmente a amônia é encontrada em baixa concentração, menos de 30 ppm. Seu odor é facilmente detectado pelo homem, mesmo em baixa concentração de 10 ppm. A amônia atua como irritante nas membranas dos olhos e da mucosa do trato respiratório, podendo causar corrimento nasal, apatia e outros sintomas.

O gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e o ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S), também são gases de grande importância. O primeiro é um gás presente na atmosfera, sem cheiro e, quando a concentração é de 50.000 ppm, causa nos animais um aumento no ritmo respiratório e respirações mais profundas, o segundo, ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) é detectado na concentração de 0,01 ppm ou

mais, e entre 50-200 ppm pode acarretar sintomas, tais como: perda de apetite, fotofobia, vômito e diarreia nos animais. Recomenda-se que os níveis de H<sub>2</sub>S nas edificações não ultrapassem os 20 ppm.

### 3.1.3. Ruídos

De acordo com a ABNT (1987), a definição de ruído sonoro é a mistura de sons cujas frequências diferem entre si em valores inferiores à discriminação perceptível pelo ouvido humano. A intensidade sonora pode ser definida como potência por unidade de área, expressa em W.m<sup>-2</sup>. A escala para medida de intensidade das ondas sonoras é linear. Contudo, a intensidade dos sons captados pelo ouvido humano cobre uma ampla faixa de variação. Sendo assim, uma escala logarítmica é mais adequada para a medida dessa grandeza física. Define-se, portanto uma escala adimensional de Nível de Intensidade Sonora chamada decibel, (Equação 1) onde:

$$DB_{IL} = 10 \log_{10} (I/I_0) \quad \text{Eq.1}$$

Com: I = intensidade sonora (W m<sup>-2</sup>), I<sub>0</sub> = 10<sup>-12</sup> W m<sup>-2</sup> (intensidade do limiar inferior de percepção humana) e IL = nível de intensidade sonora (intensity level sound);

O máximo nível de intensidade sonora tolerado pelo ouvido humano, sem desconforto é 80 dB, mas já a partir dos 65 dB o organismo está sujeito a um estresse gradativo.

PASQUALETTO et. al. (citado por BARBOSA, 1998) observaram níveis de ruídos em granjas de suínos em três horários diferentes, concluindo que as variações ocorreram devido ao barulho produzido pelos próprios animais e pela movimentação dos funcionários dentro da granja.

Para PERDOMO et. al. (2001) cerca de 50% dos suínos criados em sistemas confinados, apresentam problemas de saúde e muitos criadores tornam-se precocemente incapacitados para o trabalho, face aos danos causados em seu sistema respiratório pela exposição constante a ambientes com elevadas concentrações de poeiras e gases. Segundo PIFFER et. al. (1998) diminuir a concentração dos poluentes ambientais para preservar a saúde humana seria, indiretamente, uma forma de preservar o bem-estar do animal.



### 3.1.4. Poeira e fungos

De acordo com PIFFER et. al. (1998) a poeira é originária, basicamente, do uso de camas e alimentos, e a mesma constitui um problema comum a unidades com deficiência de ventilação. Recomenda-se, para maior conforto e segurança dos operários, manterem os níveis de poeira abaixo do limite de  $1,7 \text{ mg m}^{-3}$  de volume de ar, já que nesta faixa exerce pequeno efeito sobre o crescimento dos animais.

Fungos e bactérias são encontrados em grande quantidade disseminados na natureza, na poeira do ar, no solo, nos vegetais, nos animais, entre outros, variando sua incidência de acordo com numerosos fatores geográficos ou ambientais. Certos fungos produzem compostos que são venenosos aos animais e podem gerar consequências graves, como é o caso das micotoxinas produzidas pelos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* ou *Fusarium*, que podem ser detectados em criações. Para PIVA e SANTI (1982) algumas espécies do gênero *Aspergillus* sp, produzem toxinas que são metabólitos tóxicos. A aflatoxina B1 que é abundante e tóxica nas contaminações naturais é facilmente encontrada em alimentos utilizados na alimentação de animais, segundo OSWEILER (1993).

De acordo com o mesmo autor, surtos de aflatoxina foram reportados em quase todos os países que realizam suinocultura intensiva.

Em países de clima tropical os casos de aflatoxicose em suínos são freqüentes, de acordo com os registros diagnósticos de laboratórios especializados conforme OLIVEIRA (1993). Nos quadros crônicos, os sintomas são de redução no consumo de ração e uma queda acentuada de crescimento, também tratado em OSWEILER (1993).

Nas condições tropicais, normalmente o desconforto térmico é quase permanente nas construções para suínos, constituindo-se um dos principais problemas que afetam a criação. Esta característica inerente à criação pode estabelecer condições de qualidade do ar prejudiciais aos animais e trabalhadores. O prédio para a creche é ocupado por animais susceptíveis às condições térmicas desfavoráveis, bem como à presença de microrganismos e gases no ar conforme trabalho de NADER et. al. (2002). Segundo HUFF et. al. (1988), a presença de mais de uma micotoxina em um dos ingrediente de uma ração podem resultar em efeitos tóxicos sinérgicos, aditivos ou antagônicos.

Para CASTRO (1999) a temperatura, umidade, poeira, amônia, ventilação, densidade de criação e principalmente, limpeza e desinfecção dos galpões são mencionados como contribuintes na patogenia dessas doenças.

Com a domesticação, o suíno não precisou mais procurar alimento e o homem passou a manter os animais confinados para melhor controlar a produtividade. Atualmente, uma observação atenta e dinâmica de criações intensivas de suínos, permite estabelecer uma classificação geral dos problemas sanitários que ali se desenvolvem.

Em criações intensivas, a frequência da ocorrência de doenças e a sua gravidade estão diretamente relacionadas com o nível de contaminação ambiental e este, por sua vez, depende do sistema de manejo das instalações e do programa de limpeza e desinfecção em uso na granja.

A ocorrência de doenças em uma criação de suínos depende diretamente do tipo de concentração da flora microbiana presente no ambiente. Fungos e bactérias são encontrados em grande quantidade disseminados na natureza, sendo comuns na poeira do ar, no solo, nos vegetais, nos animais, etc. A umidade e a temperatura do ar favorecem o seu desenvolvimento no meio ambiente, sendo propícios os climas quentes e úmidos. Numerosos fungos podem ser isolados do ar atmosférico, variando a incidência dos mesmos com numerosos fatores geográficos ou ambientais. Assim, conforme varia a localidade, a estação do ano, a temperatura, a presença de ventos e outros fatores, a flora micótica varia também.

### **3.2. Bem-estar animal**

Desde a década de 70 os cientistas têm tentado definir o termo bem-estar animal, e este tem sido objeto de diferentes definições por diversos autores tais como os trabalhos de FRASER (1999), SEAMER (1998) e TIMBERLAKE (1997). Da mesma forma os filósofos têm tentado criar normas éticas, referindo-se com frequência às necessidades e interesses dos animais. A maioria dos trabalhos éticos criou barreiras para a pesquisa científica, porque tinha a tendência de focar apenas o indivíduo, em vez de tomar decisões coletivas, pensando na população, no ecossistema ou na espécie. Jogam-se vários grupos taxonômicos dentro de categorias morais únicas com soluções demasiadamente amplas para diferentes práticas de uso animal.

Por outro lado, alguns cientistas consideram que, o sofrimento e outras experiências subjetivas, não podem ser objetos de pesquisas científicas e alegam que a ciência pode medir o bem-estar animal como se fosse um conceito puramente empírico, conforme FRASER (1999). No entanto, a crescente convergência das abordagens científica e filosófica pode levar a um campo de estudo mais integrado e à compreensão, de que apenas a informação empírica ou a reflexão filosófica, não podem esclarecer a relação humana com animais de diferentes espécies.

BLOOD e STUDDER (1988) definem o bem-estar como a manutenção de normas apropriadas de alojamento, alimentação e cuidado geral, além do tratamento e prevenção das enfermidades. Já HURNIK (1992), define o bem-estar animal como "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".

BROOM (1991) aponta que o termo bem-estar refere-se ao estado de um indivíduo em relação ao seu ambiente. Se o organismo falha ou tem dificuldade de se adaptar ao ambiente, isto é uma indicação de diminuição no bem-estar do animal. O sofrimento normalmente está relacionado com o bem-estar, mas falta de bem-estar não é necessariamente sinônimo de sofrimento.

Segundo SALAÛM e DANTZER (1990), o bem-estar é “o estado de perfeita saúde mental e física que possui cada animal quando se encontra em harmonia com o meio ambiente”; se isto não acontece produz-se um desequilíbrio que provocará estresse e caso seja muito intenso ocasionará nos animais um estado de alarme. Quando o estresse é mantido por muito tempo, se converte em crônico e ocasiona a aparição de condutas anormais, as quais vão afetar a saúde dos animais e, por conseguinte, sua produção.

Para FRASER (1989), o bem-estar animal compreende dois aspectos fundamentais, o bem-estar físico e o bem-estar psicológico, e ambos normalmente coexistem. O bem-estar físico se manifesta através de um bom estado de saúde, enquanto o bem-estar psicológico reflete o comportamento, ou seja, a ausência de comportamentos anormais.

Segundo FRASER (1999) a maioria das tentativas dos cientistas de conceituar o bem-estar animal relaciona-se com três questões principais:

a) os animais devem sentir-se bem, i.e., não ser submetidos ao medo, à dor ou estados desagradáveis de forma intensa ou prolongada;

b) os animais devem funcionar bem, no sentido de saúde, crescimento, comportamento e fisiologia;

c) os animais devem levar vidas naturais através do desenvolvimento e do uso de suas adaptações naturais.

Nos dias de hoje, a definição de bem-estar mais utilizada é a estabelecida pela FAWC (*Farm Animal Welfare Council*) na Inglaterra, citada por CHEVILLON (2000), a qual se baseia no reconhecimento das cinco liberdades inerentes aos animais:

1. A liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede),
2. A liberdade ambiental (suprir as necessidades de espaço),
3. A liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas),
4. A liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais),
5. A liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade).

### **3.3. Medidas de bem-estar**

De acordo com LE NEINDRE et. al. (2004), o bem-estar de um animal depende de como ele percebe o ambiente em que está inserido. É importante considerar não somente os aspectos físicos do ambiente, mas também os aspectos sociais, que são tão importantes quanto os físicos.

Vários indicadores podem ser utilizados para o monitoramento do bem-estar animal: a saúde física (mortalidade, morbidade, nível de injúrias), o tratamento recebido pelos animais, os indicadores psicológicos derivados da fisiologia do estresse e os indicadores comportamentais, na maioria das vezes têm demonstrado ser critérios mais pertinentes de avaliação, sendo a vocalização animal um tipo de resposta comportamental.

Segundo os mesmos autores, o monitoramento do bem-estar animal inclui um amplo espectro de paradigmas e mensurações experimentais, que envolvem técnicas de condicionamento operante<sup>1</sup>, testes de escolha e tempo disponível para essas mensurações. Somente utilizando a pluridisciplinaridade se poderá chegar a resultados muito aproximados da realidade, em particular quando se lida com questões complexas como é o estudo do espaço e do ambiente.

---

<sup>1</sup> Técnica de condicionamento em manejos em que o animal associa determinado evento com algo conhecido ou aprendido.

Para MOBERG'S (1985), as medidas que são relevantes na avaliação do bem-estar animal incluem o nível de injúria dos animais, a incidência de doenças, respostas à dor, os efeitos do medo e as respostas comportamentais e fisiológicas associadas, o que envolve especialmente a frustração.

O nível de bem-estar ou de estresse dos animais inseridos em determinado ambiente pode ser avaliado através de medidas comportamentais que ocasionam aumento na taxa de mortalidade e agressões, que podem ser avaliadas pelas reações face às dificuldades encontradas (gritos, ajuntamentos, fugas...), nas reações fisiológicas (batimentos cardíacos, ritmos respiratórios, temperatura corporal, nível de reserva em açúcar, cortisol, enzimas...) e, também, na qualidade da carne (pH1 e pHu.), conforme CHEVILLON (2000).

Na prática da etologia, o bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As reações fisiológicas associadas ao estresse que têm sido usadas baseiam-se na seguinte relação: se o estresse aumenta, o bem-estar diminui. Já os indicadores comportamentais são baseados especialmente na ocorrência de comportamentos anormais e de comportamentos que se afastam do comportamento no ambiente natural.

O estresse é um termo geral que implica uma ameaça à qual o corpo precisa se ajustar em acordo com VON BORELL (1995). Segundo FRASER et. al., (1975), diz-se que um animal está em estado de estresse se é necessário que se faça ajustes anormais ou extremos em sua fisiologia ou comportamento, para ajustar a aspectos adversos do seu ambiente e manejo.

Esta adaptação envolve uma série de respostas classificadas em três sistemas: neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que funcionam para tentar manter a homeostase e o equilíbrio de suas funções, sendo que estes três sistemas são integrados, conforme os trabalhos de BARNETT e HEMSWORTH (1990) e VON BORELL (1995).

### **3.4. Comportamento de suínos**

Suínos são animais gregários que, na natureza, vivem em grupos pequenos constituídos de um líder macho, duas a quatro fêmeas, vários filhotes e animais em crescimento. Em contraste com as ditas condições “naturais”, nas condições de alojamento comercial, os grupos são misturados após o desmame, vindos de várias ninhadas distintas, o que freqüentemente gera níveis indesejáveis de agressividade (LAWRENCE e TERLOUW, 1993; BEATTIE, 2000).

Como um resultado natural da exposição à mistura após desmame, aparece a frustração, que serve de motivação para tentativas de alterar as condições de alojamento, ou mesmo para expressar comportamentos alterados de sua espécie (ARNONE e DANTZER, 1980; LEWIS, 1999). Como exemplo dessa situação pode-se descrever: canibalismo da cauda, sentar sobre as patas traseiras, remover obstáculos com o focinho até seu ferimento etc., que são descritos por D'EARTH (2002) como fatores importantes responsáveis pelo problema da falta de ganho de peso na fase inicial de creche, quando os leitões são misturados.

Estudando níveis de agressão após a entrada na creche, o autor constatou que, os maiores índices de agressividade se apresentam no primeiro dia de mistura dos grupos, quando os leitões preferem estar próximos àqueles animais que provém de uma mesma ninhada. Por outro lado, há também uma correlação importante entre o peso do leitão e a forma com que este agredir os demais, como forma de estabelecer a hierarquia social dentro do novo grupo, resultado também encontrado por DANTZER et al. (1980), que também encontrou altos níveis de hormônios corticosteróides em leitões expostos a diferentes níveis de frustração, inclusive àquelas relacionadas aos primeiros dias de creche.

Normalmente os suínos reagem às frustrações se envolvendo em atividades agressivas, ou alteram seu etograma comportamental, envolvendo-se em atividades estereotipadas ou ainda aversivas, ou ainda, embora não seja tão comum, naquelas apáticas (ARNONE e DANTZER, 1908; LAWRENCE e TERLOUW, 1993; LEWIS, 1999).

Os suínos têm uma grande habilidade de aprendizado e facilmente se adaptam a novas situações. Dessa forma, o problema encontrado nos primeiros dias de creche, quando se estabelece a ordem social hierárquica do grupo, logo é ultrapassado por atividades como morder bebedouros e comedouros. D'EARTH (2002) averiguou que, a partir do terceiro dia de mistura dos lotes, há uma diminuição gradual da agressividade e uma uniformidade no ganho de peso, evidenciando que o acesso tanto a bebedouros como comedouros passa a ser uniforme pelo grupo.

O suíno é considerado o mais inteligente animal doméstico de fazenda (PINHEIRO MACHADO, 1967). Tem grande curiosidade, alta capacidade de aprendizado, e um complexo repertório comportamental (ROLLIN, 1995; KILGOUR e DALTON, 1984). Sua capacidade cognitiva é similar ou maior que a de um cão, e seu bem-estar está relacionado com ambos: confortos físico e mental. Conforto mental, segundo HURNIK (2000) é um estado que, sem

dúvida, está relacionado com a condição física do animal, mas não apenas isso. É difícil saber o grau de satisfação do animal (contentamento) com seu ambiente. Entretanto, a manifestação de certos comportamentos se constitui em decorrência do desconforto, inclusive mental. Privação de estímulos ambientais (ambiente monótono, falta de substratos como palha, ramos, terra) leva à frustração, que pode se refletir em comportamentos anômalos ou estereótipos.

Porcas selecionadas para alta prolificidade, parindo em jaula, podem produzir facilmente 25 leitões desmamados por ano, e ainda apresentar comportamentos estereotipados e anômalos - o que é evidência de sofrimento psicológico. As porcas passam a sofrer sérios problemas físicos, - nas articulações, contusões nas juntas, problemas respiratórios e úlceras gástricas, - a tal ponto que as matrizes têm sido descartadas cada vez mais jovens (MANNING e DAWKINS, 1992).

Estresse por separação de leitões da matriz a 1, 2, 3 e 4 semanas é maior nas idades mais jovens. Leitões de todas as idades vocalizam internamente durante a separação, mas a taxa de chamadas foi mais baixa com leitões mais velhos. Quando retornam à porca os leitões fazem distintas vocalizações, e os leitões mais velhos vocalizam menos, WEARY et al. (1999).

WEARY et al. (1999) estudaram o efeito da separação de leitões da matriz e do desmame e dieta em diferentes idades. Concluíram que o estresse produzido pela separação e frustração da motivação de mamar são problemas comportamentais significativos, quando os leitões são desmamados com menos de quatro meses. A dieta especializada não solucionou o estresse do desmame e nem implicou em melhor ganho de peso.

O fator humano também influencia o comportamento do suíno em produção comercial. Treinamento e satisfação com o trabalho afetam a relação que os humanos têm com os animais, podendo refletir no comportamento e na produtividade do animal. SEABROOK e BARTLE (1992) resumiram resultados de pesquisa com várias espécies animais, inclusive suínos. Os resultados de várias experiências, citadas por esses autores, demonstram que um tratamento e manuseio gentil para os animais resulta em uma aproximação mais rápida destes com o observador. Na medida dos experimentos citados, os suínos demoraram, em média, 53 segundos para se aproximar do observador quando o manuseio da criação era ameno, e 132 segundos quando era aversivo. Esta diferença de tratamento também teve consequência no desempenho dos suínos.

### 3.5. Vocalização

De acordo com GRANDIN (1998) a vocalização é a geração ativa de sons com o uso de órgãos específicos, ela constitui uma expressão do estado específico de um animal que possa ocorrer espontaneamente, ou possa ser o resultado de um evento externo. A vocalização do suíno tem sido estudada desde a metade do século XX. Por exemplo, na primeira sistematização do repertório acústico de suínos, GRAUVOGL (1958) distinguiu vinte e três tipos diferentes de expressões vocais.

Posteriormente, métodos sonográficos foram introduzidos para analisar a frequência do repertório vocal de suínos domésticos e selvagens, resultando na determinação de quatorze, KILEY (1972) ou dez, KLINGHOLZ et. al. (1979) diferentes tipos de expressões vocais. Apesar das controvérsias se as expressões vocais de suínos são contínuas ou descontínuas, como pode ser constatado em KLINGHOLZ e MEYNHARDT (1979), em trabalho realizado por JENSEN e ALGERS (1984), sugere-se que a vocalização dos suínos é altamente correlacionada com seus níveis de excitação.

Para KILEY (1972), FRASER (1974) e SCHRADER e TODT (1998), vocalizações com baixas frequências (grunhidos) são utilizadas na manutenção do contato social, enquanto que as vocalizações de altas frequências (gritos) estão mais relacionadas com estados de excitação. Estes dados geraram as predições de MORTON (1977) que são regras estruturais motivacionais, as quais podem ser consideradas as primeiras estimativas do nível de estresse em suínos domésticos.

Técnicas modernas de análise de expressão sonora permitem obter ferramentas para discriminar, analisar e classificar vocalizações específicas. Pesquisas bioacústicas para determinar o bem-estar animal devem focar em estudos que compreendam a grande variedade de vocalizações que existem nas diferentes fases da vida do animal, das variações entre gênero e também entre as diferentes espécies de suínos.

A ampliação desse conhecimento dependerá da compreensão das interações existentes entre as vocalizações dos animais e o ambiente em que estão inseridos, relacionando com os estudos sobre o comportamento animal e seus parâmetros fisiológicos relevantes. Assim, será possível que se tenha um maior conhecimento do sentido e da importância do bem-estar dos animais domésticos.



Segundo os trabalhos de JURGENS (1979), CROWELL COMUZZI (1993), MULLIGAN et. al. (1994), WEARY e FRASER (1995), SCHRADER e TODT (1998) a vocalização pode ser uma ferramenta muito útil na avaliação do estado emocional de animais confinados ou na natureza. A vantagem do estudo da vocalização animal está no fato de ser uma tecnologia relativamente objetiva, não invasiva e em tempo real para, o reconhecimento do estado emocional dos animais em relação às mudanças ambientais ou aos estresses.

Eventos emocionais relevantes e concentrações hormonais que afetam os sentimentos, o comportamento, a sede e a fome dos animais, estimulam a rede central do sistema nervoso que, por sua vez, regula o centro endócrino com o objetivo de manter a homeostase no animal.

Estados particulares de emoção são acompanhados por comportamentos específicos, e a vocalização é um destes comportamentos. Exemplos disto são as vocalizações de chamados para mamadas das fêmeas suínas lactantes, das vocalizações dos galos quando em estresse e dos chamados relacionados com a separação de indivíduos em várias espécies.

Técnicas modernas de análise de som proporcionaram ferramentas para discriminar, analisar e classificar vocalizações específicas. O maior problema consiste em extrair características apropriadas dos sons emitidos, para que estas possam ser analisadas. O uso de muitas características associadas à vocalização em um *software* de análise de som pode, facilmente, tornar muito lento o tempo de resposta computacional, por outro lado, o uso de poucas características resulta em um baixo desempenho da análise, com respostas menos precisas. No trabalho de MANTEUFFEL et. al. (2004) foram feitas várias tentativas para reduzir o número de variáveis para a classificação dos sons e algumas aplicações na análise de sons emitidos por animais obtiveram sucesso.

### **3.6. Vocalização de suínos**

A análise da vocalização dos animais permite o acesso ao seu estado e à sua condição, assim como a identificação individual dos mesmos, com o objetivo de melhorar a saúde, o bem-estar do grupo e, por fim, a eficiência de produção da granja, conforme aponta JAHNS (2004). Em contraste com a linguagem humana, onde os significados podem mudar, a vocalização animal é usualmente produzida de acordo com programas fixos desenvolvidos durante o crescimento e adquirida na sua formação. No entanto, a vocalização dos animais é

atribuída especificamente a estados emocionais particulares, com exceção dos chimpanzés, que possuem reações mais criativas em suas vocalizações (MANTEUFFEL et. al. 2004).

WEARY e FRASER (1997), estudando a vocalização de leitões desmamados observaram que os leitões desmamados mais jovens (três semanas) produziram um número maior de vocalizações em uma maior frequência quando comparados com leitões desmamados com cinco semanas de idade. Esses resultados sugerem que as vocalizações podem ser úteis no monitoramento da adaptação de leitões pós-desmame.

MARX et. al. (2003), avaliaram a vocalização de suínos durante a castração e os resultados da pesquisa mostraram que as vocalizações, associadas com a dor, podem ser identificadas e caracterizadas principalmente por parâmetros como energia emitida, frequência e duração do chamado.

PUPPE et. al. (2005), usando um sistema automático de detecção de estresse (STREMOD) analisaram vocalizações complexas e simples de leitões machos com 19 semanas de idade, durante três períodos distintos da castração: período pré-cirúrgico, período cirúrgico e período pós-cirúrgico. Os resultados mostraram que a duração dos chamados, as frequências dos picos dos chamados e a complexidade do espectro, com um maior número de frequências associadas, foram significativamente afetadas pelo ato da castração.

Para a análise da vocalização também são utilizados os métodos estatísticos ANOVA, teste T teste de Wilcoxon, análise de correlação e análise *cluster* descrita por um conjunto de características (SCHRADER e HAMMERSCHMIDT, 1997). Segundo SCHÖN et al. (2001), o método de análise por Rede Neural Artificial<sup>2</sup> permite o desenvolvimento de programas computacionais para a análise de vocalizações.

De acordo com JAHNS (2002), o método de *Hidden Markov Models* (HMM) permite um número arbitrário para cada tipo de vocalização. Um dos mais recentes métodos de descrição e interpretação de vocalizações é a interpretação de forma não-linear, que são os fragmentos da voz transformados em ruídos. Entre estes estados de não-linearidade que aparecem nos sons, RIEDE et. al. (2001) e TOKUDA et. al. (2002) estudaram a hipótese de que, com o aumento da aparência das vibrações não-lineares, o animal piora o seu estado de bem-estar sendo, portanto, um bom indicador para a análise de bem-estar.

---

<sup>2</sup> No campo da inteligência artificial da informática, Redes Neurais Artificiais (RNA), são sistemas não lineares que imitam o mecanismo de processamento do cérebro humano.

Freqüentemente a maioria das vocalizações é inicialmente registrada no ambiente natural como, por exemplo, em um sistema de produção animal com as observações comportamentais, tais como durante a alimentação, ou quando ocorrem conflitos sociais, dentre outros. As chamadas são gravadas posteriormente e analisadas. Quando o desenvolvimento dos experimentos ocorre em laboratório, com condições mais controladas, a análise dos sons é mais fácil, enquanto que em campo torna-se mais complexo. Os testes em campo muitas vezes são utilizados para interpretar as condições do indivíduo que produz a vocalização, segundo FRASER (1974); VON BORELL e LADEWIG, (1992) e De PASSILLÉ et al. (1995). Além disso, agravação dos dos experimentos, pode posteriormente servir para se obter informações sobre as reações do receptor e, por conseguinte, para tirar conclusões sobre o significado comunicativo das vocalizações (PUPPE et al., 2003). Embora ambos os métodos possam apresentar descobertas valiosas no comportamento dos animais, as interpretações, em termos de bem-estar devem ser feitas com cuidado (CLARK et al., 1997; WEBSTER, 1998).

A caracterização de vários tipos de vocalização de animais domésticos requer uma descrição formal baseada em parâmetros físicos. O processamento de sinais digitais de som permite a geração de diferentes descrições numéricas e análises estatísticas que podem ser aplicadas na análise da vocalização animal (HOPP et. al., 1997). De acordo com MANTEUFFEL et. al. (2004), o processamento digital deve ser realizado pela transformada rápida de Fourier, por onde se podem obter os espectros de sons digitais para análises bioacústicas. Para caracterizar os elementos de som dos chamados dos animais, foram desenvolvidos vários métodos, como a extração do domínio de tempo, extração do domínio de frequência do espectro de som e extração *cepstrum model*<sup>3</sup>, cuja característica é a utilização da transformada de Fourier de tempo discreto, NOLL (1964). Outros autores utilizaram o código de predição linear<sup>4</sup> (CPL) (OWREN e BERNACKI, 1997).

Pesquisas bioacústicas para determinar o bem-estar animal devem focar em estudos que compreendam um grande espectro de vocalização das diferentes espécies. A ampliação do entendimento da interação existente entre as vocalizações dos animais e o ambiente, em que estão inseridos, aliada aos estudos sobre o comportamento animal e seus parâmetros

---

<sup>3</sup> **extração *cepstrum model*** é uma técnica de extração de espectro onde, é aplicada Transformada de Fourier e a Transformada de Fourier Inversa, onde se pode obter o espectro do som no domínio do tempo.

fisiológicos relevantes, permitirá que se tenha um profundo conhecimento do sentido e da significância do bem-estar dos animais domésticos.

Segundo MANTEUFFEL et. al. (2004), o estudo da vocalização é uma ferramenta altamente aplicável à produção intensiva de animais por ser uma técnica não invasiva, sem interferência no comportamento animal, que fornece parâmetros mais efetivos para a avaliação do bem-estar. A vocalização dos animais é resultado de estados emocionais particulares.

### **3.7. Captação e processamento de vocalização para programação computacional**

#### **3.7.1. Nível de intensidade sonora**

O estudo de pressão sonora tem sido primordialmente estabelecido para suas conseqüências para o ouvido humano. O som audível para humanos se caracteriza por flutuações de pressão em um meio compressível, que pode ser sólido, líquido ou gasoso. No entanto, não são todas as flutuações de pressão que produzem a sensação de audição, quando atingem o ouvido humano. A sensação de som só ocorrerá quando a amplitude destas flutuações e a frequência com que elas se repetem, estiver dentro de determinadas faixas de valores.

Ruído é qualquer som, independente da altura, que pode produzir um efeito fisiológico ou psicológico indesejável no indivíduo. O efeito do ruído no indivíduo não depende somente de suas características (amplitude, frequência, duração, etc.), mas também da atitude do indivíduo frente a ele. Segundo GERGES (1992), é suficiente uma pequena variação de pressão acústica para produzir um ruído desconfortável, em torno de  $10^{-1}$  milibar, e as variáveis de medidas acústicas a serem utilizadas o nível de pressão sonora, o nível de intensidade acústica e o nível de potência sonora em unidade de decibel.

---

<sup>4</sup> **código de predição linear** é uma técnica de tratamento matemático, que aproxima o sinal do som para um sistema linear, utilizando um modelo de filtro digital e fornecendo o sinal observado. O som é amostrado em janelas de 20 a 40 ms e com intervalos de espaçamento de 10 a 30 ms.

O nível de pressão sonora (NPS) é dado pela Equação 2.

$$NPS = 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

$p$  = pressão sonora ( $\text{N m}^{-2}$ ) e

$p_0$  = pressão sonora de referência =  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$  e correspondente ao limiar da audição em 1.000 Hz.

Dobrando-se a pressão sonora resulta em um acréscimo de 6 dB no nível de pressão sonora.

O nível de intensidade acústica (NIA) é dado pela Equação 3.

$$NIA = 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

$I$  = intensidade sonora ( $\text{W m}^{-2}$ ) e

$I_0$  = intensidade sonora de referência ( $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ ).

Dobrando-se a intensidade sonora resulta em um acréscimo de 3 dB.

O nível de potência sonora (NWS) é dado pela Equação 4.

$$NWS = 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

$P$  = potência sonora (W);

$P_0$  = potência sonora de referência ( $10^{-12} \text{ W}$ ).

Várias escalas e critérios foram desenvolvidos para quantificar e garantir o conforto acústico e o estado do sistema auditivo. Estas escalas indicam o nível de pressão sonora necessário, em função da frequência, para dar a mesma audibilidade aparente que um tom de 1.000 Hz.

Circuitos eletrônicos de sensibilidade variável com a frequência de forma a modelar o comportamento do ouvido humano são padronizados e classificados em A, B, C e linear. Atualmente, a escala de ponderação A é a mais usada por ter uma resposta subjetiva e similar ao ouvido humano, como mostra a Figura 2.

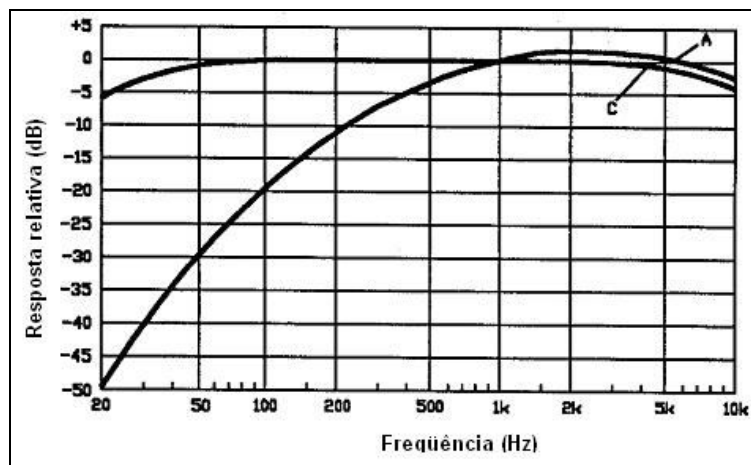


Figura 2. Circuitos de compensação A, C (Fonte: ACGIH, 2001).

### 3.7.2. Efeitos do ruído no homem

A maioria dos trabalhos científicos no campo do ruído está direcionada para os efeitos do ruído no ouvido humano, portanto, têm-se nestes estudos parâmetros úteis para a compreensão dos efeitos também em outros animais. Na faixa de frequência de 20 Hz a 20 kHz, as ondas de pressão no meio podem ser audíveis, entretanto, o ouvido humano não é igualmente sensível ao longo desta faixa de frequência. Portanto, frequência e amplitude do som são levadas em consideração na determinação da audibilidade humana.

A mínima pressão acústica que o ouvido humano pode detectar é de  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$ , caso a frequência esteja na faixa mais sensível de audição que é de, aproximadamente, de 1 a 4 kHz. Verifica-se então que para baixas frequências a sensibilidade do ouvido é baixa; para frequências médias (da ordem de 1000 a 4000 Hz) o sistema auditivo é altamente sensível, e para altas frequências o sistema auditivo abafa o som.

PINHEIRO et. al. (1998) dizem que a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) é causada por exposição crônica ao ruído. Estatisticamente, estima-se que 15% da população exposta a ruído constante de 90 dB, oito horas por dia, durante cinco dias por semana e 50 semanas por ano apresentarão lesão auditiva após 10 anos. Aceitando-se que existam mais de 140 milhões de pessoas expostas a níveis perigosos de ruído ocupacional no mundo, conforme a Organização Mundial do Trabalho (OMT) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), que citam ainda que a perda auditiva induzida por ruído seja hoje a maior causa mundial de perda auditiva evitável.

ASTETE e KITAMURA (1980) explicam que, dentre as principais características do agente que contribuem para a ocorrência da perda auditiva destacam-se: a intensidade sonora; o tipo de ruído (contínuo, intermitente ou de impacto); a duração, relacionada ao tempo de exposição a dado tipo de agente e a qualidade, que diz respeito à frequência dos sons que compõem os ruídos em análise. Informam, também, que a exposição do trabalhador a um nível de ruído não permitido por alguns dias ou até semanas, não provocará surdez profissional de caráter permanente. Para que esta deficiência apareça é necessário que decorra um tempo longo de exposição, diariamente e repetidas vezes.

O potencial de danos à audição, de um dado ruído, depende do seu nível e de sua duração. O nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificado é estabelecido em um único valor  $L_{eq}$  e definido pela Equação 5.

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

$L_{eq}$  = nível sonoro equivalente (dose de ruído);

T = tempo de integração;

P(t) = pressão acústica instantânea;

$P_0$  = pressão acústica de referência ( $2 \cdot 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$ ).

A Tabela 2 mostra os níveis máximos permitidos e a duração de tempo para cada nível pela NORMA REGULAMENTADORA 15 (1987).

A NR-15 não permite exposição a níveis de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB (A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos, e a dose máxima permitida é de 85 dB (A) para uma jornada de trabalho de 8 horas.

ALEXANDRY (1985) afirma que o risco de lesão por ruído é muito pequeno ou não existem em níveis sonoros inferiores a 85 dB (A).

A exposição a níveis diferentes de ruído durante a jornada de trabalho é considerada dentro dos limites permitidos da portaria se o valor de Dose Diária de Ruído (D), calculada pela Equação 6, se for menor ou igual a 1.

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad \text{Eq. 6}$$

Na Equação 6,  $C_n$  indica o tempo real que o trabalhador fica exposto a um específico NPS e  $T_n$  é o tempo total permitido para aquele NPS.

A NORMA REGULAMENTADORA (1998) estabelece que devam ser adotadas as medidas necessárias e suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais, dentre outras, verificada a seguinte situação: quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR 15 ou quando excederem os valores de limites de exposição ocupacional adotados pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* – ACGIH.

Conforme a ACGIH, a exposição diária permissível para ruído contínuo é mostrada na Tabela 2, De acordo com a ACGIH, o NPS pico deve ser medido na escala de ponderação C e não deve exceder a 140 dB. Caso o instrumento não possibilite as medidas nesta escala de ponderação, pode-se usar o valor do NPS pico na escala de ponderação para avaliação.

Tabela 1. Limites de nível de pressão sonora em dB(A).

| Duração   | NPS dB(A) |
|-----------|-----------|
| 8h        | 85        |
| 7h        | 86        |
| 6h        | 87        |
| 5h        | 88        |
| 4h 30 min | 89        |
| 4h        | 90        |
| 3h 30 min | 91        |
| 3h        | 92        |
| 2h 40 min | 93        |
| 2h 15 min | 94        |
| 2h        | 95        |
| 1h 45 min | 96        |
| 1h 15 min | 98        |
| 1h        | 100       |
| 45 min    | 102       |
| 35 min    | 104       |
| 30 min    | 105       |
| 25 min    | 106       |
| 20 min    | 108       |
| 15 min    | 110       |
| 10 min    | 112       |
| 8 min     | 114       |
| 7 min     | 115       |

Fonte: NORMA REGULAMENTADORA (1998).



Medidas de proteção da audição devem ser aplicadas tão logo se suspeite da presença de um problema de ruído. O controle do ruído pode ser realizado na fonte de origem, na sua transmissão ou no controle do pessoal, diminuindo o tempo de exposição ou utilizando protetores auriculares. A seguir, na Tabela 2, são mostrados os limites de níveis de pressão sonora em decibéis e o tempo de exposição em horas, minutos e segundos, de acordo com a ACGIH (2001).

Tabela 2. Limites de nível de pressão sonora em dB(A).

| Duração  |       | NPS dB(A) |
|----------|-------|-----------|
| Horas    | 24    | 80        |
|          | 16    | 82        |
|          | 8     | 85        |
|          | 4     | 88        |
|          | 2     | 91        |
|          | 1     | 94        |
| Minutos  | 30,00 | 97        |
|          | 15,00 | 100       |
|          | 7,50  | 103       |
|          | 3,75  | 106       |
|          | 1,88  | 109       |
|          | 0,94  | 112       |
| Segundos | 28,12 | 115       |
|          | 14,06 | 118       |
|          | 7,03  | 121       |
|          | 3,52  | 124       |
|          | 1,76  | 127       |
|          | 0,88  | 130       |
|          | 0,44  | 133       |
|          | 0,22  | 136       |
|          | 0,11  | 139       |

Fonte: ACGIH (2001).

A potência sonora é a energia emitida pela fonte por unidade de tempo, expressa em Watts, e a Intensidade Sonora (I) é definida como a potência sonora por cada unidade de área, expressa em Watts por metro quadrado. A Intensidade dos sons pode ter uma variação muito grande. Por exemplo, o ouvido humano, para uma frequência de aproximadamente 4 kHz, pode captar sons que vão de um valor mínimo de Intensidade Sonora de  $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$  até valores que causam dor, por volta de  $1 \text{ W m}^{-2}$ . Sendo assim, é mais adequado o uso da escala logarítmica decibel, (NICS, 2003).

Para outros seres vivos, em HEFFNER e HEFFNER (1990) e também em HEFFNER e HEFFNER (2007), há grandes variações para as faixas de audição, no caso dos suínos tem-se, para o nível de intensidade sonora de 60 dB, uma faixa de 40 a 50.000 Hz (20 a 20.000 Hz para o homem) e para 10 dB sua faixa fica muito restrita entre os 8000 e 10.000 Hz (250 a 7000 Hz para o homem). Desta forma, os suínos têm seu sistema auditivo de captação sonora diferente dos seres humanos, onde sons de baixo nível de intensidade (10 dB) não são muito bem captados pelos suínos, se comparado com valores humanos. Por outro lado, a audição de sons com média de nível de intensidade (60 dB) torna os suínos capazes de captarem sinais de ultra-som, diferentemente do homem.

### **3.7.3. Timbre e envoltória**

De acordo com ROADS (1996), embora a vocalização seja conhecida há séculos, somente há algumas décadas, com o advento da eletrônica foi possível compreendê-la com mais precisão. Quando um ruído ou vocalização é emitido, uma série de ondas senoidais é produzida. Além da frequência fundamental que define a nota, várias frequências harmônicas também soam. Qualquer corpo em vibração produz dezenas de frequências harmônicas que soam simultaneamente à nota fundamental.

Somando-se a amplitude da frequência fundamental às amplitudes dos harmônicos, a forma de onda resultante não é mais senoidal, mas sim uma onda irregular cheia de cristas e vales. Como a combinação exata de amplitudes depende das características de cada instrumento, suas formas de onda também são muito distintas entre si.

Não é só a forma de onda que define que um som é produzido por determinado instrumento emissor, mas também a forma como o som se inicia, como se mantém e termina ao longo do tempo. Essa característica é chamada envelope sonoro ou envoltória sonora.

Mesmo que as formas de onda de duas fontes sejam muito parecidas, ainda poderiam ser distinguidas pelo seu envelope. O envelope é composto basicamente de quatro momentos: ataque, decaída, sustentação e relaxamento. Este perfil, conhecido como envelope ADSR, pode ser observado na Figura 3 e descrito a seguir:

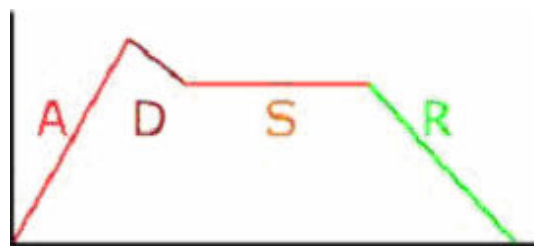


Figura 3. Caracterização de um som (adaptado de Barbosa, 1999).

Ataque - é o intervalo de tempo do início de cada som onde ocorre o surgimento inicial do som.

Decaída - após o ataque o som sofre uma queda de intensidade antes de se estabilizar. Normalmente dura apenas alguns centésimos a menos de um décimo de segundo e em muitos casos nem aparece, como o da Figura 3.

Sustentação - é o intervalo de tempo em que o som permanece sustentado em um determinado valor de intensidade.

Relaxamento - é o intervalo de tempo no qual a intensidade sonora diminui até desaparecer completamente. Pode ser muito brusco ou lento, dependendo da fonte emissora.

Na Figura 4, pode-se ver a presença de três partes de um envelope ADSR para o som emitido por uma flauta.

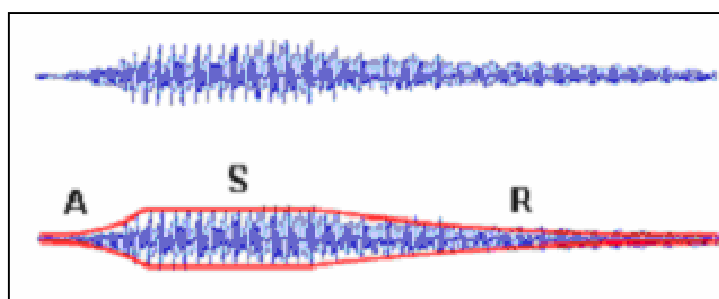


Figura 4. Som emitido por uma flauta (adaptado de Barbosa, 1999).

A **envoltória** é descrita como a curva que se forma na superfície do sinal de amplitude por tempo adquirido durante a vocalização, pode ser obtida através do ajuste polinomial dos pontos de máximo do sinal.

O ajuste polinomial da envoltória consiste em encontrar um polinômio que descreva os máximos dessa superfície; o modelo matemático a ser usado para encontrar a função é o método de eliminação de Gauss. (HUMES et. al., 1982).

Esse método busca, basicamente, encontrar uma solução para o sistema mostrado na Figura 5, onde  $a_0, a_1, \dots, a_n$  são os coeficientes do polinômio:  $f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$ .

$$Y = X.A \quad \text{onde}$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

Figura 5. Notação matricial para o ajuste polinomial (HUMES et. al., 1982).

O algoritmo para determinar a função polinomial consiste em transformar o sistema  $Y=X.A$  em um sistema triangular superior equivalente e, assim, obter a solução para a equação.

### 3.8. Espectro sonoro

Um som qualquer pode ser decomposto em muitas frequências utilizando as funções seno e co-seno. Este é o principal recurso matemático para se obter o chamado espectro de frequência de um determinado som. Obter o **espectro total** significa obter todas as frequências e seus respectivos valores de intensidade que compõem o som, tornando possível a análise. Seria muito difícil descrever matematicamente um som ou um ruído qualquer, sem a sua devida decomposição em senos e co-senos, ROADS (1996). Para isso usa-se a transformada de Fourier. Segundo HUMES et. al., (1982), o espectro total de uma vocalização consiste em obter suas frequências e amplitudes.

No som emitido por qualquer fonte pode-se obter uma onda associada, desde que se possam obter os parâmetros de tempo e amplitude. As placas de captura de som atualmente usadas nos computadores permitem captura de frequências de até 44.000 Hz que corresponde a um período de tempo de aproximadamente 0,023 milissegundos. Com estes valores de tempo associados aos seus respectivos valores de amplitudes, pode-se usar a aproximação de Fourier para encontrar os valores de frequência.

A aproximação de Fourier para um domínio discreto consiste em encontrar o polinômio:

$$g(x) = a_0 + \sum_{k=1}^m (a_k \cos k \frac{\pi}{N} j + b_k \text{sen} k \frac{\pi}{N} j) \quad \text{Eq. 7}$$

Este polinômio (Equação 7) é utilizado em uma tabela de 2N pontos, k varia de 1 até N, cada um de seus valores encontrados correspondem a um harmônico, k = 1 é o primeiro harmônico, k = 2 é o segundo harmônico etc. Da Equação 7, chega-se, pois, à equação:

$$g(x) = a_0 + \sum_{k=1}^m A_k \text{sen}(kx + \phi_k) \quad \text{Eq. 8}$$

com:

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad \text{e} \quad \phi_k = \arcsen\left(\frac{a_k}{A_k}\right)$$

Sendo que  $A_k$  é a amplitude e  $\phi_k$  a defasagem para o harmônico de ordem k.

Para a obtenção dos coeficientes dos harmônicos deve-se seguir o método dos mínimos quadrados, onde:

$$a_0 = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} f(x_j) \quad \text{Eq. 9}$$

$$a_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} f(x_j) \cos\left(k \frac{\pi}{N} j\right) \quad \text{com } 1 \leq k < N \quad \text{Eq. 10}$$

$$b_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} f(x_j) \text{sen}\left(k \frac{\pi}{N} j\right) \quad \text{com } 1 \leq k < N \quad \text{Eq. 11}$$

$$a_N = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} f(x_j) \cos(\pi j) \quad \text{Eq. 12}$$

Após a obtenção dos harmônicos e suas amplitudes podem-se analisar seus valores através de um gráfico de espectro. A Transformada Rápida de Fourier (em inglês *Fast Fourier Transform*, ou FFT) é um algoritmo eficiente para se calcular a Transformada discreta de Fourier (DFT) e a sua inversa, e deve ser utilizado quando se quer minimizar o esforço computacional (HUMES et. al., 1982).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em cinco fases que compreendem:

- a descrição física da granja e do manejo adotado;
- a captação das expressões vocais dos suínos em situações de estresse e não estresse em uma granja comercial;
- o desenvolvimento do algoritmo de reconhecimento com a classificação dessas expressões vocais;
- o desenvolvimento de um *software* que utilize o algoritmo e
- a análise de dados.

A coleta de vocalização dos leitões foi realizada em campo, na Granja Querência, localizada no município de Salto - SP, situado a 23°12'10'' de latitude sul e a 47°17'35'' de longitude oeste, com altitude média de 521 m, no centro de uma região chamada Zona de Depressão Periférica do Estado de São Paulo, entre o Planalto Atlântico e a escarpa da Serra de Botucatu.

Na Tabela 3 são mostradas as situações de estresse (privação de liberdade) que foram criadas para o monitoramento das expressões vocais resultantes.

Tabela 3. Situações de estresse e não estresse provocado nas diferentes fases do leitão.

| Local       | Privação de Liberdade | Situação                                  |                                              |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
|             |                       | Estresse                                  | Não Estresse                                 |
| Maternidade | Comportamental        | Impedir o acesso ao aleitamento           | Leitão amamentando                           |
|             | Ambiental             | Frio (temperatura entre 15 e 20°C)        | Temperatura de termoneutralidade (28 a 32°C) |
|             |                       | Retirar o leitão da proximidade da matriz | Leitão próximo à matriz                      |
|             |                       | Disputa por teto                          | Sem disputa                                  |
| Creche      | Fisiológica           | Retirada de alimento                      | Acesso ao alimento                           |
|             | Psicológica           | Retirar o leitão da baia                  | Leitão na baia                               |

#### 4.1. Descrição das instalações de suínos usadas na pesquisa

##### 4.1.1. Creche

A instalação possui orientação leste-oeste e é construída de paredes de alvenaria, pilares de concreto armado, pé-direito no beiral de 2,20 m, telhado de duas águas com lanternim (1,90 m de abertura horizontal), cobertura de telhas de fibrocimento e beiral de 0,85 m. O interior da instalação possui forro. O entorno das instalações é formado por grama.

A edificação possui quatro salas separadas por paredes de  $\frac{1}{2}$  tijolo, cada sala é formada por duas baias separadas por parede ( $\frac{1}{2}$  tijolo) na altura de 1,0 m, e cada baia é subdividida em três, ou seja, cada sala é separada em seis quadrantes.

Cada sala possui uma área de 87,21 m<sup>2</sup> (6,90 m x 12,64 m) de piso cimentado e corredor de 1,00 m de largura no lado exterior para os serviços de rotina. Os fechamentos laterais são de alvenaria ( $\frac{1}{2}$  tijolo) na altura de 1,00 m, com cortina para controle ambiental. As baias contêm um rebaixo de 0,50 m de largura por 0,10 m de profundidade junto à parede divisória para escoamento da água dos bebedouros e descarga dos dejetos, com comedouro no piso ao longo da parede divisória com o meio exterior. Os detalhes do interior da Creche podem ser observados na Figura 6.



Figura 6. Detalhes do interior da instalação da creche (Fonte: Sampaio, 2004).

#### 4.1.2. Descrição da maternidade

A instalação possui orientação leste-oeste e é construída de paredes de alvenaria, pilares de concreto armado, pé-direito de 3,26 m, cobertura de telhas de barro.

Cada sala possuía uma área de 279,12 m<sup>2</sup> (23,26m x 12,00 m) de piso cimentado e os corredores variavam de 0,61m a 1,16 m de largura. Os fechamentos laterais são de alvenaria (½ tijolo) na altura de 1,50 m, com cortina para controle ambiental.

As baias (gaiolas) possuem uma  $A_{\text{piso}} = 4,24\text{m}^2$  (2,70 x 1,57), contando com a área do escamoteador. Possuem mureta de 0,61 m de altura. Cada sala possui trinta e seis gaiolas, sendo seis gaiolas por corredor. Os detalhes do interior da Maternidade podem ser observados na Figura 7.



Figura 7. Detalhes do interior da instalação da maternidade.



## 4.2. Classificação de níveis de estresse

Será proposta uma classificação de níveis de estresse em função da resposta por vocalização dos leitões em creche e em maternidade. Os níveis de estresse serão determinados de acordo com as vocalizações e estarão divididos de acordo com a variabilidade dos sons emitidos durante a provocação de estresse.

## 4.3. Captação das expressões vocais

Após a descrição da granja, foram capturadas vocalizações de suínos na fase de maternidade e creche, com a finalidade de se analisar o espectro de som de animais em condição de estresse e não estresse. Para a captura dos sinais foi utilizado um microfone de eletreto acoplado a entrada de microfone de um computador portátil posicionado a 1,0 m dos animais. O sinal sonoro foi digitalizado pela placa de som e gravado, o processo de digitalização do som foi realizado pelo mesmo *software* desenvolvido para este trabalho.

Para a coleta e seleção dos sons foi utilizado o *software* Audacity<sup>®</sup> 1.3.0, específico para tratamento de sons.

Além das situações provocadas conforme a Tabela 3 foram também escolhidos, para tomada de dados, os pontos críticos de manejo, nos quais as fases da criação que tiveram as vocalizações coletadas foram:

- Corte dos dentes (Figura 8);
- Aplicação de suplemento mineral via oral (Figura 9);
- Castração (Figura 10);
- Corte da cauda (Figura 10).



Figura 8 . Corte de dente em leitão.



Figura 9. Aplicação de suplemento mineral (ferro) via oral em leitão.



Figura 10. Castração e corte de cauda em leitão.

#### 4.4. Desenvolvimento do *software* e classificação dos sinais

Para o reconhecimento e classificação das expressões vocais dos leitões foi utilizada a Transformada de Fourier. Os sinais foram classificados através das seguintes características: duração da vocalização, formato de onda, espectro total e evolução do espectro de vocalização ao longo do tempo.

O *Software*, denominado **Vocalização**, foi desenvolvido em linguagem Delphi® 5 e constituído dos seguintes recursos:

- Transformação do sinal digital em valores de amplitude em função do tempo e seu respectivo gráfico;
- Regressão polinomial de ordem até 50 para obtenção de envoltórias em torno dos pontos coletados;
- Transformada de Fourier do sinal para obtenção espectro total da vocalização;
- Transformada de Fourier para intervalos de tempo de 40 ms, com os valores de frequência divididos por 5(cinco) faixas:
  - faixa 1 - de 100 a 1000 Hz;
  - faixa 2 - de 1001 a 2000 Hz;
  - faixa 3 - de 2001 a 3000 Hz;
  - faixa 4 - de 3001 a 4000 Hz;
  - faixa 5 - de 4001 a 5000 Hz.

Onde cada faixa foi representada pela média dos valores de nível de intensidade sonora (dB<sub>IL</sub>), obtendo-se assim a evolução do espectro com o tempo.

#### 4.5. Análise de dados

A análise dos dados foi realizada de três formas diferentes:

- Descritiva, onde serão analisados, através das vocalizações, os pontos críticos relacionados com a criação que são: na **maternidade** e na **creche**.
- Comparativa: em relação aos dados coletados a partir dos critérios mostrados na Tabela 1, com e sem estresse, e também nas situações de manejo na maternidade com a utilização do *software* estatístico Minitab® para o tratamento dos valores de nível de intensidade sonora e frequências. Para a análise estatística dos coeficientes dos polinômios obtidos pelo *software* **Vocalização** foi desenvolvido o *software* **Poli**.

- Classificatória, o estresse dos leitões foi classificado em níveis de intensidade de estresse baseada na observação das vocalizações feitas em campo.

Na Figura 11 é Possível identificar as funções de cada *software* desenvolvido (*software* Vocalização e Poli) e utilizado neste trabalho (Audacity® 1.3.0 e Minitab).

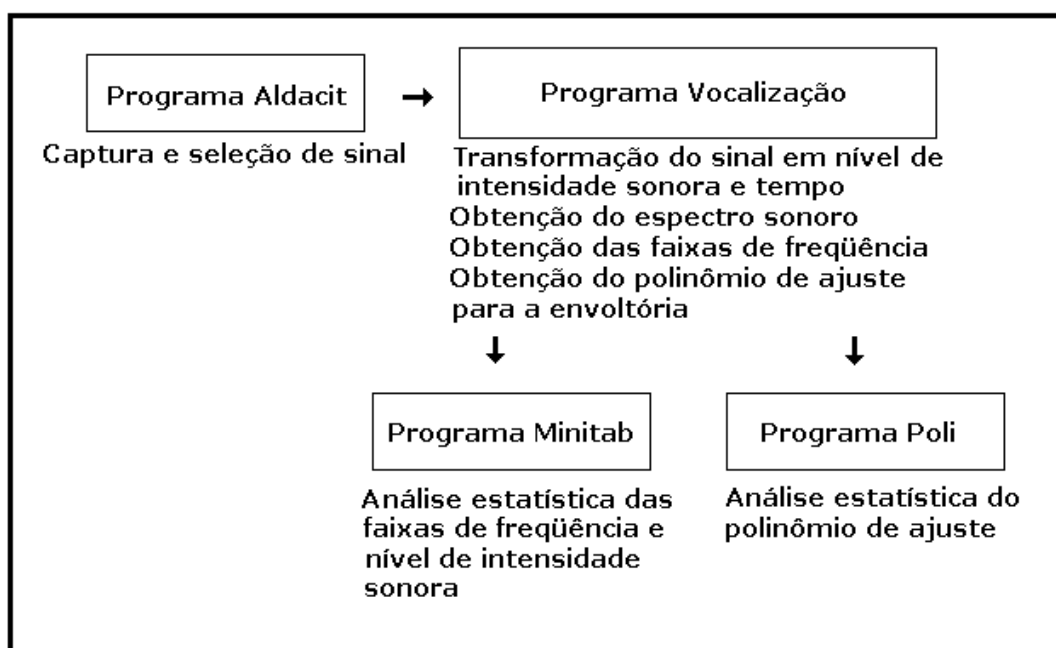


Figura 11. Quadro Geral sobre a utilização do *software*

Tanto para leitões em creche como em maternidade, buscou-se relacionar os níveis de estresse com os valores das médias das intensidades sonoras e das médias das frequências emitidas nas cinco faixas de frequência e determinadas pelo *software* Vocalização.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Classificação dos níveis de estresse

As vocalizações foram coletadas através do *software* Audacity<sup>®</sup> específico para coleta e tratamento de sons, de acordo com os critérios propostos inicialmente, e coincidindo com o método adotado por MUNDY e SOMMER (2004) em trabalho realizado para o desenvolvimento de um programa computacional para estudar vocalização de aves em ambientes com altos níveis de ruído. Neste trabalho o som foi captado durante um período de aproximadamente cinco minutos e, em seguida, a vocalização foi dividida em intervalos de um segundo. Foi adotado este método porque foi percebido que este tempo de duração seria suficiente para descrever o estado de estresse do animal, já que dificilmente uma vocalização tem duração maior que um segundo, segundo as observações.

Foram identificadas não mais que dez tipos de vocalizações durante as observações em que se produziam os diversos estresses, de forma que foi associado a cada vocalização um respectivo nível de estresse: Nível 1 - sem estresse, identificado como o momento em que se está respeitando os cinco graus de liberdade para o animal, tal como em FAWC (*Farm Animal Welfare Council*). Nível 10 - máximo estresse, identificado quando o animal passa por situações de injúrias ou sofrimentos severos, tais como o momento durante a castração ou corte de cauda, desta forma o nível 10 corresponde ao intervalo de tempo de um segundo durante o mais alto nível de estresse. Os níveis intermediários foram obtidos da seguinte forma: observou-se 10 castrações identificando-as como nível 10 no momento exato da castração e gravou-se a queda do nível de estresse em períodos pré-determinados de cinco minutos com pausas de 5 a 10 minutos entre cada gravação até que as vocalizações alcançassem o nível 1 de estresse novamente.

Durante as gravações foram percebidas mudanças nos sons expressos conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Classificação das vocalizações observadas para leitões na maternidade.

| Vocalização Observada (Maternidade) |                       |                      |                     |                                |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Nível de Estresse                   | Tempo de vocalização  | Nível de Intensidade | Altura predominante | Descrição por Onomatopéia      |
| 1                                   | Curto                 | Muito Fraco          | Grave               | “Onc”                          |
| 2                                   | Curto Duplo           | Fraco                | Grave               | “Onc Onc”                      |
| 3                                   | Curto Triplo          | Fraco                | Grave               | “Enc Enc Enc”                  |
| 4                                   | Médio Duplo           | Fraco                | Grave               | “Inc Enc”, “Enc Inc”           |
| 5                                   | Médio Duplo           | Fraco                | Médio               | “Inc Inc”, “Uinc Inc”          |
| 6                                   | Longo Duplo ou Triplo | Médio                | Médio               | “Uinc Uinc”, “ Uinc Uinc Uinc” |
| 7                                   | Longo Duplo           | Médio                | Agudo               | “Uiinc onc”, “Uiinc Inc”       |
| 8                                   | Longo                 | Forte                | Agudo               | “Uiiinc”                       |
| 9                                   | Longo Duplo           | Forte                | Agudo               | “Uiiii Uiiii”                  |
| 10                                  | Muito Longo           | Forte                | Agudo               | “Uiiiiiii”                     |

Para os leitões da creche os critérios de classificação foram semelhantes, porém, diferentemente da maternidade foram identificados na creche sete tipos de vocalizações que foram associadas a um nível de estresse que, do mesmo modo que na maternidade, o nível 1 corresponde ao estado sem estresse. Para o nível 7 utilizou-se a retirada de alimento e retirada da baia como fatores decisivos para a sua determinação. O animal ficou cerca de 30 minutos sem poder se alimentar durante o período em que a ração é normalmente levada pelo tratador aos leitões.

Os níveis intermediários foram obtidos de maneira diferente do que foi feito aos leitões de maternidade. A partir do nível 1 o animal foi submetido à restrição de alimento.

Conforme o tempo decorria desde o momento inicial sem estresse, sua vocalização foi coletada e gradualmente classificada até que se alcançou o nível 7. As mudanças de sons podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5. Classificação das vocalizações observadas para leitões na Creche.

| Vocalização Observada (Creche) |                                   |                                   |                                  |                           |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Nível de Estresse              | Tempo de vocalização <sup>1</sup> | Nível de Intensidade <sup>2</sup> | Altura predominante <sup>3</sup> | Descrição por Onomatopéia |
| 1                              | Curta                             | Muito Fraco                       | Grave                            | “Onc”                     |
| 2                              | Curta Dupla                       | Fraco                             | Médio                            | “Onc Onc”                 |
| 3                              | Curta Tripla                      | Fraco                             | Médio                            | “Onc Onc Onc”             |
| 4                              | Média                             | Fraco                             | Agudo                            | “Inc”                     |
| 5                              | Média Dupla                       | Fraco                             | Agudo                            | “Inc Inc”, “Uinc Inc”     |
| 6                              | Longa Dupla                       | Médio                             | Agudo                            | “Uiinc onc”, “Uiinc Inc”  |
| 7                              | Longa                             | Médio                             | Agudo                            | “Uiinc”                   |

Com a classificação obtida, os sons foram coletados e separados conforme o local (maternidade ou creche), nível de estresse (1 a 7 para creche e 1 a 10 para a maternidade) e situação de estresse. Sendo, na creche: retirada de alimento e retirada da baia, na maternidade: retirada do aleitamento, retirada da matriz, frio e várias situações de manejo, além da disputa por alimento (ver Tabela 5).

## 5.2. Descrição do *Software* Vocalização, para o tratamento do som.

O programa computacional foi projetado em *Delphi*® 5 com uso do componente *UwaveIn*, elaborado e disponível na internet por GARY DARBY (2007), que permite a manipulação de dados de sons adquiridos pelo microfone do computador.

O *software* foi elaborado para executar os seguintes procedimentos:

1 - Gravação do som em formato de arquivo tipo wave (. wav) por um intervalo de 1 segundo com disparo de gravação gerado por uma intensidade mínima definida pelo usuário na barra de configuração do *software*;

2 - Reprodução do som ou de arquivos de som de formato wav;

3 - Armazenamento e geração de arquivos tipo texto (txt) dos valores de intensidade relativa, de som ( $I/I_0$  com  $I$  em  $\text{mW.m}^{-2}$  e  $I_0 = 10^{-9} \text{ mW.m}^{-2}$ ) em função do tempo (em milissegundos);

4 - Obtenção do espectro sonoro, pela Transformada de Fourier, em intervalos de 10 milissegundos tal como preconizado por COOLEY e TUKEY, (1965).

Na Figura 12 observa-se a tela de entrada do *software* com uma vocalização de castração sendo processada.

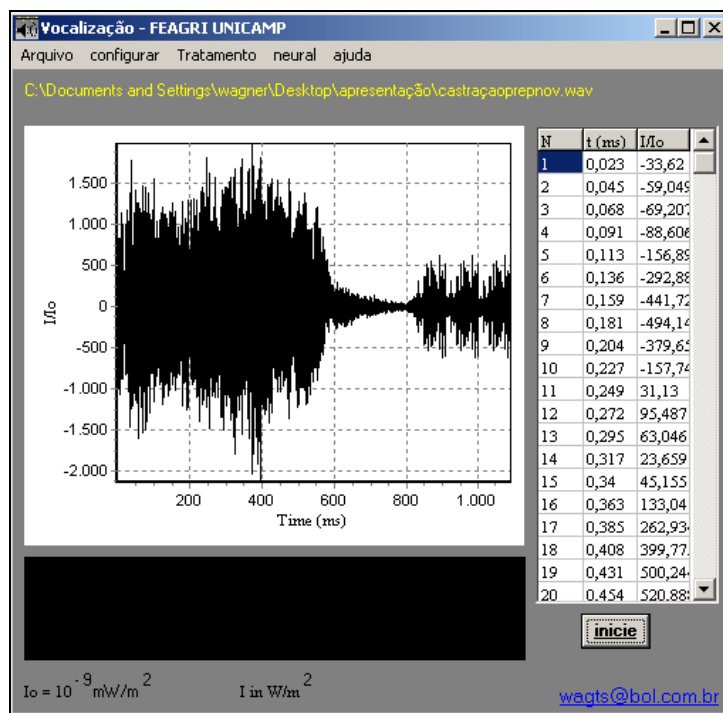


Figura 12. Janela inicial do *software* processando a vocalização de castração.

As frequências do espectro foram obtidas para cada intervalo de tempo e divididas em 5 faixas. Cada faixa representa intervalos de 1000 Hz obtidas através da média dos níveis de intensidade sonora (em decibéis). Deste modo, a faixa F1 corresponde à média dos valores de níveis de intensidade sonora com frequências entre 100 a 1000 Hz e o mesmo para as faixas F2 (de 1001 a 2000 Hz), F3 (2001 a 3000 Hz), F4 (3001 a 4000 Hz) e F5 (4001 a 5000 Hz). O gráfico das faixas de frequência em função do tempo do som obtido é desenhado em uma sub-tela do programa. Este método é similar ao desenvolvido por SCHÖN et. al. (2004), que utilizou um total de seis níveis de frequência para a vocalização de suínos.

Os valores de faixas de frequência em função do tempo foram gravados no formato texto (txt) que facilita uma possível conversão dos dados para formatos a serem utilizados em outros *softwares*, em especial, para aqueles que fornecem tratamento estatístico.

Na Figura 13 pode-se observar o gráfico da vocalização de castração, já transformado em faixas de frequência por milissegundos.



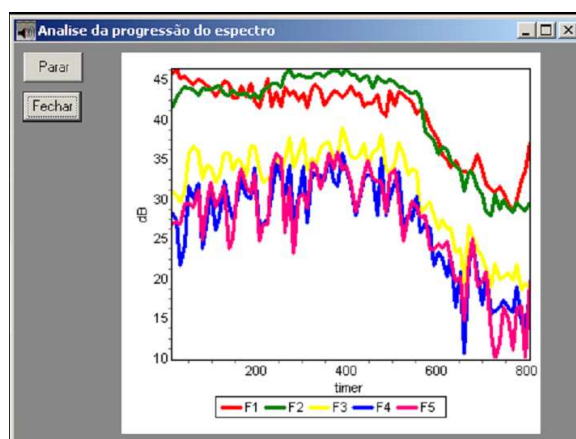


Figura 13. Tela da progressão do espectro da castração.

5 - Obtenção dos coeficientes do polinômio que melhor represente a envoltória da vocalização estudada. Para a escolha dos valores do ajuste polinomial do sinal de vocalização, utilizaram-se os pontos da superfície da curva, obtidos através dos pontos máximos localizados a cada intervalo de 100 pontos do sinal. Os valores dos coeficientes são também gravados em arquivo no formato texto (txt). Como exemplo, o gráfico da envoltória da vocalização de castração pode ser observado na Figura 14.

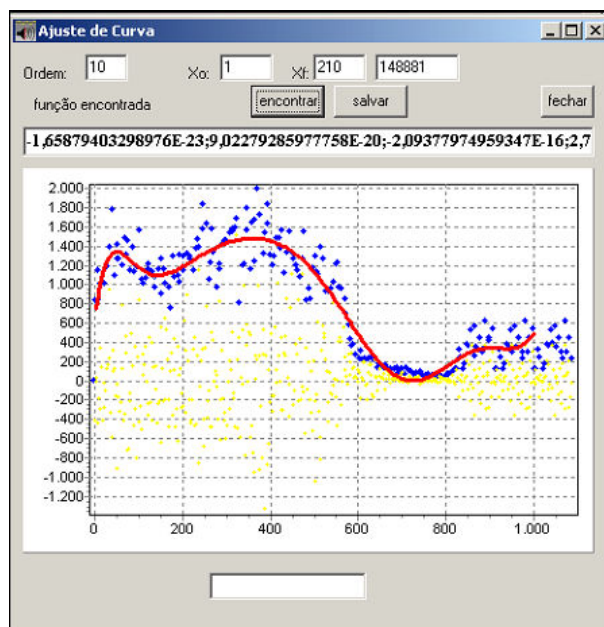


Figura 14. Tela do Ajuste Polinomial para a envoltória da vocalização.

6 - Geração e armazenamento dos gráficos, com formato de arquivo em bitmap (bmp), com três tipos de gráficos: de intensidade relativa em função do tempo (Figura 15 a para nível 1 de estresse e 9 b para nível 10 de estresse de leitões na maternidade), de faixas de

freqüência em função do tempo (Figura 15 c para nível 1 de estresse e 9 d para nível 10 de estresse de leitões na maternidade) e da envoltória em função do tempo (Figura 15 e para nível 1 de estresse e 9 f para nível 10 de estresse de leitões na maternidade).

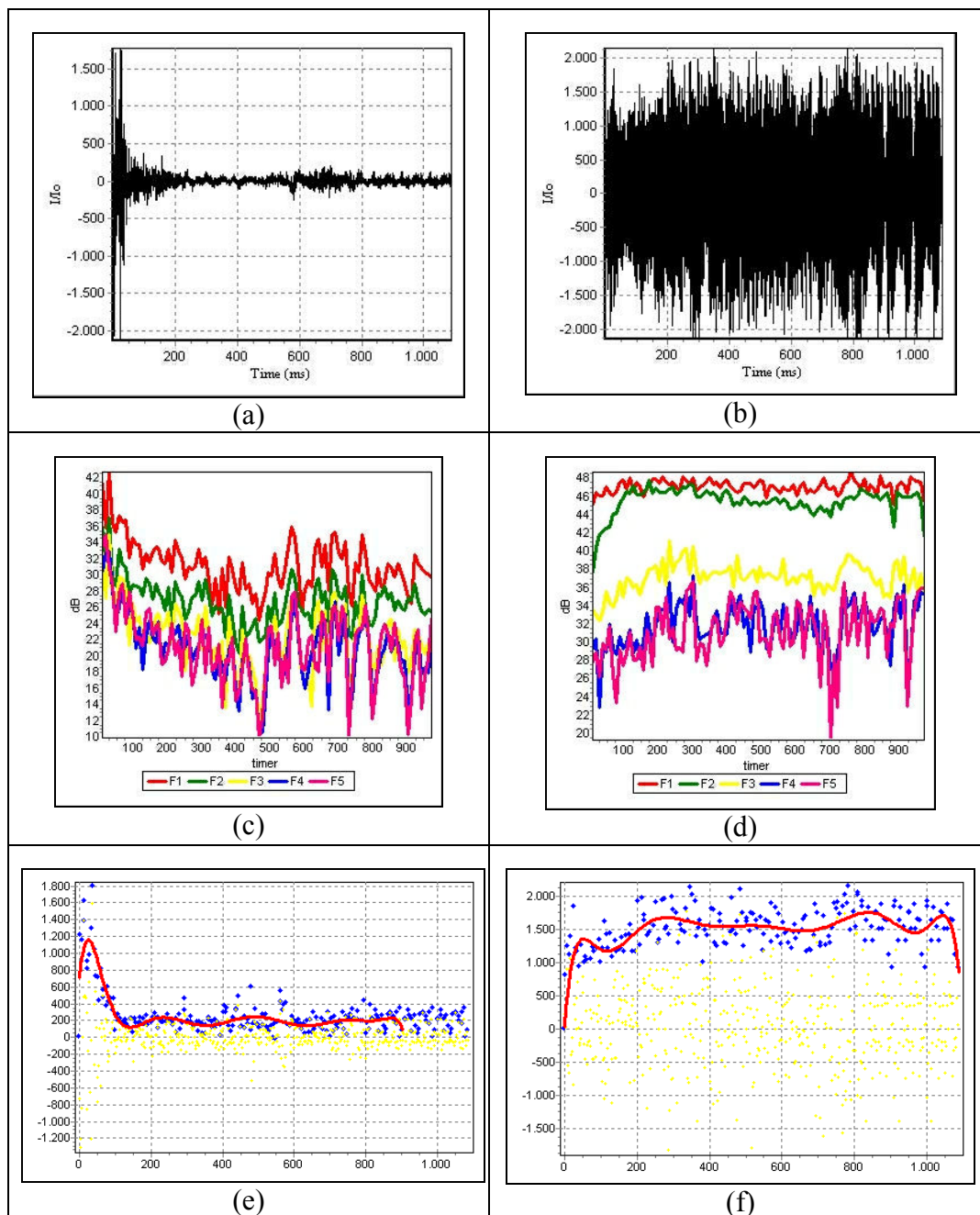


Figura 15. Gráficos diferenciados pelos níveis de estresse 1 (a, c, e) mais baixo e nível de estresse 10 (b, d, f) mais alto, de acordo com a intensidade relativa ( $I_0/I$ ) por tempo (ms) (a, b), faixas de freqüência por tempo (c, d) e envoltória (e, f).

### 5.3. Descrição do *Software Poli*, para comparação estatística entre polinômios.

Os coeficientes dos polinômios obtidos pelo *software Vocalização* foram armazenados em arquivo pelo mesmo *software*. Os valores obtidos passaram, então, a ser tratados através de métodos estatísticos por um outro programa denominado **Poli**, também desenvolvido para este trabalho, onde a tela inicial pode ser observada na Figura 16.

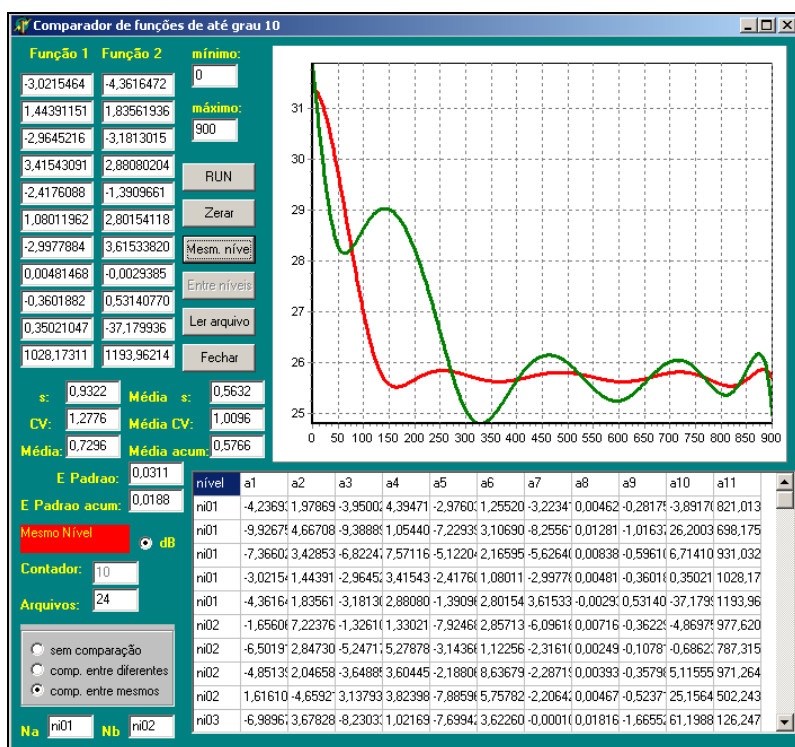


Figura 16. Janela inicial do *software Poli* processando a análise estatística sobre os coeficientes dos polinômios para envoltória de sinais de sons dos leitões em creche.

O *software Poli* tem como característica principal comparar os polinômios que expressam o mesmo nível de estresse dos leitões ou comparar os polinômios que expressam diferentes níveis de estresse.

A comparação é feita entre todos os polinômios de até ordem 10 em um trecho da curva pré-fixado pelo usuário; utiliza-se de 1000 pontos de cada curva distribuídos de forma equitativa ao longo do eixo horizontal que, para a vocalização, corresponde ao tempo em milissegundos.

Os resultados das análises são estatísticos, pois o *software* calcula a média das diferenças entre as distâncias verticais de um ponto de um polinômio em relação a outro ponto do outro polinômio para um mesmo valor do eixo horizontal. Quando há muitos polinômios a serem comparados, o programa calcula a média total entre cada uma das distâncias entre todos os polinômios comparados, denominado por média acumulada. Do mesmo modo, o programa calcula o desvio padrão (simbolizado no *software* pela letra s), o coeficiente de variação (CV) e o erro padrão (E padrão) e para a análise de muitos polinômios, fornece também os valores totais dos cálculos das variáveis estatísticas para todas as comparações polinomiais feitas que são: a média dos desvios padrão, a média dos coeficientes de variação (média CV) e o erro padrão acumulado.

A Figura 17 mostra, em duas colunas, os coeficientes das funções a ser comparadas, os intervalos máximos e mínimos das funções (no eixo horizontal) em milissegundos, e ainda as opções: “mesmo nível”, em que o *software* compara todos os polinômios que correspondem a níveis de estresse iguais e “Entre níveis”, em que *software* compara todos os polinômios que correspondem a níveis de estresse diferentes.

| Função 1   | Função 2   | mínimo:      |
|------------|------------|--------------|
| -3,0215464 | -4,3616472 | 0            |
| 1,44391151 | 1,83561936 | máximo:      |
| -2,9645216 | -3,1813015 | 900          |
| 3,41543091 | 2,88080204 | RUN          |
| -2,4176088 | -1,3909661 | Zerar        |
| 1,08011962 | 2,80154118 | Mesm. nível  |
| -2,9977884 | 3,61533820 | Entre níveis |
| 0,00481468 | -0,0029385 | Ler arquivo  |
| -0,3601882 | 0,53140770 |              |
| 0,35021047 | -37,179936 |              |
| 1028,17311 | 1193,96214 | Fechar       |

Figura 17. Quadro dos coeficientes e configuração das funções.

Na Figura 18 observa-se o resultado estatístico obtido das comparações entre polinômios de mesmos níveis de estresse.

|                |        |             |        |
|----------------|--------|-------------|--------|
| s:             | 0,9322 | Média s:    | 0,5632 |
| CV:            | 1,2776 | Média CV:   | 1,0096 |
| Média:         | 0,7296 | Média acum: | 0,5766 |
| E Padrao:      | 0,0311 |             |        |
| E Padrao acum: | 0,0188 |             |        |
| Mesmo Nível    |        |             |        |
| dB             |        |             |        |

Figura 18. Quadro dos resultados estatísticos da comparação entre polinômios de mesmo nível de estresse.

#### 5.4. Análise Estatística

A partir dos valores de nível de intensidade sonora, em função da faixa de frequência e do tempo, foi organizada uma tabela dividida em sete colunas:

1. T (ms) - faixa de tempo dividida em intervalos de 10 milissegundos;
2. Estado - situação de estresse ou não estresse que o animal fora submetido;
3. Faixa de Frequência - F1 (de 100 a 1000 Hz), F2 (de 1001 a 2000 Hz), F3 (2001 a 3000 Hz), F4 (3001 a 4000 Hz) e F5 (4001 a 5000 Hz);
4. Frequência média da faixa - média das frequências para a faixa correspondente;
5. Identificação do animal por código de três caracteres;
6. Nível de intensidade sonora médio para a faixa de frequência correspondente;
7. Nível de estresse identificado, conforme Tabelas 4 e 5.

Os dados da tabela foram transferidos ao *software* estatístico Minitab.<sup>®</sup> Foi observado, então, se os níveis de estresse caracterizados pelo *software* desenvolvido têm comprovação estatística, validando, desta forma, as informações fornecidas pelo *software* desenvolvido com relação aos níveis de estresse dos leitões.

Foram analisadas 158 vocalizações de leitões em creche e 470 vocalizações de leitões em maternidade, conforme o que foi estabelecido no item 5.1.

Para os valores de nível de intensidade sonora e para as frequências geradas em cada estado de estresse pelo *software* **Vocalização**, foram extraídas as médias e os erros padrões permitindo-se estabelecer os intervalos de confiança para as respectivas médias.

Os intervalos de 95% de confiança das médias são estabelecidos através das seguintes operações:

Limite inferior do Intervalo:  $\text{media} - 1,96 \times (\text{erro padrão})$ ;

Limite superior do Intervalo:  $\text{media} + 1,96 \times (\text{erro padrão})$ .

Para as figuras em que são apresentados comparativamente, os intervalos de confiança são identificados nos limites:

O limite superior (traço horizontal superior), a média (a circunferência no centro da ilustração) e o limite inferior, representado pelo traço horizontal inferior.

Aqui o método comparativo consiste em verificar se os intervalos dos respectivos estados de estresse, em nível de intensidade sonora ou em frequência, estão nivelados similarmente ou não. Isto é, se um determinado intervalo de confiança abrange a média de um outro intervalo, se constata que não há diferença estatística (em um nível de 5% de confiança) entre as médias dos respectivos estados. Caso contrário, a diferença é significativa.

O mesmo método comparativo foi utilizado pelo *software Poli* na apresentação dos resultados estatísticos, porém neste caso, a média e o erro padrão foram calculados com a utilização dos valores das distâncias verticais (em decibéis), entre cada comparação entre polinômios, no respectivo intervalo de tempo do ajuste polinomial. Portanto, usando o *software Poli*, o método comparativo verifica se há semelhança significativa entre os níveis de estresse do leitão com o polinômio gerado para a envoltória.

#### **5.4.1. Resultados estatísticos para os leitões em creche**

Os resultados estatísticos obtidos para as vocalizações dos leitões em creche serão descritos aqui, lembrando que o estresse dos animais foi dividido em sete níveis, conforme citados no item 5.1.

Inicialmente serão mostrados os resultados onde se avaliou o nível de estresse conforme os níveis de intensidade sonora (em decibéis). Buscou-se uma relação existente entre os níveis de estresse, com a média das intensidades sonoras.

Em seguida, o mesmo foi feito para a frequência sonora. Pesquisou-se uma relação existente entre os níveis de estresse com a média das frequências emitidas.

#### **5.4.1.1. Resultados estatísticos em função do nível de intensidade sonora (dB)**

A seguir são apresentados os resultados de acordo com as situações de estresse provocadas, em que todas as tabelas apresentadas para os resultados de nível de intensidade sonora têm oito colunas. A coluna **Nível** representa o nível de estresse encontrado no animal em cada situação de estresse; a coluna **Total de Pontos** expressa o número de níveis de intensidade sonora que entraram no cálculo da média; a a coluna **Média (dB)** representa os valores obtidos das médias dos níveis de intensidade sonora encontradas; a coluna **Erro Padrão** demonstra o desvio padrão das médias encontradas; as colunas de **Mínimo e Máximo** são os valores mínimos e máximos encontrados para os dados obtidos; e a coluna **Mediana** corresponde a uma medida de localização do centro da distribuição dos dados.

##### **5.4.1.1.1. Estresse por retirada de alimento**

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora, para leitões em creche, para a situação em que foi retirado o alimento, são mostrados na Tabela 6. Pôde-se observar que há uma tendência de aumento dos valores médios dos níveis de intensidade sonora (20,743dB a 30,426dB), conforme o aumento de nível de estresse, os valores da mediana também seguem a mesma tendência com os valores de erro padrão pequeno.

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, foi possível perceber que os níveis de estresse são distintos entre si, como pode ser visto na Figura 19. Constatou-se também que todos os níveis de estresse para leitões por retirada de alimento distinguem-se entre si e que o intervalo de confiança evidencia tal diferença, exceto pelo nível 5 e, ainda, na mesma Figura 19, fica constatada a tendência ao aumento de nível de intensidade sonora.

Tabela 6. Resultados estatísticos para avaliação do estresse por retirada de alimento de leitões em creche.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 5000         | 20,743     | 0,111            | 7,819              | 2,245       | 21,156       | 45,968      |
| ni02  | 2500         | 26,823     | 0,144            | 7,217              | 8,960       | 26,824       | 44,775      |
| ni03  | 3000         | 27,974     | 0,125            | 6,865              | 8,728       | 28,605       | 45,010      |
| ni04  | 3500         | 29,179     | 0,144            | 8,543              | 7,862       | 29,094       | 48,690      |
| ni05  | 500          | 29,593     | 0,427            | 9,541              | 9,420       | 29,690       | 47,940      |
| ni06  | 4000         | 30,426     | 0,147            | 9,286              | 8,598       | 30,945       | 48,403      |

#### 5.4.1.1.2. Estresse por retirada da baia

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse, com a média dos níveis de intensidade sonora para leitões em creche, para a situação em que os leitões foram retirados da baia são mostrados na Tabela 7. Assim como os leitões que sofreram estresse por retirada de alimento, é perceptível a tendência dos valores médios dos níveis de intensidade sonora (22,782dB a 34,709dB), exceto por uma pequena diferença para o valor do nível 3, a aumentar conforme o aumento de nível de estresse. Da mesma forma os valores da mediana segue essa tendência, com os valores de erro padrão pequenos.

Verifica-se, observando a Figura 19, que todos os níveis de estresse de leitões por retirada da baia se distinguem entre si e que o intervalo de confiança destaca essa diferença. Na mesma Figura 19 fica constatada a tendência ao aumento de nível de intensidade sonora com relação ao aumento do nível de estresse.

Tabela 7. Resultados estatísticos para avaliação do estresse por retirada da baia de leitões em creche.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 14500        | 22,782     | 0,0759           | 9,144              | 2,435       | 22,958       | 47,017      |
| ni02  | 8620         | 28,848     | 0,0744           | 6,911              | 7,308       | 29,210       | 47,330      |
| ni03  | 1000         | 28,136     | 0,191            | 6,051              | 11,675      | 27,938       | 45,118      |
| ni04  | 6000         | 29,890     | 0,0917           | 7,101              | 8,568       | 29,947       | 48,593      |
| ni05  | 5500         | 30,892     | 0,0969           | 7,185              | 7,750       | 30,410       | 48,113      |
| ni06  | 5000         | 33,181     | 0,108            | 7,618              | 10,268      | 32,464       | 50,630      |
| ni07  | 4000         | 34,709     | 0,127            | 8,012              | 12,350      | 33,990       | 50,560      |



#### 5.4.1.1.3. Comparação entre os tipos de estresse causados

Comparando os dois tipos de estresse provocados, percebe-se que ambos resultam no aumento dos níveis de intensidade sonora, indicando que esta variável é uma resposta eficiente na estimativa de estresse em leitões.

Na Figura 19 é mostrada a comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função do nível de intensidade sonora (dB), com níveis de estresse para cada estado associado e com intervalo de confiança de 95%. Na mesma Figura 19, percebe-se que os níveis médios de intensidade sonora para os leitões em creche e na baia seguem a mesma tendência de aumento conforme o aumento do nível de estresse. Contudo, é possível constatar que, para os mesmos níveis de estresse, os leitões na baia vocalizaram com valores absolutos maiores para o nível de intensidade sonora médio do que os leitões com estresse por retirada de alimento.

Através da Figura 20 e da Tabela 8 observa-se a média dos níveis de intensidade sonora para cada uma das situações de estresse provocadas, onde é possível perceber que a retirada dos animais da baia promovem uma média de níveis de intensidade sonora significativamente maior que quando se retira o alimento. Desta forma, através do cálculo dos níveis de intensidade sonora médios, é possível diferenciar quando um animal é retirado da baia ou quando se retira seu alimento.

Tabela 8. Comparação dos estresses por retirada de alimento e por retirada da baia de leitões em creche.

| Estado | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|--------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Alim   | 18500        | 26,666     | 0,0659           | 8,963              | 2,245       | 26,486       | 48,690      |
| Baia   | 44620        | 28,264     | 0,0424           | 8,949              | 2,435       | 28,709       | 50,630      |

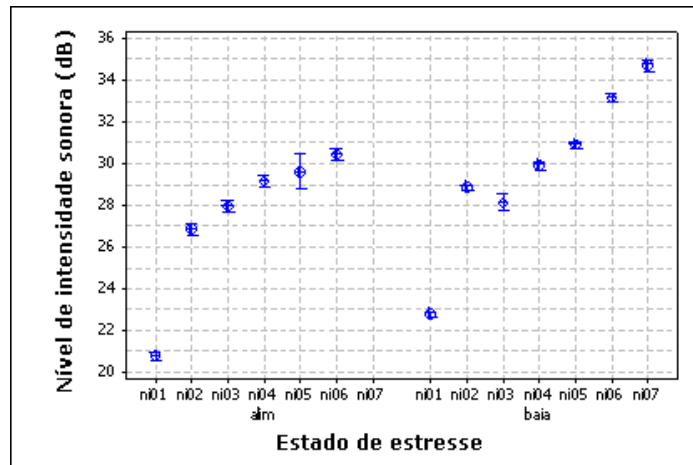


Figura 19. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em creche, com níveis de estresse para cada estado associado, com intervalo de confiança de 95% .

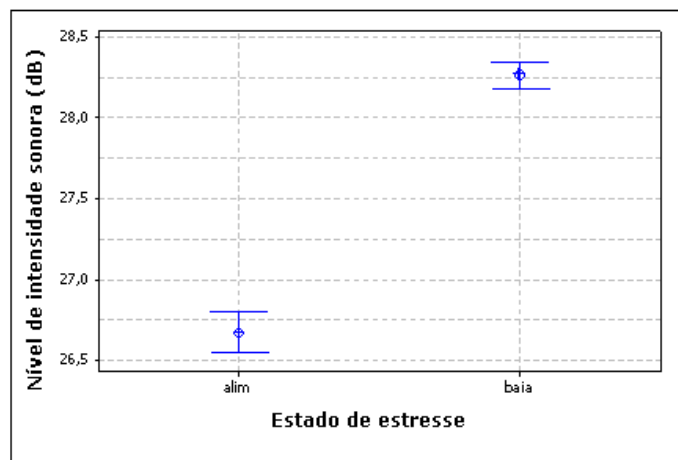


Figura 20. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em creche, com intervalo de confiança de 95%.

#### 5.4.1.2. Resultados estatísticos em função dos valores de frequência

A seguir serão apresentados os resultados de acordo com as situações de estresse provocadas. Em todas as tabelas que mostram os resultados das frequências, têm-se oito colunas. A coluna **Nível** representa o nível de estresse encontrado no animal em cada situação de estresse; a coluna **Total de Pontos** expressa o número de níveis de intensidade sonora que entraram no cálculo da média; a coluna **Média (Hz)** mostra os valores obtidos das médias das frequências; a coluna **Erro Padrão** representa o desvio padrão das médias encontradas; as colunas de **Mínimos e Máximos** são os valores mínimos e máximos encontrados para os dados obtidos; e a coluna **Mediana** corresponde a uma medida de localização do centro da distribuição dos dados.

##### 5.4.1.2.1. Estresse por retirada de alimento

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências emitidas, para leitões em creche, na situação em que foi retirado o alimento, são mostrados na Tabela 9. Pôde-se observar que há uma tendência dos valores médios das frequências emitidas (4004,7Hz a 4392,0Hz) a aumentar conforme o aumento de nível de estresse, da mesma forma, os valores da mediana seguem essa tendência com os valores de erro padrão pequeno.

O fato de que frequências altas estão associadas aos níveis de estresse concorda com os estudos realizados por XIN et. al. (1989) que demonstraram que as vocalizações em uma granja de suínos podem ser distinguidas, onde oito casos foram examinados e resultaram em diferentes tipos de vocalizações. De acordo com a análise de seus resultados, foram observados o tempo de vocalização e as frequências (fundamental e as de ressonância), e também, foi sugerido que vocalizações com maior duração e frequência seriam indicativos de maior estresse.

Utilizando os valores do erro padrão, para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se perceber que os níveis de estresse não se distinguem de forma muito determinada entre si, conforme pode ser visto na Figura 22. Fica ainda constatada a tendência ao aumento de nível de intensidade sonora, apesar das diferenças entre os níveis de estresse apresentarem valores próximos para o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 9. Resultados estatísticos do estresse por retirada de alimento de leitões em creche.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 5000         | 4004,7     | 19,3             | 1366,8             | 3910,1      | 1164,8       | 6797,1      |
| ni02  | 2500         | 4247,9     | 26,8             | 1338,5             | 4155,6      | 1970,1       | 6704,7      |
| ni03  | 3000         | 4294,0     | 24,6             | 1345,0             | 4198,4      | 2004,7       | 6764,8      |
| ni04  | 3500         | 4342,2     | 22,3             | 1320,3             | 4249,0      | 1951,0       | 6779,0      |
| ni05  | 500          | 4358,7     | 59,9             | 1339,3             | 4348,1      | 1971,9       | 6767,9      |
| ni06  | 4000         | 4392,0     | 21,2             | 1339,2             | 4395,6      | 1979,6       | 6800,6      |

#### 5.4.1.2.2. Estresse por retirada da baia

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências emitidas para leitões em creche para a situação em que foram retirados da baia são mostrados na Tabela 10. Observou-se que há uma tendência dos valores médios das frequências emitidas (4086,3Hz a 4563,4Hz) a aumentar conforme o aumento de nível de estresse, exceto para a pequena queda no nível 3, da mesma forma, os valores da mediana tem a mesma propensão, com os valores de erro padrão pequeno.

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, percebeu-se que os níveis de estresse não se diferenciam de maneira muito determinada entre si, conforme pode ser observado na Figura 22. Quando os leitões são retirados da baia há uma tendência para o aumento dos níveis de estresse apesar dos intervalos de confiança estarem próximos.

Tabela 10. Resultados estatísticos do estresse por retirada da baia de leitões em creche.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 14500        | 4086,3     | 11,3             | 1362,4             | 4017,1      | 1172,4       | 6817,4      |
| ni02  | 8620         | 4328,9     | 14,6             | 1354,6             | 4241,9      | 1843,1       | 6809,6      |
| ni03  | 1000         | 4300,4     | 43,2             | 1367,3             | 4208,4      | 2025,0       | 6713,1      |
| ni04  | 6000         | 4370,6     | 17,1             | 1328,4             | 4281,6      | 2053,8       | 6770,3      |
| ni05  | 5500         | 4410,7     | 17,6             | 1303,7             | 4313,2      | 2026,8       | 6813,2      |
| ni06  | 5000         | 4502,3     | 18,1             | 1282,6             | 4443,9      | 2279,6       | 6865,0      |
| ni07  | 4000         | 4563,4     | 20,2             | 1276,6             | 1875,0      | 4504,7       | 6850,1      |

#### 5.4.1.2.3. Comparação entre os tipos de estresse causados

Do mesmo modo que ocorreu com a média dos níveis de intensidade sonora, foi possível perceber que seu comportamento segue a mesma tendência quando se compara com as médias das frequências. Para os dois tipos de estresse provocados vê-se que o aumento das frequências médias acompanha o aumento do nível de estresse. Portanto, os níveis de estresse estabelecidos anteriormente, estão diretamente relacionados com as frequências médias.

Através da Figura 21 e da Tabela 11 observam-se as frequências médias para cada uma das situações de estresse provocadas. É possível verificar, através das médias das frequências obtidas, que seus valores são maiores para a retirada dos animais da baía do que para a retirada do alimento. Foi, portanto, possível diferenciar quando um animal é retirado da baía, ou ainda, quando se retira seu alimento, através do cálculo das frequências médias, tal como usando a média das intensidades sonoras.

Tabela 11. Resultados estatísticos da relação entre os tipos de estresse causados em leitões em creche.

| Estado | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|--------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| alim   | 18500        | 4241,6     | 9,94             | 1352,3             | 4117,8      | 1164,8       | 6800,6      |
| baia   | 44620        | 4305,6     | 6,36             | 1343,3             | 4238,3      | 1172,4       | 6865,0      |

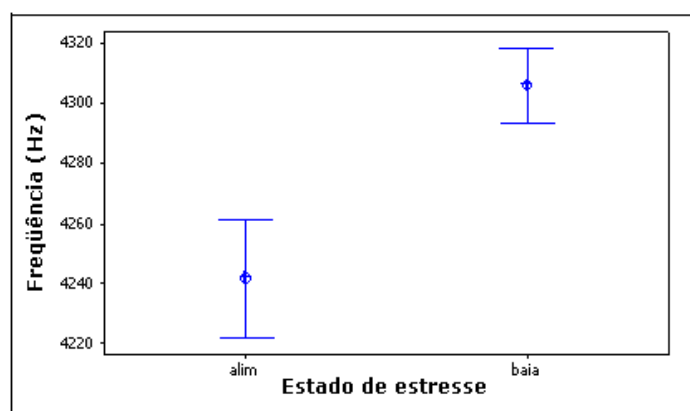


Figura 21. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baía em função dos valores de frequência de leitões em creche, com intervalo de confiança de 95% .

A Figura 22 mostra a comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função dos valores de frequência, com níveis de estresse para cada estado associado, com intervalo de confiança de 95%. Nesta figura percebe-se que os níveis médios de frequência (Hz) para os leitões em creche e na baia seguem a mesma tendência de aumento, conforme o aumento do nível de estresse. Contudo, é possível constatar que, para os mesmos níveis de estresse, os leitões na baia vocalizaram com nível de frequência média sempre com valores absolutos maiores.

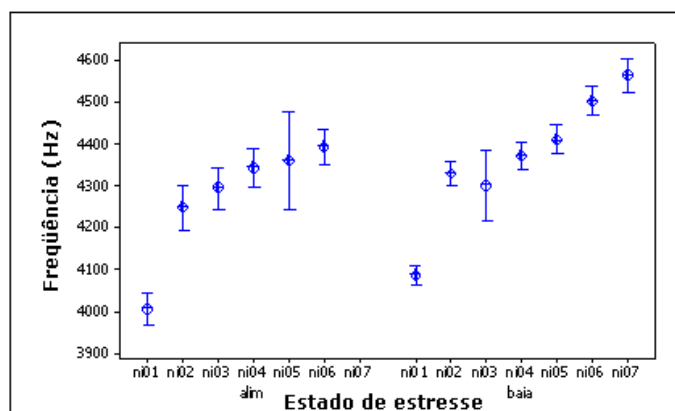


Figura 22. Comparação entre os estados de estresse por retirada de alimento e por retirada da baia em função dos valores de frequência de leitões em creche, com níveis de estresse para cada estado associado, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.1.3. Comparação entre os polinômios de ajuste para leitões em creche

A comparação entre os polinômios de ajuste fornece as informações apresentadas na Tabela 12, em que para cada nível de estresse tem-se o número de arquivos correspondente, já que o *software Poli* utilizou os coeficientes de cada polinômio de ajuste para proceder a análise estatística.

Tabela 12. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste relacionados com cada nível de estresse de leitões em creche.

| Nível | Número de arquivos | Número de combinações | Número de pontos comparados | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Coef. De Variação (CV) |
|-------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------------|------------------|--------------------|------------------------|
| ni01  | 10                 | 45                    | 1000                        | 0,8420     | 0,0235           | 0,7037             | 0,9168                 |
| ni02  | 10                 | 45                    | 1000                        | 2,1324     | 0,0462           | 1,3851             | 0,6731                 |
| ni03  | 10                 | 45                    | 1000                        | 1,9608     | 0,0413           | 1,2399             | 0,656                  |
| ni04  | 10                 | 45                    | 1000                        | 2,8022     | 0,0998           | 2,9928             | 0,9668                 |
| ni05  | 10                 | 45                    | 1000                        | 2,7474     | 0,0780           | 2,3411             | 0,8317                 |
| ni06  | 10                 | 45                    | 1000                        | 2,7484     | 0,0634           | 1,9022             | 0,7648                 |
| ni07  | 10                 | 45                    | 1000                        | 1,6068     | 0,0379           | 1,1378             | 0,7217                 |

A coluna **Número de combinações** fornece as combinações comparadas dentro do *software* e a coluna **Número de pontos comparados** provê o número de pontos escolhidos em cada polinômio e distribuídos equitativamente ao longo do eixo horizontal de tempo, para a comparação polinomial. Os polinômios são comparados dois a dois e o *software* calcula, para cada um dos 1000 pontos, a distância vertical (em dB) entre um polinômio e outro. Deste conjunto de distâncias encontradas o programa obtém a média desses valores, resultando nos dados da coluna **Média** das Tabelas 12 e 13. Assim, quanto maior for o valor da média, maior será a diferença entre os polinômios comparados, portanto, maior será também a diferença entre as vocalizações. A seguir, é apresentada a Tabela 12, com os resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste e com a comparação entre os níveis de estresse.

Tabela 13. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste com a comparação entre os níveis de estresse de leitões em creche.

| Relação entre Níveis    | Número de arquivos | Número de interações | Número de pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Coef. De Variação (CV) |
|-------------------------|--------------------|----------------------|------------------|------------|------------------|--------------------|------------------------|
| Entre níveis iguais     | 70                 | 315                  | 1000             | 2,1607     | 0,0577           | 1,7302             | 0,8024                 |
| Entre níveis diferentes | 70                 | 2100                 | 1000             | 2,9639     | 0,0693           | 2,0800             | 0,7194                 |
| ni01 x ni07             | 20                 | 100                  | 1000             | 4,8107     | 0,0563           | 1,6892             | 0,3643                 |

Na Tabela 13 tem-se o resultado estatístico do que acontece quando se compara todos os polinômios que representam níveis iguais de estresse (entre níveis iguais) e de quando se compara todos os polinômios que representam níveis diferentes de estresse (entre níveis diferentes); e ainda quando se compara o mais baixo nível de estresse (ni01) com o mais alto

nível de estresse encontrado (ni07). Tanto os resultados da Tabela 12 quanto os da Tabela 13, são mostrados na Figura 23 que mostra os pontos das médias com o respectivo erro padrão, para o intervalo de confiança de 95%.

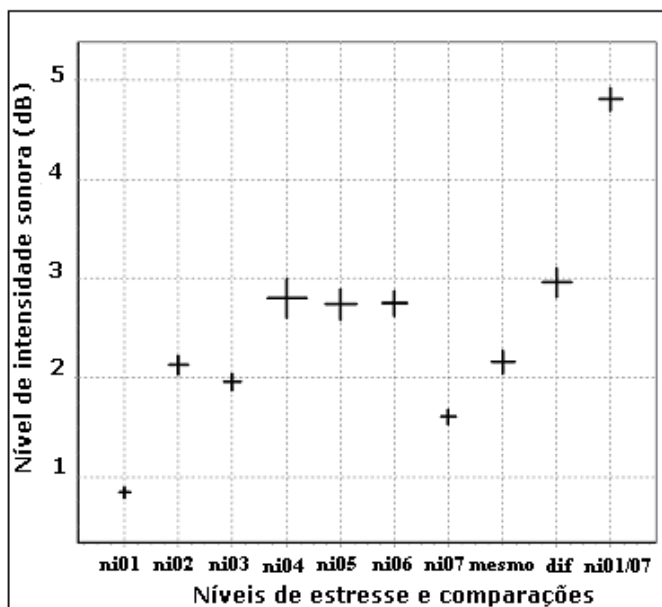


Figura 23. Comparação entre os níveis de estresse e os polinômios de ajuste de leitões em creche, com intervalo de confiança de 95% <sup>5</sup>.

Observando na Figura 23 os níveis de estresse de ni01 até ni07, é possível distinguir alguns níveis de estresse entre si com a utilização do ajuste polinomial, porém, os níveis ni04, ni05 e ni06 se confundem e ocupam os maiores valores para as médias encontradas, ou seja, seus polinômios são os mais diferentes entre si. O nível de estresse ni01 é aquele que tem seus polinômios mais semelhantes entre si, pois sua média é a menor de todas.

Ainda na Figura 23, quando o *software* processa o cálculo da semelhança entre polinômios de **mesmo** nível de estresse, obtém-se valores de média menores que os resultados da média dos polinômios que são **diferentes** entre si. Ou seja, polinômios de mesmo nível de estresse possuem semelhança maior que polinômios de níveis diferentes. E, com intervalo de confiança de 95%, percebe-se que os valores para mesmo nível de estresse nunca se confundem com valores de diferentes níveis.

<sup>5</sup> Na figura, os traços verticais representam os limites (superior e inferior) do intervalo de confiança de 95% para a média, esta representada pelo centro da cruz formada.



Quando a comparação foi feita entre os polinômios de nível 1 e de nível 7 (ni01 - ni07) observou-se que o valor da média aumenta muito (Figura 23) mostrando que são polinômios muito diferentes entre si. Desse modo, foi possível diferenciar o mais alto nível de estresse do mais baixo nível pela comparação polinomial.

#### **5.4.2. Resultados estatísticos para os leitões em maternidade**

Os resultados estatísticos obtidos com as vocalizações dos leitões em maternidade serão descritos aqui, lembrando que, diferentemente dos animais em creche, o estresse dos animais foi dividido aqui em dez níveis, conforme o que foi descrito no item 5.1.

##### **5.4.2.1. Resultados estatísticos em função do nível de intensidade sonora (dB)**

Do mesmo modo que para os leitões em creche, aqui são apresentados os resultados de acordo com as situações de estresse provocadas. Em todas as tabelas exibidas para os resultados de nível de intensidade sonora têm-se oito colunas. Sendo a coluna **Nível** a que representa o nível de estresse encontrado no animal em cada situação de estresse; a coluna **Total de Pontos** demonstra o número de níveis de intensidade sonora que entraram no cálculo da média; a coluna **Média (dB)** apresenta os valores obtidos das médias dos níveis de intensidade sonora encontradas; a coluna **Erro Padrão** representa o desvio padrão das médias encontradas; as colunas de **Mínimo** e **Máximo** são os valores mínimos e máximos encontrados para os dados obtidos; e a coluna **Mediana** corresponde a uma medida de localização do centro da distribuição dos dados.

##### **5.4.2.1.1. Estresse por retirada da matriz (reti)**

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora para leitões em maternidade para a situação de retirada da matriz (reti) são mostrados na Tabela 14 e graficados na Figura 24.

Tabela 14. Resultados estatísticos para estresse por retirada da matriz (reti) para os leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 7000         | 26,474     | 0,0733           | 6,133              | 6,362       | 25,874       | 45,630      |
| ni02  | 8500         | 29,517     | 0,0751           | 6,924              | 6,310       | 29,495       | 47,428      |
| ni03  | 21500        | 28,937     | 0,0599           | 8,777              | 2,785       | 29,144       | 51,903      |
| ni04  | 12500        | 29,066     | 0,0608           | 6,801              | 7,390       | 28,483       | 51,340      |
| ni05  | 19000        | 30,960     | 0,0539           | 7,433              | 8,863       | 30,123       | 53,733      |
| ni06  | 12000        | 31,839     | 0,0751           | 8,229              | 6,795       | 31,170       | 53,618      |
| ni07  | 5500         | 36,505     | 0,110            | 8,136              | 9,072       | 36,567       | 53,043      |
| ni08  | 4000         | 38,659     | 0,120            | 7,587              | 10,778      | 38,520       | 52,333      |

Pôde-se observar que há uma propensão dos valores médios dos níveis de intensidade sonora (26,474dB a 38,659dB) em aumentarem conforme o aumento de nível de estresse, da mesma forma, os valores da mediana apresentam ao mesma tendêncimesmo comportamento, com os valores de erro padrão pequenos.

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, verificou-se que os níveis de estresse são distintos entre si, conforme pode ser observado na Figura 24.

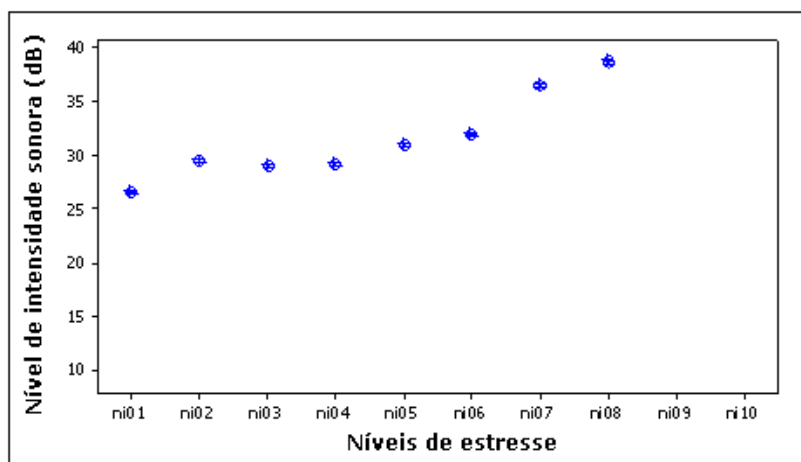


Figura 24. Níveis de estresse por retirada da matriz (reti) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Pôde-se constatar que todos os níveis de estresse, para leitões por retirada da matriz se distinguem entre si, e que o intervalo de confiança evidencia tal diferença. Para os níveis 2,

3 e 4, não se constatou grandes diferenças entre eles, mas de qualquer forma, seguem a tendência de aumento de nível de intensidade sonora.

#### 5.4.2.1.2. Estresse por retirada do aleitamento (alei)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade para a situação de retirada do aleitamento (alei) são mostrados na Tabela 15 e graficados na Figura 25.

Tabela 15. Resultados estatísticos para estresse por retirada do aleitamento (alei) para os leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 7000         | 27,952     | 0,0703           | 5,883              | 11,185      | 27,573       | 45,447      |
| ni02  | 9500         | 29,688     | 0,0606           | 5,905              | 8,715       | 29,196       | 47,293      |
| ni03  | 7000         | 30,413     | 0,0789           | 6,599              | 5,947       | 29,877       | 51,782      |
| ni04  | 1000         | 31,776     | 0,225            | 7,115              | 16,618      | 30,929       | 51,285      |
| ni05  | 1000         | 32,984     | 0,207            | 6,558              | 17,328      | 31,914       | 49,145      |

Observou-se que há uma tendência dos valores médios dos níveis de intensidade sonora (27,952dB a 32,984dB) a aumentar conforme o aumento de nível de estresse; a mediana segue a mesma tendência com valores de erro padrão pequeno.

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se perceber que os níveis de estresse são distintos entre si, como pode ser visto na Figura 25.

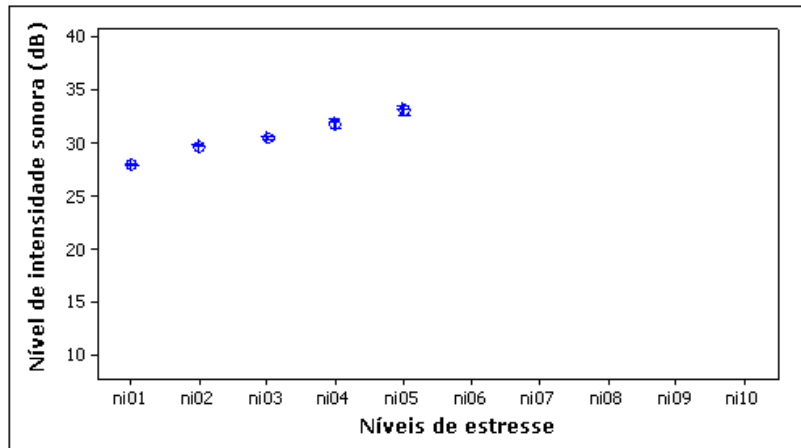


Figura 25. Níveis de estresse por retirada do aleitamento (alei) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Constatou-se que todos os níveis de estresse para leitões em de retirada do aleitamento distinguem entre si e que o intervalo de confiança evidencia tal diferença com tendência em aumento de nível de intensidade sonora.

#### 5.4.2.1.3. Estresse por disputa por tetos (disp)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade para a situação de disputa de tetos (disp), são mostrados na Tabela 16 e graficados na Figura 26.

Tabela 16. Resultados estatísticos para estresse por disputa por tetos (disp) para os leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 1500         | 9,939      | 0,251            | 9,720              | 2,550       | 6,934        | 45,513      |
| ni02  | 500          | 32,541     | 0,314            | 7,018              | 15,883      | 31,570       | 48,493      |
| ni03  | 500          | 19,478     | 0,597            | 13,359             | 2,745       | 22,315       | 45,770      |
| ni06  | 1500         | 31,434     | 0,161            | 6,243              | 16,445      | 30,661       | 47,458      |

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, verificou-se que os níveis de estresse são diferentes entre si, como pode ser observado na Figura 26.

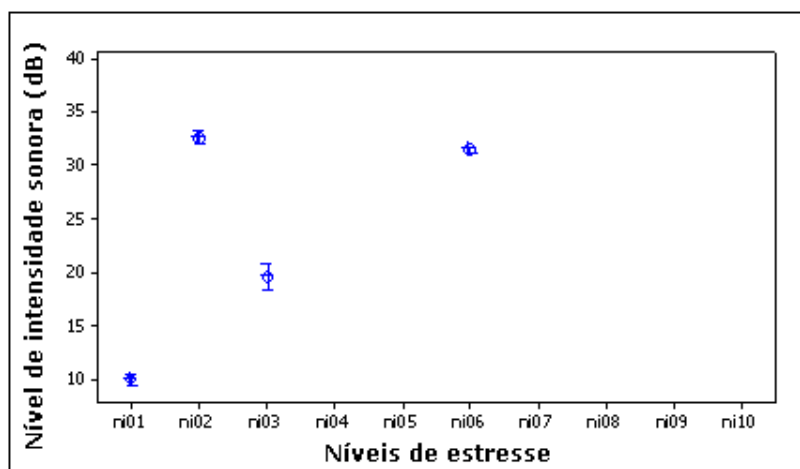


Figura 26. Níveis de estresse por disputa por tetos (disp) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Comprovou-se que todos os níveis de estresse para leitões por disputa de tetos distinguem-se entre si e que o intervalo de confiança mostra tal diferença, exceto pelo nível 2 que, apesar de diferente dos outros níveis, não segue a tendência da curva observada nas situações anteriores. Como o nível 2 foi obtido pelo tempo transcorrido desde o início do estresse, talvez não represente um nível baixo e sim alto, ni07 provavelmente, durante disputa pelos tetos. Já que em seus momentos iniciais de disputa ocorreu mais estresse, talvez seja necessário uma nova verificação experimental para determinar o que de fato ocorre neste momento.

#### 5.4.2.1.4. Estresse por queda de temperatura (frio)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora para leitões em maternidade, para a situação em que foi provocado frio (frio), são mostrados na Tabela 17 e graficados na Figura 27. Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se perceber que os níveis de estresse diferem entre si (Figura 27). Constatou-se, portanto, que há somente dois níveis de estresse de leitões em que foi provocado frio e que se distinguem entre si, onde o intervalo de confiança evidencia tal diferença. Com o frio, os leitões não vocalizam muito e expressaram níveis de estresse baixos.

Tabela 17. Resultados estatísticos para estresse por queda de temperatura (frio) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Ni01  | 5000         | 23,291     | 0,150            | 10,619             | 2,868       | 25,780       | 46,325      |
| Ni02  | 2500         | 19,246     | 0,262            | 13,110             | 2,145       | 21,782       | 47,543      |

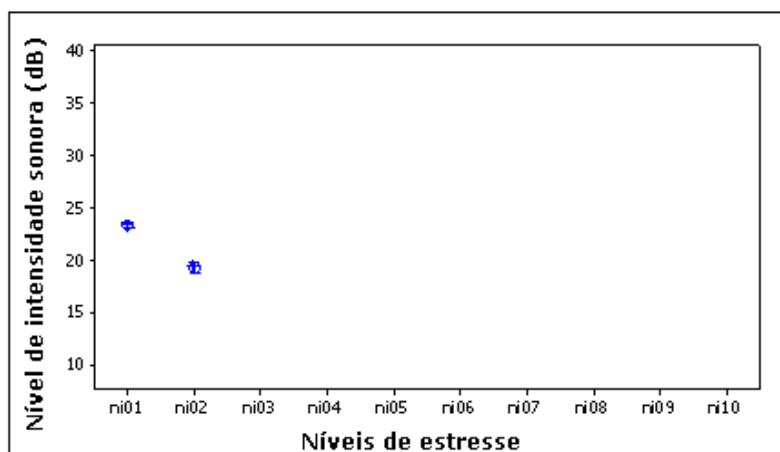


Figura 27. Níveis de estresse por queda de temperatura (frio) em função do nível de intensidade sonora (dB) para os leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.1.5. Estresse por manejo de castração (mcas)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade para a situação de estresse provocado pela castração (mcas) são mostrados na Tabela 18 e na Figura 28.

Tabela 18. Resultados estatísticos para estresse por manejo de castração (mcas) com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade.

| Estado | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|--------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni05   | 1000         | 28,043     | 0,232            | 7,336              | 9,820       | 27,010       | 47,358      |
| ni06   | 3000         | 32,667     | 0,137            | 7,495              | 9,627       | 31,555       | 48,898      |
| ni09   | 6500         | 34,112     | 0,0964           | 7,772              | 9,785       | 33,861       | 49,032      |
| ni10   | 15000        | 35,834     | 0,0640           | 7,836              | 3,275       | 35,195       | 49,970      |

Vê-se aqui que os níveis de estresse são sempre acima ou igual ao nível 5 (Figura 28). Observa-se que há uma tendência dos valores médios dos níveis de intensidade sonora

(28,043dB a 35,834dB) a aumentarem conforme o aumento de nível de estresse, os valores da mediana comportam-se da mesma forma com os valores de erro padrão pequenos, como pode ser visto na Figura 28.

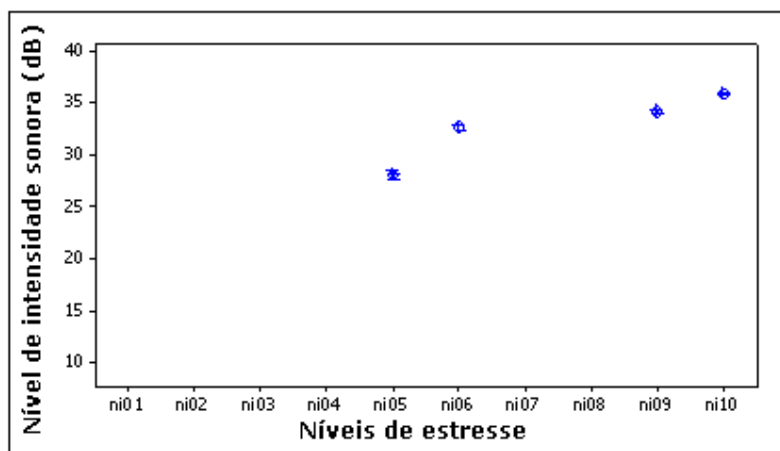


Figura 28. Níveis de estresse por manejo de castração (mcas) em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Aplicando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, notou-se que os níveis de estresse são bem distintos entre si. Na mesma Figura 28, verifica-se apenas 4 níveis de estresse, onde os níveis 9 e 10 aparecem pela primeira vez evidenciando que a situação de castração provoca grande estresse nos leitões. Percebe-se que apenas para os estados de manejo surgem níveis de estresse 9 e 10, provavelmente porque todas as situações de manejo são de alto estresse para o leitão. Este fato se repetirá para todas as situações de manejo, mostrando que animais com alto nível de estresse vocalizam com sons de maior intensidade.

#### 5.4.2.1.6. Estresse por manejo de corte de cauda (mcau)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade para a situação de estresse provocado pelo manejo do corte de cauda (mcau) são mostrados na Tabela 19 e na Figura 29. Vê-se aqui que foram obtidos apenas três níveis de estresse (6, 9, 10). Com os valores do erro padrão, para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se observar que os níveis de estresse são bem distintos entre si (Figura 29).

Ainda na Figura 29 percebe-se apenas 3 níveis de estresse, onde os níveis 9 e 10 aparecem salientando que o manejo de corte de cauda provoca muito estresse nos leitões.

Tabela 19. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de cauda (mcau) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni06  | 500          | 33,445     | 0,302            | 6,752              | 16,823      | 32,913       | 47,245      |
| ni09  | 5500         | 37,225     | 0,0982           | 7,280              | 9,350       | 37,212       | 51,170      |
| ni10  | 12500        | 36,478     | 0,0638           | 7,139              | 9,498       | 35,666       | 49,818      |

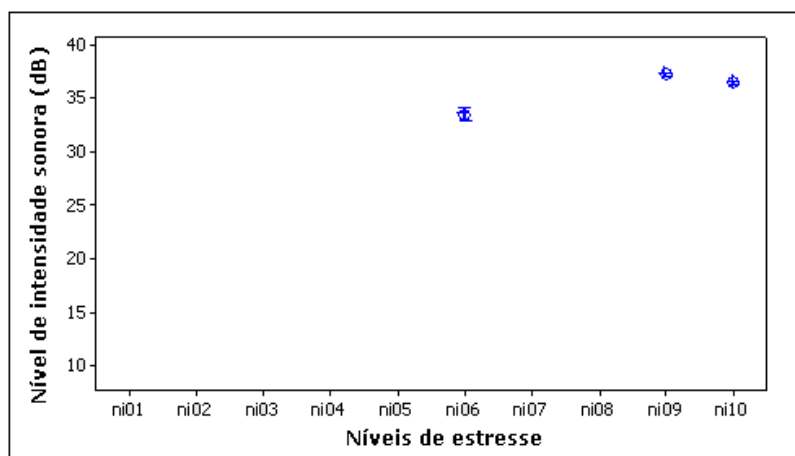


Figura 29. Níveis de estresse por manejo de corte de cauda (mcau) em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.1.7. Estresse por manejo de corte de dente (mden)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade para o manejo do corte de dente (mden) são mostrados na Tabela 20 e na Figura 30.

Tabela 20. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de dente (mden) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Ni09  | 1000         | 35,682     | 0,249            | 7,866              | 11,080      | 35,491       | 49,240      |
| Ni10  | 6500         | 38,386     | 0,0861           | 6,944              | 14,680      | 38,141       | 51,495      |

Observa-se aqui que foram obtidos apenas dois níveis de estresse (9, 10), sendo estes os mais altos níveis. Com os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança



de 95%, Pôde-se perceberfoi possível ver que os níveis de estresse são bem distintos entre si, como pode ser visto na Figura 30.

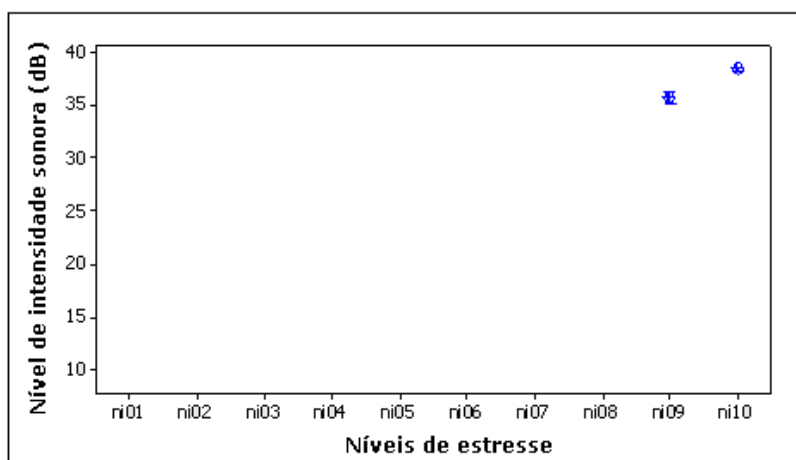


Figura 30. Níveis de estresse por manejo de corte de dente (mden) em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.1.8. Estresse provocado pelo manejo por aplicação de suplemento mineral a base de ferro (mfer)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média dos níveis de intensidade sonora de leitões em maternidade para a situação de estresse provocado pelo manejo por aplicação de suplemento mineral (mfer) são mostrados na Tabela 21 e na Figura 31.

Tabela 21. Resultados estatísticos para estresse por aplicação, via oral, de suplemento mineral a base de ferro (mfer) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Ni09  | 1000         | 34,302     | 0,213            | 6,738              | 17,530      | 34,163       | 46,178      |
| Ni10  | 8500         | 35,933     | 0,0741           | 6,829              | 14,860      | 34,788       | 48,965      |

Percebe-se uma grande semelhança com o corte de dente, pois na situação anterior, têm-se apenas dois níveis de estresse (9 e 10). Com os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, percebe-se que os níveis de estresse são bem diferentes entre si (Figura 31).

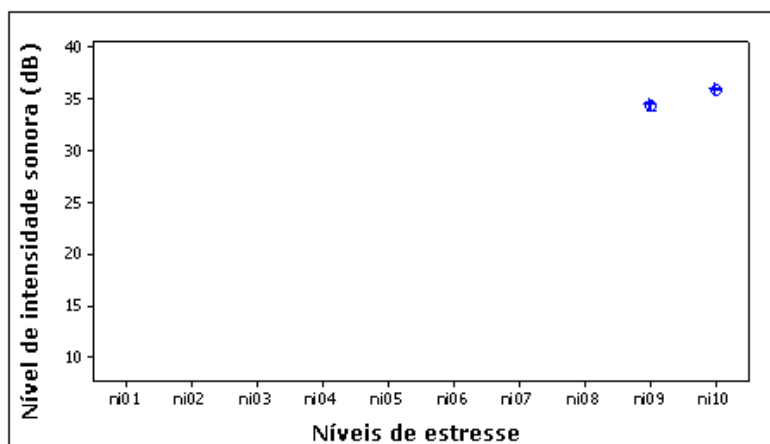


Figura 31. Níveis de estresse por manejo por aplicação, via oral, de suplemento mineral (mfer) em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Constata-se que todos os níveis de estresse de leitões provocado pelo manejo por aplicação de suplemento mineral se distinguem entre si, sendo o intervalo de confiança a evidência de tal dessa diferença.

#### 5.4.2.1.9. Comparação entre os tipos de estresse causados

Comparando entre si os tipos de estresses provocados, obtém-se os valores da Tabela 22 e graficados na Figura 32. Nesta figura é possível constatar que os valores das médias dos níveis de intensidade sonora são diferentes para os diversos estados de estresse.

Tabela 22. Resultados estatísticos da relação entre os tipos de estresse causados para os leitões em maternidade.

| Estado | Total Pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Mínimo (dB) | Mediana (dB) | Máximo (dB) |
|--------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| reti   | 90000        | 30,527     | 0,0273           | 8,200              | 2,785       | 30,023       | 53,733      |
| alei   | 25500        | 29,622     | 0,0394           | 6,299              | 5,947       | 29,100       | 51,782      |
| disp   | 4000         | 22,017     | 0,213            | 13,457             | 2,550       | 25,878       | 48,493      |
| frio   | 7500         | 21,943     | 0,135            | 11,666             | 2,145       | 25,210       | 47,543      |
| mcas   | 25500        | 34,717     | 0,0498           | 7,956              | 3,275       | 34,267       | 49,970      |
| mcau   | 18500        | 36,618     | 0,0529           | 7,198              | 9,350       | 36,005       | 51,170      |
| mden   | 7500         | 38,026     | 0,0824           | 7,132              | 11,080      | 37,852       | 51,495      |
| mfer   | 9500         | 35,761     | 0,0702           | 6,838              | 14,860      | 34,727       | 48,965      |

Na Figura 32 observam-se os resultados das médias associados ao erro padrão, com intervalo de confiança de 95%. Na figura é possível identificar a maioria dos estados de

estresse pelas suas médias, exceto para os estados disp (disputa por tetos) e frio, que são praticamente coincidentes. Na mesma figura, verifica-se que as situações de manejo (corte de cauda (mcau), de corte de dente (mden), de castração (mcas) e de aplicação de ferro (mfer)) são aquelas que mais provocam estresse, já que as médias dos níveis de intensidade sonora são os maiores, ou seja, há sons de maior intensidade nessas situações. Observa-se que o nível de intensidade sonora para a retirada do aleitamento é semelhante ao de retirada da matriz que evidencia a semelhança entre os dois tipos de estresse, relacionados com a proximidade do leitão com a matriz. Durante a disputa de tetos, a energia do leitão está direcionada para ganhar o teto, por isso sua vocalização é menor. Para a situação de frio provocado, o leitão busca economizar energia e, por isso, vocaliza menos, já que vocalizar representa gastar energia pelo esforço em emitir os sons e ainda, com a vocalização, o animal expõe o calor dos pulmões que é precioso para a manutenção de sua temperatura.

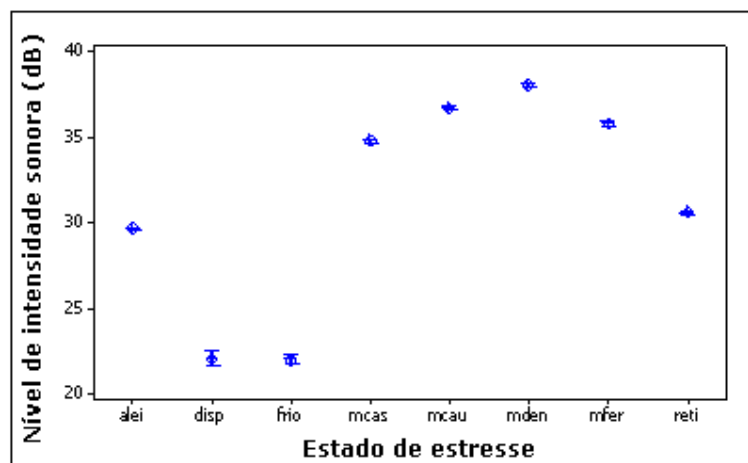


Figura 32. Comparação entre os diversos estados de estresse (por retirada do aleitamento (alei), por disputa de tetos (disp), por queda de temperatura (frio), por manejo de castração (mcas), por corte de cauda (mcau), por corte de dente (mden), por aplicação de ferro (mfer) e por retirada da matriz (reti)) em função do nível de intensidade sonora (dB) de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.2. Resultados estatísticos em função dos valores de frequência

Do mesmo modo que para os leitões em creche, aqui são apresentados os resultados de acordo com as situações de estresse provocadas. Em todas as tabelas dos resultados das frequências têm-se oito colunas. A coluna **Nível** representa o nível de estresse encontrado no animal em cada situação de estresse; . Aa coluna **Total de Pontos** corresponde ao número de

níveis de intensidade sonora que entraram no cálculo da média; a coluna **Média (Hz)** representa os valores obtidos das médias das frequências; a coluna **Erro Padrão** expressa o desvio padrão das médias encontradas; as colunas de **Mínimos e Máximos** são os valores mínimos e máximos encontrados para os dados obtidos; e a coluna **Mediana** corresponde a uma medida de localização do centro da distribuição dos dados.

#### 5.4.2.2.1. Estresse por retirada da matriz (reti)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências sonoras emitidas por leitões em maternidade para a situação em que o leitão foi retirado da matriz (reti), são mostrados na Tabela 23 e graficados na Figura 33.

Tabela 23. Resultados estatísticos para estresse por retirada da matriz (reti) para os leitões em maternidade.

| Nível | Total<br>Pontos | Média<br>(Hz) | Erro Padrão<br>(Hz) | Desvio<br>Padrão (Hz) | Mínimo<br>(Hz) | Mediana<br>(Hz) | Máximo<br>(Hz) |
|-------|-----------------|---------------|---------------------|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|
| ni01  | 7000            | 4234,0        | 16,0                | 1336,5                | 1512,0         | 4140,5          | 6735,8         |
| ni02  | 8500            | 4355,7        | 14,5                | 1333,6                | 1455,1         | 4281,4          | 6795,4         |
| ni03  | 21500           | 4332,5        | 9,31                | 1365,0                | 1186,4         | 4238,4          | 6845,6         |
| ni04  | 12500           | 4337,6        | 11,9                | 1325,4                | 1862,5         | 4227,4          | 6807,4         |
| ni05  | 19000           | 4413,4        | 9,44                | 1301,1                | 1952,4         | 4301,3          | 7009,0         |
| ni06  | 12000           | 4448,6        | 11,9                | 1299,3                | 1741,1         | 4350,2          | 7016,5         |
| ni07  | 5500            | 4635,2        | 17,8                | 1318,5                | 2178,9         | 4606,5          | 7074,5         |
| ni08  | 4000            | 4721,4        | 20,2                | 1278,2                | 2325,9         | 4684,4          | 7063,5         |

Pôde-se observar que há uma tendência dos valores das médias das frequências sonoras (4234,0Hz a 4721,4Hz), que aumenta conforme o aumento de nível de estresse; da mesma forma ocorre com os valores da mediana com os valores de erro padrões pequenos. Esses resultados coincidem com os encontrados por WHITE et. al. (1995) quando os autores verificaram um incremento no valor da frequência na medida em que aumenta o nível de estresse dos animais, mas por outro lado tais resultados não podem ser comparados com os obtidos por MARX, et. al.(2003) que identificaram três tipos de vocalizações durante o processo de castração de leitões: grunhidos, gritos e berros, sendo que a pesquisa indicou que a frequência e a amplitude dos chamados estão diretamente relacionados com a intensidade da dor sentida pelos leitões, sendo que os animais castrados sem anestesia local produziram o dobro de número de gritos em relação aos leitões castrados com anestesia.

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, notou-se que os níveis de estresse são distintos entre si, o que pode ser observado na Figura 33.

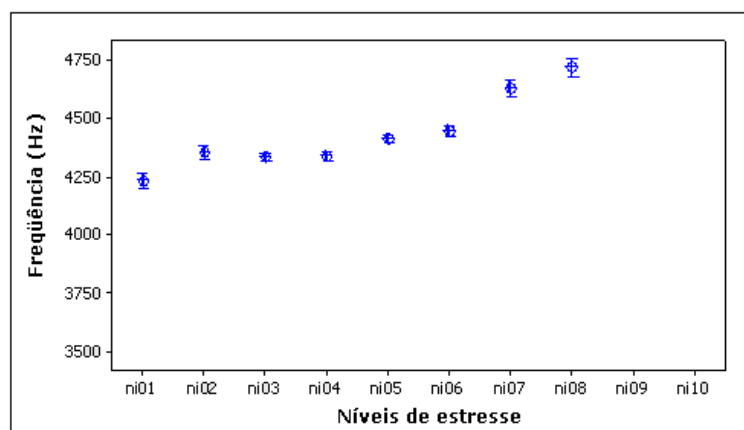


Figura 33. Níveis de estresse por retirada da matriz (reti) em função das frequências de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Pôde-se constatar que todos os níveis de estresse de leitões por retirada da matriz se distinguem entre si e que o intervalo de confiança evidencia tal diferença. Entre os níveis 2, 3 e 4 não foi possível constatar grandes diferenças, assim como entre os níveis 5 e 6, mas de qualquer forma, estes níveis também seguem a tendência de aumento das médias das frequências sonoras.

#### 5.4.2.2.2. Estresse por retirada do aleitamento (alei)

Os resultados estatísticos da comparação entre os níveis de estresse e a média das frequências sonoras emitidas por leitões em maternidade para a situação de retirada do aleitamento (alei) são expostos na Tabela 24 e na Figura 34.

Tabela 24. Resultados estatísticos para estresse por retirada do aleitamento (alei) dos leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni01  | 7000         | 4293,1     | 15,9             | 1332,4             | 2112,2      | 4204,4       | 6721,5      |
| ni02  | 9500         | 4362,5     | 13,7             | 1331,2             | 2105,6      | 4254,3       | 6754,7      |
| ni03  | 7000         | 4391,5     | 15,8             | 1323,7             | 1639,9      | 4295,0       | 6796,8      |
| ni04  | 1000         | 4446,1     | 41,7             | 1319,0             | 2431,0      | 4316,0       | 6851,5      |
| ni05  | 1000         | 4494,4     | 41,2             | 1304,4             | 2407,3      | 4402,5       | 6814,9      |

Observou-se ar que a tendência dos valores médios dos níveis de intensidade sonora (4293,1Hz a 4494,4Hz) é aumentar conforme o aumento do nível de estresse, da mesma forma, os valores da mediana seguem essa tendência, com os valores de erro padrão pequenos. Usando os valores do erro padrão no cálculo dos intervalos de confiança de 95%, Pôde-se perceber-se que, em geral, os níveis de estresse se confundem entre si (Figura 34).

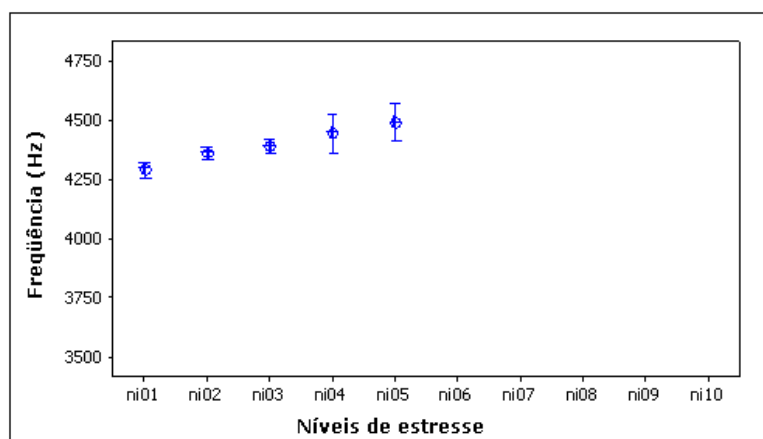


Figura 34. Níveis de estresse por retirada do aleitamento (alei) em função das frequências de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Porém, a tendência de aumentar dos valores de frequências sonoras, de acordo com os níveis de estresse, ocorre como nos casos anteriores apesar do intervalo de confiança mostrar que não há uma distinção evidente entre as frequências médias.

#### 5.4.2.2.3. Estresse por disputa por tetos (disp)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências sonoras emitidas pelos leitões em maternidade para a situação de disputa por tetos (disp), são mostrados na Tabela 25 e na Figura 35.

Tabela 25. Resultados estatísticos para estresse por disputa por tetos (disp) para os leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Ni01  | 1500         | 3572,5     | 40,3             | 1560,6             | 1177,0      | 3450,9       | 6731,0      |
| Ni02  | 500          | 4476,6     | 59,3             | 1325,2             | 2461,6      | 4351,6       | 6823,7      |
| Ni03  | 500          | 3954,1     | 66,8             | 1493,4             | 1184,8      | 4067,6       | 6550,8      |
| Ni06  | 1500         | 4432,4     | 34,0             | 1318,2             | 2330,7      | 4309,3       | 6772,5      |

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se constatar, na Figura 35, diferenças significativas em três níveis de estresse (ni01, ni03, ni06), exceto o nível 2 (ni02), que coincide com o nível 6 (ni06), segundo o intervalo de confiança. Verifica-se na análise estatística por frequência que o nível de estresse ni02 representa a mesma anomalia observada na análise por nível de intensidade sonora, provavelmente por ter relação com o estado de estresse mais alto nos momentos iniciais da disputa por tetos (ver 5.4..2.1.3), coincidindo os valores de nível 2 (ni02) com o nível 6 (ni06), portanto representando mesmos níveis de estresse.

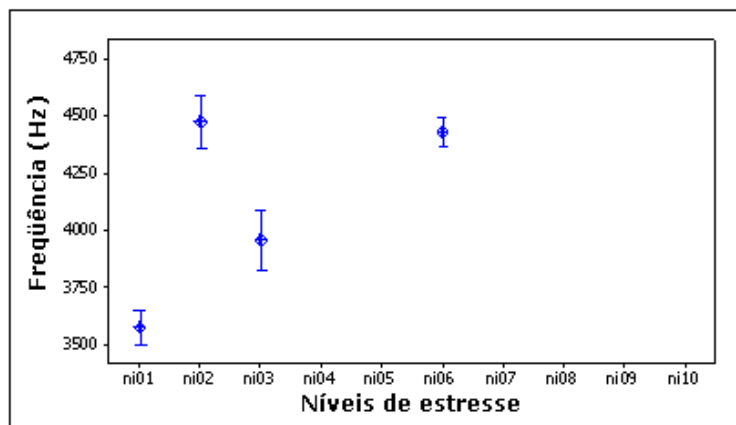


Figura 35. Níveis de estresse por disputa por tetos (disp) em função das frequências, para deos leitões em maternidade com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.2.4. Estresse por queda de temperatura (frio)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências sonoras emitidas por leitões em maternidade, para a situação em que foi provocado frio (frio), são mostrados na Tabela 26 e na Figura 36.

Tabela 26. Resultados estatísticos para estresse por queda de temperatura (frio) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Ni01  | 5000         | 4106,6     | 20,3             | 1438,9             | 1189,7      | 4144,2       | 6803,4      |
| Ni02  | 2500         | 3944,8     | 30,5             | 1524,5             | 1160,8      | 4058,6       | 6786,4      |

Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se perceber que os níveis de estresse são distintos entre si (Figura 36). Constatou-sear somente dois níveis de estresse de leitões em que foi provocado frio e que se distinguem entre si; o intervalo de confiança evidencia tal diferença. Com o frio, os leitões não vocalizam muito e expressam níveis de estresse baixos, pois existe a necessidade fisiológica de conservar a temperatura corpórea, sendo que vocalizar representa perda de calor e deve ser evitada. Na situação de frio ocorre o agrupamento dos leitões buscando a conservação de energia metabólica.

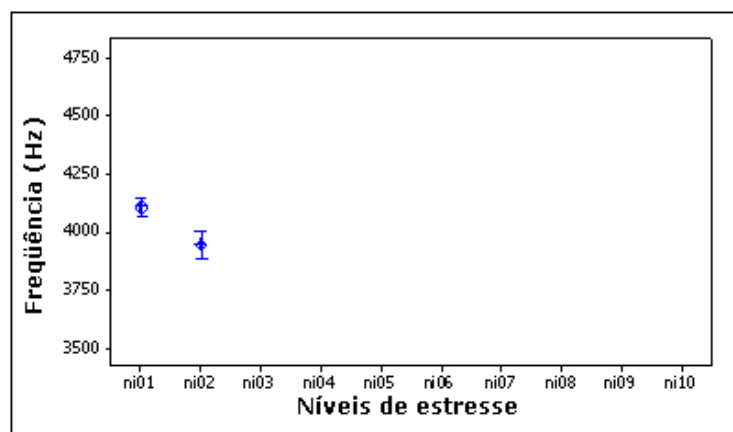


Figura 36. Níveis de estresse por queda de temperatura (frio) em função das frequências de vocalização dos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95%.

#### 5.4.2.2.5. Estresse por manejo de castração (mcas)

Os resultados estatísticos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências sonoras emitidas de leitões em maternidade para a situação de estresse provocado pela castração (mcas), são exibidos na Tabela 27 e na Figura 37.

Tabela 27. Resultados estatísticos para estresse por manejo de castração (mcas) dos leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni05  | 1000         | 4296,7     | 41,3             | 1306,9             | 2074,0      | 4209,3       | 6759,2      |
| ni06  | 3000         | 4481,7     | 23,3             | 1278,9             | 2446,8      | 4373,1       | 6839,6      |
| ni09  | 6500         | 4539,5     | 15,8             | 1270,9             | 2299,8      | 4501,5       | 6829,7      |
| ni10  | 15000        | 4608,4     | 10,4             | 1271,5             | 1206,0      | 4559,8       | 6837,1      |



Observa-se aqui que os níveis de estresse estão sempre acima ou iguais ao nível 5, no qual os valores das médias das frequências sonoras (4296,7Hz a 4608,4Hz) tendem a aumentar conforme o aumento do nível de estresse. Utilizando os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, verificou-se que os níveis de estresse são diferentes entre si na média das frequências, porém, com este intervalo de confiança não é possível distinguir o nível 6 do nível 9, como pode ser visto na Figura 37.

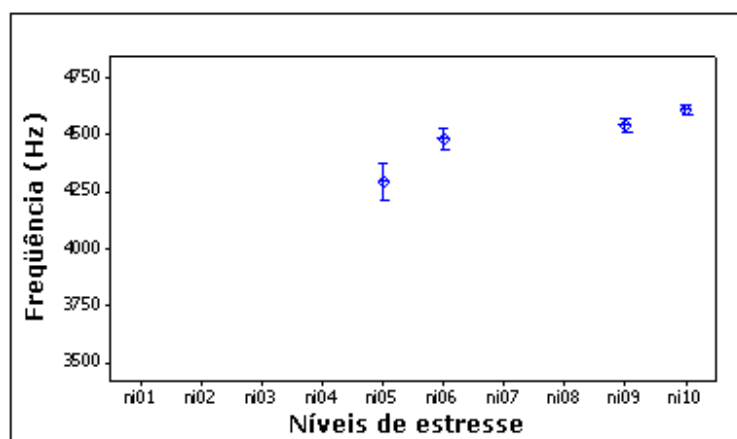


Figura 37. Níveis de estresse por manejo de castração (mcas) em função das frequências de leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Na mesma Figura 37 observam-se apenas quatro níveis de estresse. Percebe-se que apenas nos estados de manejo surgem níveis de estresse 9 e 10. Este fato se repetirá para todas as situações de manejo, mostrando que animais com alto nível de estresse vocalizam com sons mais agudos.

#### 5.4.2.2.6. Estresse por manejo de corte de cauda (mcau)

Os resultados estatísticos obtidos da comparação dos níveis de estresse com a média das frequências sonoras emitidas por leitões em maternidade para a situação de estresse provocado pelo manejo do corte de cauda (mcau), são mostrados na Tabela 28 e graficados na Figura 38.

Tabela 28. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de cauda (mcau) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| Ni06  | 500          | 4512,8     | 57,3             | 1282,3             | 2454,0      | 4414,9       | 6708,8      |
| Ni09  | 5500         | 4664,0     | 17,2             | 1278,1             | 2445,8      | 4605,4       | 6935,2      |
| Ni10  | 12500        | 4634,1     | 11,3             | 1260,1             | 2324,5      | 4577,6       | 6890,3      |

Observa-se na Figura 38 que se têm apenas três níveis de estresse (6, 9 e 10). Com a comparação entre os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se perceber que não é possível distinguir claramente tais níveis, devido ao erro padrão definido, pois os intervalos estão muito próximos entre os níveis de estresse, como mostrado na Figura 38.

Na mesma figura observam-se apenas três níveis de estresse, onde os níveis 9 e 10 aparecem evidenciando que a situação de corte de cauda provoca muito estresse nos leitões e, portanto, vocalizações muito agudas.

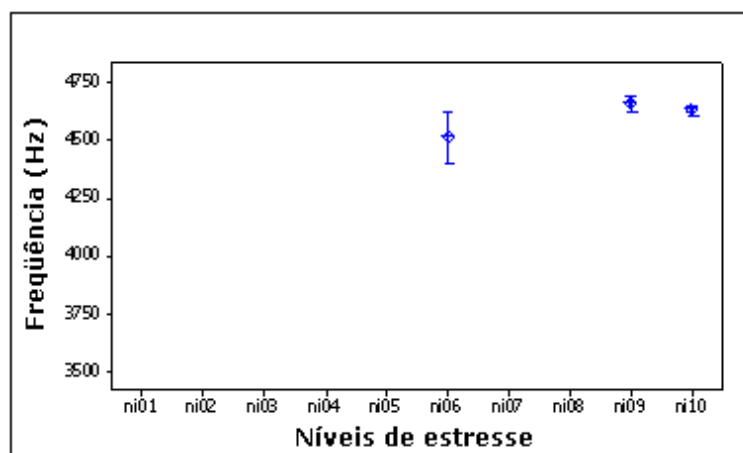


Figura 38. Níveis de estresse por manejo de corte de cauda (mcau) em função das frequências de vocalização emitidas por leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.2.7. Estresse por manejo de corte de dente (mden)

Os resultados estatísticos da comparação entre os níveis de estresse e a média das frequências sonoras emitidas por leitões em maternidade, para a situação de estresse

provocado pelo manejo do corte de dente (mden), são mostrados na Tabela 29 e graficados na Figura 39.

Tabela 29. Resultados estatísticos para estresse por manejo de corte de dente (mden) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni09  | 1000         | 4602,3     | 39,9             | 1262,3             | 2580,8      | 4551,9       | 6862,8      |
| ni10  | 6500         | 4710,4     | 15,8             | 1273,5             | 2398,7      | 4679,0       | 6941,6      |

Observam-se apenas dois níveis de estresse (9, 10), no caso, os mais altos níveis. Com a comparação entre os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, foi possível notar que os níveis de estresse são distintos entre si, como pode ser visto na Figura 39.

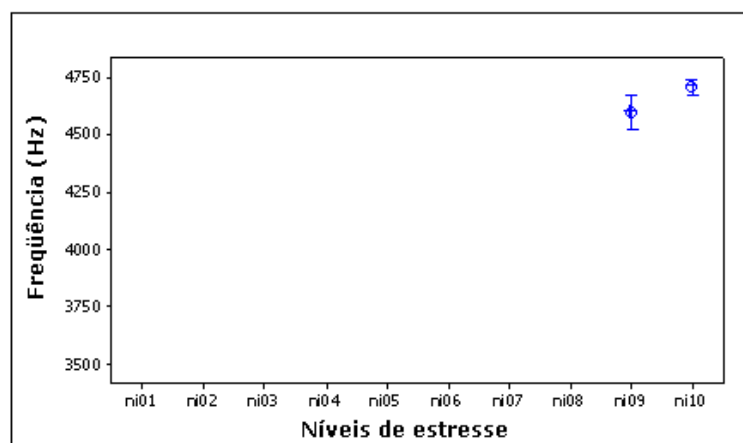


Figura 39. Níveis de estresse por manejo de corte de dente (mden) em função das frequências de vocalização dos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95%.

#### 5.4.2.2.8. Estresse por manejo de aplicação de suplemento mineral a base de ferro (mfer)

Os resultados estatísticos obtidos pela comparação entre os níveis de estresse e a média das frequências sonoras de leitões em maternidade para a situação de estresse provocado pelo manejo por aplicação de suplemento mineral a base de ferro (mfer) são apresentados na Tabela 30 e na Figura 40.

Tabela 30. Resultados estatísticos para estresse por manejo de aplicação de suplemento mineral a base de ferro (mfer) de leitões em maternidade.

| Nível | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|-------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| ni09  | 1000         | 4547,1     | 40,2             | 1271,3             | 2492,7      | 4517,8       | 6710,2      |
| ni10  | 8500         | 4612,3     | 13,6             | 1254,5             | 2415,0      | 4545,1       | 6801,4      |

Percebe-se uma grande semelhança entre esta situação de manejo com a situação de corte de dente, pois verificam-se apenas dois níveis de estresse e estes são os mesmos, a saber, ni09 e ni10. Com os valores do erro padrão para o cálculo dos intervalos de confiança de 95%, pôde-se observar que não é possível diferenciar os dois níveis de estresse (ni09 e ni10) devido ao erro padrão definido por intervalos muito próximos entre os níveis de estresse, mostrado na Figura 40. Apesar da aplicação de suplemento mineral não provocar dor, pois é feita via oral, os leitões apresentaram níveis de estresse muito altos, provavelmente porque o animal associa o manejo com a dor. A castração, o corte de cauda e o corte de dente são os manejos feitos inicialmente, antes da aplicação do suplemento mineral, e representam, ao mesmo tempo, duas grandes situações de estresse: a separação do leitão da matriz e a dor provocada.

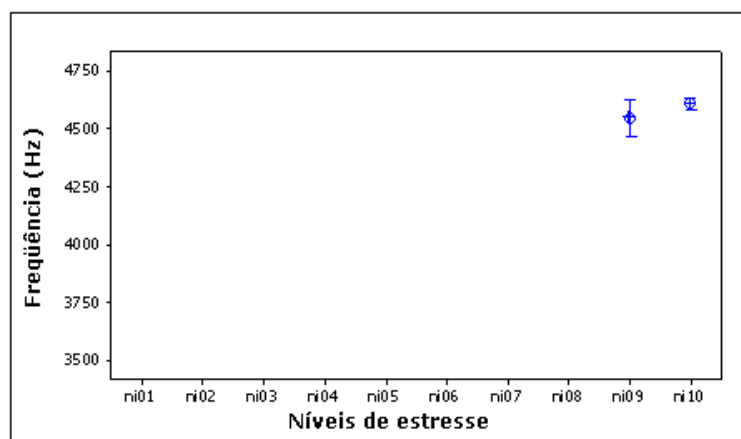


Figura 40. Níveis de estresse por manejo de aplicação de ferro (mfer) em função das frequências de vocalização dos leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

#### 5.4.2.2.9. Comparação entre os tipos de estresse causados

Comparando entre si os tipos de estresses provocados obtém-se os valores mostrados na Tabela 31 e na Figura 41, nas quais é possível constatar que os valores das médias das frequências sonoras são diferentes para os diversos estados de estresse dos leitões. Na Figura

41 vê-se os resultados das médias associados ao erro padrão com intervalo de confiança de 95%.

Tabela 31. Resultados estatísticos da relação entre os tipos de estresse causados em leitões em maternidade.

| Estado | Total Pontos | Média (Hz) | Erro Padrão (Hz) | Desvio Padrão (Hz) | Mínimo (Hz) | Mediana (Hz) | Máximo (Hz) |
|--------|--------------|------------|------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| alei   | 25500        | 4359,9     | 8,32             | 1328,8             | 1639,9      | 4258,0       | 6851,5      |
| disp   | 4000         | 4055,7     | 23,6             | 1491,9             | 1177,0      | 4181,3       | 6823,7      |
| frio   | 7500         | 4052,7     | 17,0             | 1469,8             | 1160,8      | 4126,9       | 6803,4      |
| mcas   | 25500        | 4563,7     | 7,99             | 1275,5             | 1206,0      | 4526,2       | 6839,6      |
| mcau   | 18500        | 4639,7     | 9,31             | 1266,3             | 2324,5      | 4579,6       | 6935,2      |
| mden   | 7500         | 4696,0     | 14,7             | 1272,5             | 2398,7      | 4663,7       | 6941,6      |
| mfer   | 9500         | 4605,4     | 12,9             | 1256,4             | 2415,0      | 4542,5       | 6801,4      |
| reti   | 90000        | 4396,1     | 4,43             | 1330,2             | 1186,4      | 4281,8       | 7074,5      |

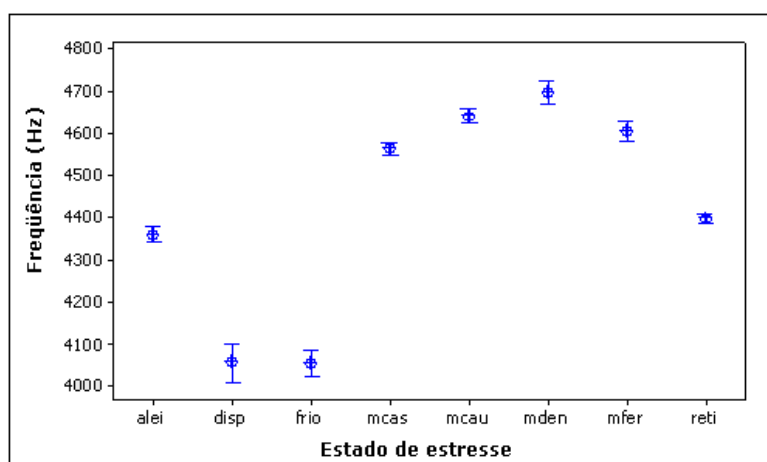


Figura 41. Comparação entre os diversos estados de estresse (por retirada do aleitamento (alei), por disputa por tetos (disp), por queda de temperatura (frio), por manejo de castração (mcas), por manejo de corte de cauda (mcau), pelo manejo de corte de dente (mden), pelo manejo por aplicação de ferro (mfer) e por retirada da matriz (reti)) em função das frequências de vocalização emitida por leitões em maternidade, com intervalo de confiança de 95% .

Na Figura 41 observa-se que é possível identificar a maioria dos estados de estresse pelas suas médias, exceto os estados disp (disputa por tetos) e frio que têm médias praticamente coincidentes. Na mesma Figura verifica-se que as situações de manejo (corte de cauda (mcau), corte de dente (mden), castração (mcas) e aplicação de ferro (mfer)), são aquelas que mais provocam estresse, já que a média das frequências sonoras são as maiores, ou seja, os sons são mais agudos nestas situações.

As diferenças entre os estados de estresse são marcantes, pois o intervalo de confiança de cada estado de estresse, ilustrado na Figura 41, além de ser sempre pequeno, apresenta poucos valores coincidentes. Nos estados de disputa por tetos e de frio provocado tem-se vocalizações mais graves. No frio, em vista da necessidade de conservação de energia, as vocalizações têm menores frequências, dado que sons mais agudos demandam muita energia.

#### 5.4.2.3. Descrição estatística dos resultados da comparação entre os polinômios de ajuste para leitões em maternidade

A comparação entre os polinômios de ajuste nos fornece as informações mostradas na Tabela 31, onde para cada nível de estresse tem-se o número de arquivos correspondente, por onde foram transferidos ao *software Poli* os coeficientes de cada polinômio de ajuste, obtidos no *software Vocalização*, para, então, fazer a análise estatística.

A coluna Número de combinações fornece as combinações comparadas dentro do *software*; a coluna Número de pontos comparados apresenta o número de pontos escolhidos em cada polinômio e distribuídos equitativamente ao longo do eixo horizontal de tempo para a comparação polinomial. Os polinômios são comparados dois a dois, onde o *software* calcula, para cada um dos 1000 pontos, a distância vertical (em dB) entre um polinômio e outro. Desse conjunto de distâncias encontradas, o programa obtém a média desses valores resultando nos dados da coluna Média das Tabelas 32 e 33, mostradas a seguir:

Tabela 32. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste relacionados com cada nível de estresse de leitões em maternidade.

| Nível | Número de arquivos | Número de Combinações | Número de pontos comparados | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Coef. De Variação (CV) |
|-------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------------|------------------|--------------------|------------------------|
| ni01  | 12                 | 66                    | 1000                        | 1,2699     | 0,0259           | 0,7756             | 0,7228                 |
| ni02  | 12                 | 66                    | 1000                        | 1,8141     | 0,0397           | 1,1914             | 0,6696                 |
| ni03  | 12                 | 66                    | 1000                        | 2,0309     | 0,0465           | 1,3947             | 0,7078                 |
| ni04  | 12                 | 66                    | 1000                        | 2,3498     | 0,0501           | 1,5041             | 0,6529                 |
| ni05  | 12                 | 66                    | 1000                        | 2,3197     | 0,0492           | 1,4770             | 0,6436                 |
| ni06  | 12                 | 66                    | 1000                        | 2,2379     | 0,0469           | 1,4082             | 0,6420                 |
| ni07  | 12                 | 66                    | 1000                        | 3,4953     | 0,1028           | 3,0835             | 0,9349                 |
| Ni08  | 12                 | 66                    | 1000                        | 1,5626     | 0,0472           | 1,4148             | 0,9193                 |
| N09   | 12                 | 66                    | 1000                        | 2,1545     | 0,0488           | 1,4637             | 0,6933                 |
| Ni10  | 12                 | 66                    | 1000                        | 1,5660     | 0,0348           | 1,0437             | 0,6998                 |

Tabela 33. Resultados estatísticos das comparações entre os polinômios de ajuste com a comparação entre os níveis de estresse de leitões em maternidade.

| Relação entre os Níveis | Número de arquivos | Número de interações | Número de pontos | Média (dB) | Erro Padrão (dB) | Desvio Padrão (dB) | Coef. De Variação (CV) |
|-------------------------|--------------------|----------------------|------------------|------------|------------------|--------------------|------------------------|
| Entre níveis iguais     | 120                | 792                  | 1000             | 2,0868     | 0,0484           | 1,4505             | 0,7130                 |
| Entre níveis diferentes | 120                | 4500                 | 1000             | 3,0166     | 0,0595           | 1,7849             | 0,6343                 |
| ni01 x ni10             | 24                 | 144                  | 1000             | 4,8343     | 0,0506           | 1,5167             | 0,3268                 |

Portanto, quanto maior for o valor da média, maior será a diferença entre os polinômios comparados, ou seja, diminui a semelhança entre as vocalizações.

Na Tabela 33 tem-se o resultado estatístico do que acontece quando se compara todos os polinômios que representam níveis iguais de estresse (entre níveis iguais) e entre polinômios que representam níveis diferentes de estresse (entre níveis diferentes), e ainda quando se compara o mais alto nível de estresse (ni01) com o mais alto nível de estresse encontrado (ni10).

Tanto os resultados da Tabela 32 quanto os da Tabela 33, são mostrados na Figura 42, que mostra os pontos das médias com o respectivo erro padrão para o intervalo de confiança de 95%.

Observando na Figura 42 os níveis de estresse de ni01 até ni10 é possível diferenciar alguns níveis de estresse entre si, com a utilização do ajuste polinomial, porém, os níveis ni04, ni05 e ni06 se confundem com valores médios próximos, de acordo com o intervalo de confiança estipulado. O mesmo acontece entre os níveis ni03 e ni09 e também entre os níveis ni08 e ni10. O nível de estresse ni01 é aquele que tem seus polinômios mais semelhantes entre si, pois sua média é a menor de todas seguido dos níveis ni08, ni10, ni02 e ni03, respectivamente.

É digno de destaque que o nível 7 (ni07) é aquele que possui o maior valor das distâncias médias dentre todos os outros níveis, desta forma, o nível 7 é aquele cujos polinômios são os mais diferentes entre si.

Ainda na Figura 42, quando o *software* calcula a semelhança entre polinômios de **mesmo** nível de estresse, obtém-se valores de média menores que os resultados da média dos polinômios que são **diferentes** entre si. Ou seja, polinômios de mesmo nível de estresse possuem semelhança maior que polinômios de níveis diferentes. Com intervalo de confiança de 95%, percebe-se que os valores para mesmo nível de estresse nunca se confundem com valores de diferentes níveis.

Quando a comparação é feita entre os polinômios de nível 1 com de nível 10 (ni01 - ni10) observa-se que o valor da média aumenta muito (Figura 42), mostrando que são polinômios muito diferentes entre si. Deste modo, é possível distinguir o mais alto nível de estresse do mais baixo nível pela comparação polinomial.

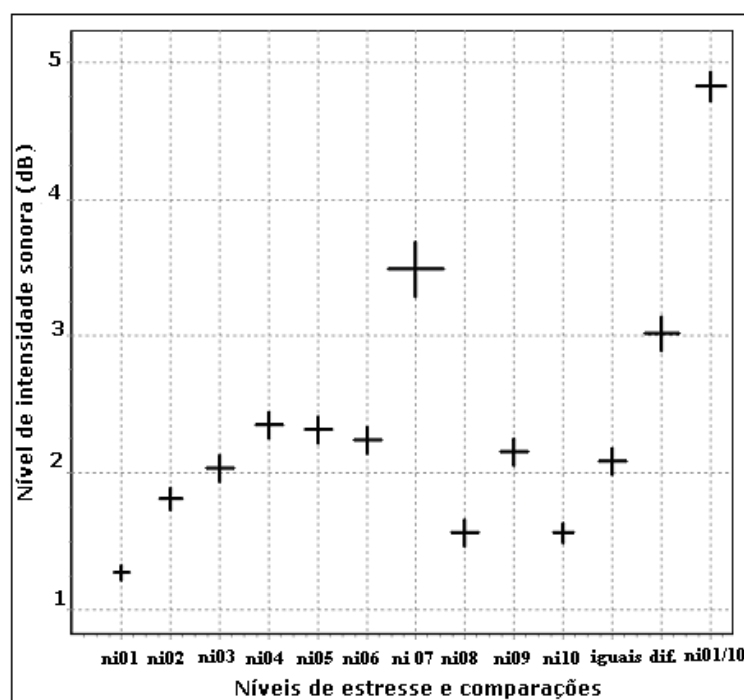


Figura 42. Comparação entre os níveis de estresse e os polinômios de ajuste, com intervalo de confiança de 95%, de leitões em maternidade.



## 6. CONCLUSÕES

Percebeu-se que as vocalizações podem ser analisadas em intervalos de 1 segundo e que o som expressa o nível de estresse de leitões tanto em creche quanto em maternidade.

Foi desenvolvido, neste trabalho, um sistema de monitoramento do bem-estar animal chamado **Vocalização**, o qual tem como características fundamentais:

- Obter os valores de intensidade relativa do som em função do tempo e armazená-los em arquivo para vocalizações de 1 (um) segundo de duração;

- Obter o espectro sonoro da vocalização (com a divisão dos valores de frequência em faixas com intervalos de 1000 Hz), armazenar em arquivo os valores de nível de intensidade sonora em função das faixas frequência e em função do tempo.

- Fornecer os coeficientes do polinômio de ordem 10 para a envoltória dos valores de nível de intensidade sonora em função do tempo.

Comprovou-se por comparação estatística, que os níveis de intensidade sonora médios e os valores médios para as faixas de frequências associadas estão relacionados ao estado e ao nível de estresse do animal. Observou-se que o aumento de estresse tem como resultado o aumento dos valores de frequências e de potências emitidas durante as vocalizações, e que o uso do *software* **Vocalização** é um sistema eficiente para identificação dos níveis de estresse em leitões.

Comprovou-se, também por comparação estatística, que a envoltória dos valores de nível de intensidade sonora em função do tempo está também relacionada com o nível de estresse dos animais, no qual a função que descreve a envoltória, determinada pelo *software* **Vocalização** e analisada pelo *software* estatístico **Poli**, é parâmetro importante na determinação dos níveis de estresse em leitões.

O *software* desenvolvido neste trabalho permitiu o registro, a análise e a interpretação da vocalização dos animais, com a finalidade de monitorar as indicações de estresse na produção industrial de suínos.

## 7. REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Disponível em <[http://abcs.org.br/ins\\_inf/inf/est](http://abcs.org.br/ins_inf/inf/est)>, acessado em 20/09/2007.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Disponível em <[http://www.abipecs.org.br/relatorios/ABIPECS\\_relatorio\\_2006\\_pt.pdf](http://www.abipecs.org.br/relatorios/ABIPECS_relatorio_2006_pt.pdf)>, acessado em 26/11/2007.

ACGIH. American Conference of Government Industrial Hygienists. Cincinnati, U.S.A. 2001.

ALEXANDRY, F.G. **O problema do ruído industrial e seu controle**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1985. 86p.

ALGERS B.; EKESBO I.; STROMBERG S. The impact of continuous noise on animal health. **Acta Veterinary Scandinavia**, Uppsala, v.67, p.1-26, 1978. Supplement.

ARNONE, M., DANTZER, R. Does frustration induce aggression in pigs?. *Applied Animal Ethology*, v. 6, p.351-362, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA - ABNT: **NBR 10151, Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro:1987.

ASTETE, M.G.W.; KITAMURA, S. **Efeitos da exposição profissional ao barulho**. In: Mendes R, editor. *Medicina do Trabalho: Doenças Ocupacionais*; São Paulo, SP: Sarvier S/A Editora Livro Médicos; 1980. p. 416-435.

AUDACIY 1.3.0 - BETA. **AUDACIY 1.3.0 Audio Editor for Windows**. Coordination happens thanks to SourceForge.net, 2006.

BARBOSA, A. M. **O Áudio Explodiu**. Universidade Católica Portuguesa. Portugal: Edição Digital de Som, 1999.

BARBOSA, N. C. **Poluição Sonora**. Goiânia: FEMAGO, 1998.

BARNETT, J.L.; HEMSWORTH, P.H. The validity of physiological and behavioral measures of animal welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v.1, p.177-187, 1990.

BEATTIE, V. E.; O'CONNELL, N. E.; MOSS, B. W. Influence of environmental enrichment on the behavior, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science*. v. 65, p. 71-79, 2000.

BENEDI, J. M. H. **El ambiente de los alojamientos Ganaderos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**, Servicio de Extensión Agraria, Madrid: Hojas Divulgadoras, 1986, n.6/86 hd, 28p.

BLOOD, D. C., STUDDERT, V. P. Baillière's Comprehensive Veterinary Dictionary, p. 1002. Baillière Tindall, London, UK, 1988.

BORLAND DELPHI VERSION 5.0 **.DELPHI Language programming for Windows**. Borland Inc., 1998.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. *J. Anim. Sci.* , vol.69, n.10, p.4167-4175, Oct. 1991.

BROOM, D.M.; JOHNSON, K.G. **Stress and Animal Welfare**, London: Chapman and Hall, 1993.

CASTRO, A. G. M. Sanidade de aves na Fase final: Importância do aparelho Respiratório. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE FINAL, 1999, Campinas. **Anais**. Conferencia APINCO'99 de Ciência e Tecnologia Avícolas. Campinas: FACTA, 1999. p. 55-60.

CHANG, C. W.; CHUNG, H.; HUANG, C. F.; SU, H.J.J. **Exposure Assessment to Airborne Endotoxin, Dust, Ammonia, Hydrogen Sulfide and Carbon Dioxide in Open Style Swine Houses**. *Ann. Occup. Hyg.*, 45: 6, 2001. P. 457-465.

CHEVILLON, P. **O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e o atordoamento**. I Conferência Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. Disponível no site [www.embrapa.gov.br](http://www.embrapa.gov.br). Acessado em 15/08/2007.

CLARK, J.D., RAGER, D.R., CALPIN, J.P. Animal well-being. I. General considerations. *Lab. Anim. Sci.* 47, 564-570, 1997.

COOLEY, J. W., TUKEY, J. W., 1965 **An algorithm for the machine calculation of complex fourier series**. *Math. Comp.* 19, 297-301.

CROWELL COMUZZIE, D. K. 1993. Baboon vocalizations as measures of psychological well-being. *Lab. Prim.* Newsletter 32, 5-6.

D'EARTH, R. B. Individual aggressiveness measured in a resident-intruder test predicts the persistence of aggressive behavior and weight gain of young pigs after mixing. **Applied Animal Behavior Science**, v.77, p. 267-283, 2002.

DANTZER, R., ARNONE, M., MORMEDE, P. Effects of frustration on behavior and plasma corticosteroid levels in pigs. *Physiological Behavior*, v. 24, p.1-4, 1980.

De PASSILLÉ, A.M., RUSHEM, J., MARTIN, F. Interpreting the behavior of calves in an open-field test. A factor analysis. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45, 201-213, 1995.

DRUMMOND, J.G.; CURTIS, S.E.; SIMON, J.; HORACE, W.N. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *Journal Animal Science*, v.50, n.6, 1980. p.1085-1091.

FIALHO, F.B. **Modernização no controle da produção de suínos: zootecnia de precisão.** In: SILVA, I. J.O (Ed.). *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: FEALQ, 1999.cap.3, p.61-80.

FRASER, C.M. *El manual Merck de veterinária*.3. ed. Madrid: Centrum, 1988. 1918 p.

FRASER, D. Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures. *Applied Animal Behavior Science*. V.65 pp. 71-189, 1999.

FRASER, D. The vocalization and other behavior of growing pigs in an "open field" test. *Applied Animal Ethology, Frederiksbreg*, v.1, n.1, p.13-16, 1974.

FRASER, D. The vocalizations and other behavior of growing pigs in an "open field" test. *Appl. Anim. Ethol*, 1, 3-16, 1974.

FRASER, D.; MENCH, J.; MILLMAN, S. 2001. **Farm animals and their welfare in 2000.** In: Salem, D.J., Rowan, A.N. (Eds.), *The State of the Animals*. Humane Society Press, Gaithersburg, USA, pp. 87- 99.

FRASER, D.; RITCHIE, J.S.D.; FRASER, A.F. **The term "stress" in a veterinary context.** *Br. Vet. Journ.*, v.13, n.1, p.653-662, 1975.

GARY DARBY (2007), DELPHIFORFUN disponível em <<http://www.programmingforfun.com/Programs/oscilloscope.htm>>. Acessado em 20/03/2007.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle.** Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. 1992. 576p.

GRANDIN, T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during slaughter. *Applied Animal Behavior Science*, v.56, p.121-128. 1998.

GRAUVOGL, A. Über das Verhalten des Hausschweines unter besonderer Berücksichtigung des Fortpflanzungsverhaltens. Inaugural-Dissertation, Freie Universität, Berlin. 1958.

GUSTAFSSON, B. The health and safety of workers in a confined animal system. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.49, p.191-202, 1997.

HANNAS, M. I. **Aspectos Fisiológicos e a Produção de Suínos em Clima Quente**. In: DA SILVA, I. J. O. *Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos*. Piracicaba: FEALQ., 1999. 247p.

HARDOIM, P.C. Qualidade do Ar. In: Simpósio Internacional na Avicultura Industrial. **Anais...** Campinas, Sp. 1995. P. 89-98.

HEFFNER, R. S.; HEFFNER, H. E. **Hearing in Domestic Pig (*Sus scrofa*) and Goats (*Capra hircus*)**. *Hearing research*, 48. 1990. PP 231 - 240.

HEFFNER, R. S.; HEFFNER, H. E. Hearing ranges of Laboratory Animals. **Journal of the American Association for Laboratory Animal Science**, v. 46, n. 1. January 2007.

HOPP, S.L.; OWREN, M.J.; C.S. EVANS, 1997. **Animal Acoustic Communication: Sound Analysis and Research Methods**. Springer, Heidelberg. 1997.

HUFF, W.E.; KUBENA, L.F.; HARVEY, R.B.; DOERR, J.A. Mycotoxin interactions in poultry and swine. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p.2351-2355, 1988.

HUMES, A. F. P de C.; MELO, I. S. H. de; YOSHIDA, L. K.; MARTINS W. T. **Noções de Cálculo Numérico, Interpolação Polinomial**, capítulo 5. Edusp 1982.

HURNIK, J. F. Behavior (Chapter 13). In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Eds.). **Farm animals and the environment**. Wallingford: CAB International, 1992. pp.235-244.

HURNIK, J. F. Conceito de Bem-Estar e Conforto Animal. In: PINHEIRO MACHADO FILHO, L. C. (Coord.). I Simpósio latino-americano de bem-estar animal. Florianópolis, 6 a 8 de abril, 2000.

JAHNS G. Automatischer Ruferkenner für landwirtschaftliche Nutztiere. AFN Jahresbericht, 2002.

JAHNS, G. **Understanding Animal Vocalization**. Disponível em [www.tb.fal.de/staff/jahns/animal.htm](http://www.tb.fal.de/staff/jahns/animal.htm) . Acessado em 05/09/2004.

JENSEN, P.; ALGERS, B. An ethogram of piglet vocalizations during suckling. **Appl. Anim. Ethol.**, v. 11,p. 237-248. 1984.

JURGENS, U. Vocalization as an emotional indicator. A neuroethological study in the squirrel monkey. *Behavior* , v.69, p.88-117. 1979.

KILEY, M., The vocalisations of ungulates, their causation and function. **Z. Tierpsychol.** , v.31, p.171-222. 1972.

KILGOUR, R.; DALTON, S. *Livestock Behavior*. London, Grana, 1984.

KLINGHOLZ, F.; MEYNHARDT, H. Lautinventare der Säugetiere - diskret oder kontinuierlich. **Zeitschrift für Tierpsychologie**, v. 50, p. 250-264, 1979.

KOHONEN, T. Self-organized formation of topologically correct feature maps. **Biol.Cybern.**, v. 43, p. 59-69, 1982.

KURTZMAN, C.P.; HORN, B.W.; HESSELTINE, C.W. *Aspergillus nomius*, a new aflatoxin-producing species related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamarii*. **Antonie Leeuwenhoek**, v.53, p.147-158. 1987.

LAWRENCE, A.B., TERLOUW, E.M.C. A review of behavioral factors involved in the development and continued performance of stereotypic behaviors in pigs. *Journal of Animal Science*, v. 71, p. 2815-2825, 1993.

LE DIVIDICH, J. Performance du porc en croissance-finition en relation avec le milieu climatique. In: Journée Nationale Du Porc, 1982, Toulouse. **Anais...** 1982.p.13-14.

LE NEINDRE, P.; GUÉMÉNÉ, D. ; ARNOULD, C.; LETERRIER, C. ; FAURE, J. M.; PRUNIER, A.; MEUNIER-SALAÜN, M. C. **Space, environmental design and behaviour: Effect of space and environment on animal welfare**. Global Conference on Animal Welfare: an OIE initiative.2004. [on-line]. Disponível em <[www.oie.int/eng/Welfare\\_2004/Conference.htm](http://www.oie.int/eng/Welfare_2004/Conference.htm)>. Acesso em 24/02/2005.

LEWIS, N. J. Frustration of goal-directed behavior in swine. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 64, p. 19-29, 1999.

LEWIS, N.J., HURNIK, J.F. The development of nursing behaviour in swine. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 14, p. 225-232, 1985.

MANNING, A.; DAWKINS, M. S. An introduction to animal behaviour. 4th ed. Cambridge : Cambridge Press, 1992. 196 p.

MANTEUFFEL, G.; PUPPE, B.; SCHÖN, P.C. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. **Applied Animal Behavior Science**, London, v.88, n.1-2, p.163-182, 2004.

MANTEUFFEL, G.; SCHON, P. C. **Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls**. Bornimer: Agrartechnische Berichte Editor, 67p. 2002.

MANTEUFFEL, G.; SCHÖN, P.C.; PUPPE, B. Vocalization analysis as a tool for welfare assessment in farm animals. Where are we and where do we go? **Applied Animal Behavior Science**, v.88, p.163-182, 2004.

MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B.; VON BORELL, E. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration*, Amsterdam, v.266, n.3, p.687-698, 2003.

MARX, G.; LEPPALT, J. Zustandsdiagnose mittels numerischer Lautanalyse bei Küken (Literaturübersicht). **Arch. Geflügelk.**, v. 61, p.254-264., 1997.

MARX, G.; LEPPALT, J.; ELLENDORFF, F. Vocalisation in chicks (*Gallus gallus dom.*) during stepwise socialisolation. **Appl. Anim. Behav. Sci.** , v.75, 61-74, 2001.

Mc LEAN, J.A. The environmental needs of farm animals and their output. **Journal of J.I.H.V.E.** , v.37, 1969.

MEUNIER-SALAÜN, M.C., DANTZER, R. 1990. Pig News and Information, 11 (4), 507-514.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Portaria 3.214 de Jul. 1978. Normas Insalubres**. Brasília, 1978. [on-line]. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15/default.Asp>>. Acesso em 15 de novembro de 2001.

MINITAB RELEASE VERSION 12.1 - STATISTICAL SOFTWARE FOR Windows. MINITAB Inc., 2002.

MOBERG, G.P. (1985) Biological response to stress: key to assessment of animal well-being?, In: Animal Stress, Ed. G.P. Moberg, American Physiological Society, Bethesda, Maryland, pp 27-49.

MONGOLD, D.W.; HAZEN, T.E.; HAYS, V.W. Effect of air temperature on performance of growing-finishing swine. *ASAE* 10(3): 370-375, 1967.

MORTON, E.S. On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some birds and mammals sound. **Am. Nat.** , v.111, p.855-869, 1977.

MOUNT, J. The assessment of thermal environment in relation to pig production. *Livestock Production Science*, v.2,p.381-392, 1975.

MULLIGAN, B. E.; BAKER, S. C.; MURPHY, M. R. Vocalizations as indicators of emotional stress and psychological well being in animals. **Anim. Welfare Inform. Center Newsletter** , v.5, p. 3-4, 1994.

MUNDRY, R.; SOMMER, C. Tonal vocalizations in a noisy environment: an approach to their semi-automatic analysis and examples of its application. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2004) 76(2): 284-288 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences). Disponível em <http://www.scielo.br/aabc>. Data de acesso 10/12/2007.

MUÑOZ, L. A. **Algunas consideraciones sobre los conceptos de bienestar en la especie porcina**. [on line] Disponível no site < <http://www.portalveterinaria.com> >. Acesso em 20/10/2004.



NADER, A. S.; BARACHO, M. S.; NÄÄS, I. A.; SAMPAIO, C. A. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação a presença de gases e fungos) em creches de suínos. Seminário de Poluentes Aéreos, **Caderno de resumo...**, Campinas, 2002. 49-56.

NICS (Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora da UNICAMP). **A percepção da Intensidade Sonora**. Disponível em: <<http://www.nics.unicamp.br>>. Acessado em janeiro de 2007.

NOLL, A.M., Short-time spectrum and “cepstrum” techniques for vocal-pitch detection. J. Acoust. Soc. Am. 36, 296-302, 1964.

NORMA REGULAMENTADORA. NBR 10.152: **Acústica: Avaliação do ruído ambiente em recintos de edificações visando o conforto dos usuários**. 1987.

NORMA REGULAMENTADORA. NR - 15: **Atividades e Operações Insalubres**. Disponível em <http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15>. Acessado em janeiro de 2007.

OLIVEIRA, P. A. DE; LIMA, G. J. M. M. DE; FAVERO, J. A.; BRITO, J. R. F. **Suinocultura: Noções Básicas**. Concórdia: Embrapa - Cnpsa. 1993. 37p. Documento 31.

OSWEILER, G.D. MYCOTOXINS. In: LEMAN, A.D., STRAW, B.E.; MENGELING, W.L.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D.J. **Diseases of Swine**, 7. Ed., The Iowa State University Press, 1993. P. 735-743.

OWREN, M.J., BERNACKI, R.H. Applying linear predictive coding (LPC) to frequency-spectrum analysis of animal acoustic signals. In: Hopp S.L., Owren M.J., Evans C.S. (Eds.), **Animal Acoustic Communication: Sound Analysis and Research Methods**. Springer, Heidelberg, pp. 129-162, 1997.

PERDOMO, C.C., LIMA, G.J.M.M., NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: ANAIS DO 9<sup>o</sup> SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, Gramado, 2001. p. 11-17. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/>. Acesso em 02 dez 2002.

PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. **Farm Animals and the Environment**. Cambridge University, 1992, 430p.

PIFFER, I.A.; PERDOMO, C.C.; SOBESTIANSSKY, J. **Efeitos de fatores ambientais na ocorrência de doenças**. In: SOBESTIANSSKY, J.; WENTZ, I.; SESTI, L.C. **Suinocultura Intensiva**. Concórdia Embrapa., 1998. p. 261.

PINHEIRO MACHADO, L. C. Os suínos. Porto Alegre: A Granja, 1967. 622 p.

PINHEIRO, D.C.; COLAFEMINA, J.F.; NETTO, A.A.T.C.; ALVES, M.L.R. Perda auditiva induzida por ruído em pacientes com doenças sistêmicas. CONGRESSO BRASILEIRO DE OTORRINOLARINGOLOGIA, 34. **Anais...** Porto Alegre, RS. 1998.

PIVA,G.; SANTI, E. **Le icotossine nei manginmi. Selezione Veterinaria**, v3, p 323-338.1982.

PONTECORVO, G.; ROPER, J.A; HEMMONS, D.W; MACDONALD, K.D.;BUFTON, A.W. The genetics of *Aspergillus nidulans*. **Advances in Genetics**, v.5, p. 141-238.1953.

PORTO, M.A.; PORTO, A.G. Trabalho em ambiente confinado. Artigo técnico. In: CONBEA, XXVIII, 1999, Pelotas. **Anais ... Pelotas**: SBEA, 1999.

PUPPE, B.; SCHON, P.C.; TUCHSCHERER, A.; G. MANTEUFFEL. Castration-Induced Vocalisation in Domestic Piglets, *Sus Scrofa*: Complex and Specific Alterations of The Vocal Quality. **Applied Animal Behavior Science** , v.95, p. 67-78, 2005.

RIEDE, T., HERZEL, H., HAMMERSCHMIDT, K., BRUNNBERG, L., TEMBROCK, G. The harmonic-to-noise ratio applied to dog barks. *J. Acoust. Soc. Am.* 110, 2191-2197, 2001.  
ROADS, C., **The Computer Music Tutorial**, 15 ed. Massachusetts, Mit Press. 1996.

ROLLIN, Bernard E. Farm animal welfare : social, bioethical, and research issues. Ames : Iowa State University Press, 1995. 168 p.

ROMANINI, C. E. B.; NÄÄS, I. A. Determinação da influência do ambiente nos níveis de ruídos em dois tipos de creche de suínos In: Congresso Interno de Iniciação Científica, 11, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, Pró-Reitoria de Pesquisa, 2003, v.1, p.160-160.

ROSENBLATT, F. 1962. **Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms**. Spartan Books, Washington D.C.

SAMPAIO, C. A. de P.; NAAS, I. A.; SALGADO, D. D. et al. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. vol. 11, no. 4, 2007.

SAMPAIO, C. A. **Caracterização dos ambientes termico, aereo e acustico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação**. 130p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SAMPAIO, C. A.; NÄÄS, I. A.; NADER, A S. **Interrelações do conforto térmico, dos níveis de ruídos e da qualidade do ar na produção de suínos - creche e terminação**. Seminário de Poluentes Aéreos, Caderno de Resumo,Campinas, 2002, 49-56.

SCHÖN, P.C., PUPPE, B., MANTEUFFEL, G. Linear prediction coding analysis and self-organizing feature maps tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*). *J. Acoust. Soc. Am.* 110, 1425-1431, 2001.

SCHON, P.C.; PUPPE, B.; MANTEUFFEL, G. Automated recording of stress vocalisations as a tool to document impaired welfare in pigs. **Animal Welfare** , v.13, p.105-110, 2004.

SCHÖN, P.C.; PUPPE, B.; MANTEUFFEL, G. Linear prediction coding analysis and self-organizing feature map as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*). **J. Acoust. Soc. Am.** , v. 110, n. 3, p.1425-1431, 2001.

SCHRADER, L.; ROHN, C. 1997. Lautäußerungen von Hausschweinen als Indikator für Stressreaktionen, *Landbauforsch.* **Volkenrode** , v.47, p. 89 - 95, 1997.

SCHRADER, L.; TODT, D. Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Ethology* **104** (1998), pp. 859-876.

SEABROOK, M. F.; BARTLE, N. C. Human factors (Chapter 7). In : PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Eds.). *Farm animals and the environment*. Wallingford : CAB International, 1992. pp. 111-125.

SEAMER, J.H. 1998. Human stewardship and animal welfare. **App. Anim. Behav. Sci.**, v. 59:201-205.

SILVA, I. J. O. **Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente-climatização**. In: *Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos*. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 81-111.

SILVA, K. O.; NAAS, I. A., TOLON, Y. B. et al. Medidas do ambiente acústico em creche de suínos. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, vol. 11, no. 3, 2007.

TALLING, J. C.; LINES, J. A.; WATHES, C. M.; WARAN, N. K. The acoustic environment of the domestic pig. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.71, p.1-12. 1998.

TALLING, J. C.; WARAN, N. K.; WATHES, C. M.; LINES, J. A. Behavioural and physiological responses of pigs to sound. **Applied Animal Behaviour Science**, Londres, v.48, p.187-202, 1996.

THOMPSON, P.B., 1997. **The varieties of sustainability in livestock farming**. Proceedings of the fourth International Symposium on Livestock Farming Systems, EAAP Publication vol. 89.

TIMBERLAKE, W. 1997. An animal-centered, causal-system approach to the understanding and control of behavior. **Appl. Anim. Behav. Sci.** V.53:107-129.

TOKUDA, I., RIEDE, T., NEUBAUER, J., OWREN, M.J., HERZEL, H., 2002. Nonlinear analysis of irregular animal vocalizations. *J. Acoust. Soc. Am.* 111, 2908-2919.

VAN DER HEL, W.; VERSTERGEN, M.W.A.; PIJLS, L.; VAN KAMPEN, M. Effect of two day temperature exposure of neonatal broiler chicks on growth performance and body

composition during two weeks at normal conditions. **Poultry Science**. v.71, p. 2014-2021, 1992.

VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. **Applied Animal Behavior Science** , v.44, p.219-227, 1995.

VON BORELL, E., LADEWIG, J. Relationship between behaviour and adrenocortical response pattern in domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 34, 195-206, 1992.

WEARY, D. M.; APPLEBY, M. C.; FRASER, D. Responses of piglets to early separation from the sow. **Applied Animal Behaviour Science**, Londres, v.63, n.4, p.289-300, 1999.

WEARY, D. M.; FRASER, D. Calling by domestic piglets: Reliable signals of need. **Animal Behavior**, v.50, p.1047-1055, 1995.

WEARY, D.M.; FRASER, D. 1997. Vocal response of piglet to weaning: effect of piglet age. **Appl. Anim. Behav. Sci.** v. 54 (2-3):156-160.

WEBSTER, A.J.F. What use is science to animal welfare? *Naturwissenschaften* 85, 262-269, 1998.

WHITE, R.G., DESHAZER, J. A., TRESSLER, C.J., BORCHER, G.M., DAVEY, S., WANINGE, A., PARKHURST, A.M., MILANUK, M.J., CLEMENS, E.T., 1995. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *J. Anim. Sci.* 73, 381-386.

XIN, H., DESHAZER, J.A., LEGER, D.W. Pig vocalizations under selected husbandry practices. *Trans. ASAE* 32, 2181-2184, 1989.