

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO MÍNIMA NO AMBIENTE
TÉRMICO E AÉREO NA FASE DE AQUECIMENTO PARA
FRANGOS DE CORTE**

THAYLA MORANDI RIDOLFI DE CARVALHO

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO MÍNIMA NO AMBIENTE
TÉRMICO E AÉREO NA FASE DE AQUECIMENTO PARA
FRANGOS DE CORTE**

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

THAYLA MORANDI RIDOLFI DE CARVALHO
Orientador: Prof^a. Dr^a. Daniella Jorge de Moura
Co-Orientação: Prof. Dr. Zigomar Menezes de Souza

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2010

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

C253i Carvalho, Thayla Morandi Ridolfi de
Influência da ventilação mínima no ambiente térmico
e aéreo na fase de aquecimento para frangos de corte /
Thayla Morandi Ridolfi de Carvalho. --Campinas, SP:
[s.n.], 2010.

Orientadores: Daniella Jorge de Moura, Zigomar
Menezes de Souza.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Frango de corte. 2. Conforto térmico. 3.
Geoestatística. 4. Ar - Qualidade. 5. Ventilação. 1.
Moura, Daniella Jorge de. II. Souza, Zigomar Menezes
de. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade
de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Effect of minimum ventilation on thermal and aerial environment on
broiler brooding phase

Palavras-chave em Inglês: Broiler, Thermal comfort, Geostatistical, Air quality,
Ventilation

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Danilo Florentino Pereira, Luiz Henrique Antunes Rodrigues

Data da defesa: 25/02/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

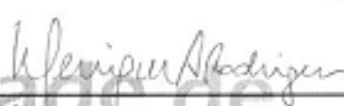
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Thayla Morandi Ridolfi de Carvalho**, aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de fevereiro de 2010, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr^a. Daniella Jorge de Moura – Presidente e Orientadora
Feagri/Unicamp



Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira – Membro Titular
Unesp



Prof. Dr. Luiz Henrique Antunes Rodrigues - Membro Titular
Feagri/Unicamp

“O fim não existe quando você tem por dentro a certeza de recomeçar... Que sejamos livres para sermos o que somos e que sejamos muito mais do que sonhamos.”

AGRADECIMENTOS

À Deus por me iluminar em toda esta trajetória.

À minha família pelo apoio, paciência, força e incentivo para eu seguir a carreira acadêmica e em toda esta caminhada.

À Prof^a Dr^a Daniella Jorge de Moura pela orientação, amizade, sabedoria, confiança e principalmente por ser meu exemplo e incentivo a seguir a área acadêmica.

À Prof^a Dr^a Irenilza de Alencar Nääs pela sabedoria, orientação e exemplo em sua área de atuação.

Aos Prof. Dr. Luiz Henrique Antunes Rodrigues e Prof. Dr. Zigomar Menezes Souza pela orientação, amizade e auxílio à análise dos dados.

À todas as pessoas, sem exceção, as quais me acompanharam ao longo de todas as coletas de dados no campo e em congressos, pois sem eles não seria possível a realização desta dissertação.

Ao Laboratório de Ambiência e Conforto Térmico por todo o auxílio.

Ao Laboratório de Secagem pela autorização para elaboração das análises das camas de frango e em especial à Rosa e a Rosália.

Ao pessoal do Laboratório de Solos pela ajuda e amizade.

À secretaria de pós-graduação e a de graduação pela administração.

Aos proprietários dos aviários que permitiram a realização deste estudo, em especial à Sra Estela e seu marido Sr. Walter Marquetti, bem como o Sr. Annichino.

Aos órgãos CNPq, pela bolsa de apoio e FAPESP, pelo financiamento deste projeto.

À Feagri, professores e funcionários por toda minha formação e dedicação.

SUMÁRIO

EPÍGRAFE.....	III
AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMO.....	XIV
ABSTRACT.....	XVI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. <i>Objetivo Geral</i>	3
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. BEM-ESTAR ANIMAL.....	4
2.2. PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS	5
2.2.1. <i>Mortalidade</i>	5
2.2.2. <i>Condenações na carne de frango</i>	5
2.2.3. <i>Densidade das Aves</i>	5
2.3. CONFORTO TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE AVES.....	6
2.4. VENTILAÇÃO	8
2.4.1. <i>Ventilação Natural</i>	9
2.4.2. <i>Ventilação Mínima</i>	10
2.5. AQUECIMENTO	15
2.6. QUALIDADE DO AR	16
2.6.1. <i>Amônia</i>	17
2.6.2. <i>Dióxido de Carbono</i>	19
2.7. QUALIDADE DA CAMA	20
2.8. CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO AVÍCOLA.....	21
2.9. MINERAÇÃO DE DADOS	22
2.10. GEOESTATÍSTICA	26
2.11. TERMOGRAFIA	28
3. METODOLOGIA	29
3.1. DESCRIÇÃO DOS AVIÁRIOS	29
3.1.1. <i>Tratamento 1: Exaustores + manejo de cortinas no fundo do aviário</i>	30
3.1.2. <i>Tratamento 2: Exaustores + manejo de cortinas laterais</i>	31
3.1.3. <i>Tratamento 3: Exaustores + válvula</i>	32
3.1.4. <i>Tratamento 4: Manejo das cortinas laterais</i>	33
3.2. MONITORAMENTO CLIMÁTICO.....	34
3.2.1. <i>Ambiente Interno dos Aviários</i>	34
3.3. MONITORAMENTO DA AMBIÊNCIA AÉREA	36
3.3.1. <i>Concentração dos Gases NH₃ e CO₂ no Ambiente Interno</i>	36
3.4. MONITORAMENTO DO AMBIENTE EXTERNO	36
3.5. CÁLCULO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO	37
3.6. MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DA CAMA.....	37
3.6.1. <i>Umidade da cama</i>	38
3.6.2. <i>Temperatura superficial da cama</i>	39
3.6.3. <i>pH da cama</i>	40
3.7. CONSUMO DE ÁGUA	40
3.8. MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE.....	41
3.9. PRECISÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	42
3.10. ANÁLISE DOS DADOS	43

3.11. AJUSTE DAS VARIÁVEIS DE TEMPERATURA DE BULBO SECO E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	44
3.11.1. <i>Análise estatística</i>	45
3.11.2. <i>Mineração de Dados</i>	46
3.11.2.1. <i>Entendimento do domínio</i>	47
3.11.2.2. <i>Entendimento dos Dados</i>	47
3.11.2.3. <i>Preparação dos Dados</i>	47
3.11.2.4. <i>Seleção de Atributos e Registros</i>	47
3.11.2.5. <i>Transformação e Limpeza dos Dados</i>	48
3.11.2.6. <i>Dificuldades encontradas</i>	50
3.11.2.7. <i>Modelagem</i>	51
3.11.2.8. <i>Avaliação</i>	52
3.11.3. <i>Geostatística</i>	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	54
4.1.1. <i>Dados correspondentes à aves de 1 dia de idade</i>	54
4.1.1.1. <i>Horário das 9h00min na condição de inverno</i>	54
4.1.1.2. <i>Horário das 17h00min na condição de inverno</i>	58
4.1.1.3. <i>Horário das 9h00min na condição de verão</i>	60
4.1.1.4. <i>Horário das 21h00min na condição de verão</i>	61
4.1.2. <i>Dados correspondentes à aves de 7 dias de idade</i>	63
4.1.2.1. <i>Horário das 9h00min na condição de inverno</i>	63
4.1.2.2. <i>Horário das 17h00min na condição de inverno</i>	65
4.1.2.3. <i>Horário das 9h00min na condição de verão</i>	67
4.1.2.4. <i>Horário das 21h00min na condição de verão</i>	68
4.1.3. <i>Aves com 14 dias de Idade</i>	70
4.1.3.1. <i>Horário das 9h00min na condição de inverno</i>	70
4.1.3.2. <i>Horário das 17h00min na condição de Inverno</i>	72
4.1.3.3. <i>Horário das 9h00min na condição de verão</i>	74
4.1.3.4. <i>Horário das 21h00min na condição de verão</i>	76
4.2. MINERAÇÃO DE DADOS	77
4.2.1. <i>Árvore de Decisão para o Tratamento 1</i>	77
4.2.2. <i>Árvore de Decisão para o Tratamento 2</i>	80
4.2.3. <i>Árvore de Decisão para o Tratamento 3</i>	83
4.2.4. <i>Árvore de Decisão para o Tratamento 4</i>	86
4.3. ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS DADOS	89
4.3.1. <i>Dados referentes ao primeiro dia de idade das aves às 9h00min</i>	89
4.3.2. <i>Dados referentes ao primeiro dia de idade das aves às 17h00min</i>	93
4.3.3. <i>Dados referentes ao sétimo dia de idade das aves às 9h00min</i>	97
4.3.4. <i>Dados referentes ao sétimo dia de idade das aves às 17h00min</i>	101
4.3.5. <i>Dados referentes ao décimo quarto dia de idade das aves às 9h00min</i>	104
4.3.6. <i>Dados referentes ao décimo quarto dia de idade das aves às 17h00min</i>	108
4.3.7. <i>Mapeamentos das condições do ambiente térmico e aéreo para os 4 tratamentos</i>	112
5. CONCLUSÃO.....	126
REFERÊNCIAS	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de funcionamento da ventilação mínima através da chaminé. Adaptado de Cobb, 2008.	11
Figura 2. Sistema de ventilação mínima através de canhões de ar. (a) funcionamento dos canhões e (b) canhões instalados no pinteiro. Adaptado de Cobb, 2008.....	12
Figura 3. Sistema de ventilação mínima através do manejo de cortina. (a) esquema da entrada de ar, (b) manejo de cortinas. Adaptado de Cobb, 2008.....	13
Figura 4. Sistema de ventilação mínima do tipo <i>inlet</i>	13
Figura 5. Sistema de ventilação mínima utilizando válvulas. (a) seu funcionamento e (b) utilização no campo.	14
Figura 6. Sistema de ventilação utilizando exaustores.	14
Figura 7. Campânulas a gás para produção de frangos de corte.....	15
Figura 8. Aquecedores à lenha para frangos de corte.	16
Figura 9. Comportamento das aves ao longo do tempo em relação às concentrações de CO ₂ (GERRITZEN et al., 2006) – CO ₂ – concentração de dióxido de carbono.	20
Figura 10. Hierarquia do aprendizado.	23
Figura 11. Exemplificação de uma árvore de decisão qualquer.	23
Figura 12. Aviário com entrada de ar na face oposta aos exaustores para ventilação mínima. (a) pinteiro, (b) vista externa ao aviário e (c) entrada de ar nos fundos.....	31
Figura 13. Aviário de pressão negativa com entrada de ar lateral para ventilação mínima. (a) pinteiro, (b) vista externa ao aviário e (c) entrada de ar lateral.	32
Figura 14. Aviário Dark House de pressão negativa com entrada de ar lateral e na face oposta aos exaustores para ventilação mínima. (a) pinteiro, (b) vista externa ao aviário e (c) entrada de ar nos fundos e nas laterais.	33
Figura 15. Aviário com sistema de ventilação mínima através do manejo de cortinas. (a) pinteiro, (b) vista externa ao aviário e (c) vista interna do aviário.....	34
Figura 16. Equipamento THDL 400, da marca Instrutherm®.....	35
Figura 17. Anemômetro de fio quente Velocicalc® da marca TSI™.	35
Figura 18. Distribuição dos pontos onde foram coletados as variáveis climáticas e concentração de gases para análise geoestatística.	35
Figura 19. Equipamento Gasalertmicro 5, BW Technologies®.	36
Figura 20. Estação meteorológica, Hobo®.	37
Figura 21. Estufa de secagem e esterilização modelo 320-SE, circulação mecânica, Fanem®.	38
Figura 22. Cadinhos de alumínio, dimensões de 0,05m de diâmetro por 0,07 m de altura.....	38
Figura 23. Balança eletrônica modelo HR-200, AND® com capacidade de 210g.	39
Figura 24. Termômetro de superfície, Omegascope®, do Modelo 05520 series.	39

Figura 25. Ph-metro digital.....	40
Figura 27. Câmera de infravermelho – Teste 880.	41
Figura 1. Higrômetro Delta® para monitorar o consumo de água.....	40
Figura 28. Metodologia para capturar as imagens termográficas.....	42
Figura 29. Ajuste das variáveis climáticas.	45
Figura 30. Metodologia crisp-dm – <i>Cross-industry standard process for data mining</i> proposta por Chapman et al., 2000.....	46
Figura 31. Árvore de decisão binária para avaliação do manejo da ventilação mínima do tratamento 1, binarysplits=true, minnumobj=36.	79
Figura 32. Árvore de decisão binária para avaliação do manejo da ventilação mínima do tratamento 2, binarysplits=false, minnumobj=30.....	82
Figura 33. Árvore de decisão para avaliação do manejo da ventilação mínima do tratamento 3, binarysplits=false, minnumobj=85.	84
Figura 34. Árvore de decisão para avaliação do manejo da ventilação mínima do tratamento 4, binarysplits=true, minnumobj=70.	87
Figura 35. Alocação dos sistemas de ventilação mínima para: (a) tratamentos 1, (b) tratamento 2, (c) tratamento 3 e (d) tratamento 4.	113
Figura 36. Mapas de krigagem para a variável de temperatura de bulbo seco para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	113
Figura 37. Mapas de krigagem para a variável de temperatura de bulbo seco para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	114
Figura 38. Mapas de krigagem para a variável de temperatura de bulbo seco para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	115
Figura 40. Galpão relativo ao tratamento 3 (a) imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 17h00min.....	116
Figura 41. Galpão relativo ao tratamento 4 (a) imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 9h00min.....	116
Figura 42. Galpão relativo ao tratamento 4 (a) imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 17h00min.....	117
Figura 43. Mapas de krigagem para a variável de umidade relativa para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	118
Figura 44. Mapas de krigagem para a variável de umidade relativa para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	118

Figura 45. Mapas de krigagem para a variável de umidade relativa para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	119
Figura 46. Mapas de krigagem para a variável de velocidade do ar para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	120
Figura 47. Mapas de krigagem para a variável de velocidade do ar para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	120
Figura 48. Mapas de krigagem para a variável de velocidade do ar para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	121
Figura 49. Mapas de krigagem para a variável de concentração de dióxido de carbono para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	121
Figura 50. Mapas de krigagem para a variável de concentração de dióxido de carbono para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	122
Figura 51. Mapas de krigagem para a variável de concentração de dióxido de carbono para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	123
Figura 52. Galpão relativo ao tratamento 4 (a) imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 1 dia de idade às 17h00min.	123
Figura 53. Mapas de krigagem para a variável de concentração de amônia para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	124
Figura 54. Mapas de krigagem para a variável de concentração de amônia para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	124
Figura 55. Mapas de krigagem para a variável de concentração de amônia para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de conforto térmico entre temperatura de bulbo seco [°c], umidade relativa [%] e idade [dias] para frangos de corte em fase de aquecimento (GRANJA PLANALTO, 2006).....	8
Tabela 2. Temperatura <i>versus</i> umidade relativa para cada idade das aves (Cobb, 2008).....	8
Tabela 3. Parâmetros de qualidade do ar (MANNING et al., 2007a).....	17
Tabela 4. Critérios de avaliação do ambiente aéreo pelo Globalgap (2007).	17
Tabela 5. Matriz confusão para o cálculo da acurácia das classes e precisão dos modelos para classificação binária.....	24
Tabela 6. Matriz de contingência de uma regra $A \rightarrow C$	25
Tabela 7. Descrição dos aviários para os quatro tratamentos.	30
Tabela 8. Variação das dimensões do pinteiro ao longo das duas semanas.....	36
Tabela 9. Listagem dos equipamentos utilizados para a coleta das variáveis e suas respectivas precisões.	43
Tabela 10. Divisão das variáveis para cada análise dos dados.	44
tabela 11. Atributos finais dos bancos de dados dos diferentes sistemas de ventilação mínima.	48
Tabela 12. Intervalo das variáveis coletadas para adequação, classificados binariamente como 1 caso estivesse adequados e 0 caso estivessem inadequados.....	50
Tabela 13. Dados referentes à estação de inverno para aves de 1 dia de idade no horário das 9h00min.	55
Tabela 14. Condições climáticas externas aos galpões para o horário das 9h00min.....	56
Tabela 15. Dados referentes à estação de inverno para aves de 1 dia de idade no horário das 17h00min.	58
Tabela 16. Condições climáticas externas aos galpões às 17h00min.	59
Tabela 17. Dados referentes à estação de verão para aves de 1 dia de idade no horário das 9h00min.	60
Tabela 18. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.	61
Tabela 19. Dados referentes à estação de verão para aves de 1 dia de idade no horário das 21h00min.	62
Tabela 20. Condições climáticas externas aos galpões às 21h00min.	62
Tabela 21. Dados referentes à estação de inverno para aves de 7 dias de idade no horário das 9h00min.	63
Tabela 22. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.	64
Tabela 23. Dados referentes à estação de inverno para aves de 7 dias de idade no horário das 17h00min.	65

Tabela 24. Condições climáticas externas aos galpões às 17h00min.	66
Tabela 25. Dados referentes à estação de verão para aves de 7 dias de idade no horário das 9h00min.	67
Tabela 26. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.	68
Tabela 27. Dados referentes à estação de verão para aves de 7 dias de idade no horário das 21h00min.	69
Tabela 28. Condições climáticas externas aos galpões às 21h00min.	69
Tabela 29. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 9h00min.	70
tabela 30. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.	71
Tabela 31. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 17h00min.	73
Tabela 32. Condições climáticas externas aos galpões às 17h00min.	73
Tabela 33. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 9h00min.	74
tabela 34. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.	75
Tabela 35. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 21h00min.	76
Tabela 36. Condições climáticas externas aos galpões.	76
Tabela 37. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 31.	79
Tabela 38. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 31.	79
Tabela 39. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 31 e avaliação de cada regra individualmente.	80
Tabela 40. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 32.	82
Tabela 41. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 32.	82
Tabela 42. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 32 e avaliação de cada regra individualmente.	83
Tabela 43. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 33.	85
Tabela 44. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 33.	85
Tabela 45. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 33 e avaliação de cada regra individualmente.	86
Tabela 46. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 34.	88
Tabela 47. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 34.	88
Tabela 48. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 34 e avaliação de cada regra individualmente.	88
Tabela 49. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes	

tratamentos da ventilação mínima.	91
Tabela 50. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	93
Tabela 51. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	95
Tabela 52. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	97
Tabela 53. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	99
Tabela 54. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	100
Tabela 55. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	102
Tabela 56. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	104
Tabela 57. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	106
Tabela 58. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	108
Tabela 59. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	110
Tabela 60. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.	112

RESUMO

Há muitos parâmetros a serem considerados em relação à qualidade do ar nas granjas industriais e aos sistemas de ventilação utilizados. Quando as aves estão em sua fase inicial de criação, sob condições de aquecimento, há necessidade de renovação do ar através da ventilação mínima, porém, sem causar efeito de resfriamento às aves. O estudo da quantidade de gases produzida e contida no interior dos aviários é um indicativo de bem-estar, saúde e produtividade das aves, bem como garantia da sustentabilidade ambiental da cadeia. Os gases nocivos mais produzidos nos galpões são a amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2). O objetivo deste trabalho foi de avaliar a influência de diferentes tratamentos da ventilação mínima - válvulas, exaustores e manejo de cortinas, em frangos de corte visando à adequação das variáveis climáticas (temperatura, umidade, velocidade do vento, luminosidade) e gases (NH_3 , e CO_2) na fase de aquecimento. Este trabalho foi desenvolvido em 4 aviários de frangos de corte utilizando diferentes sistemas de ventilação mínima, contendo aves em fase inicial da linhagem Cobb, ou seja, com 1, 7 e 14 dias de idade. Os diferentes sistemas de ventilação mínima, considerados tratamentos foram: Tratamento 1: Exaustores + manejo de cortinas no fundo do aviário; Tratamento 2: Exaustores + manejo de cortinas laterais; Tratamento 3: Exaustores + válvula e Tratamento 4: Ventilação natural com manejo das cortinas laterais. Foram avaliadas as variáveis de temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa do ar, luminosidade, velocidade do ar, concentração de dióxido de carbono, concentração de amônia, umidade da cama de frango, temperatura superficial da cama de frango e pH da cama de frango durante o inverno de 2008, para os Tratamentos 1 e 2, e no verão e inverno de 2009 para os Tratamentos 3 e 4. As coletas foram realizadas em quatro horários distintos, às 9h00min, 14h00min, 17h00min e 21h00min em 80 pontos eqüidistantes no interior de cada galpão. Os dados foram avaliados pelo teste de comparação de médias de Tukey, utilizando mineração de dados, geoestatística e termografia. Observou-se que a eficiência do sistema de ventilação mínima utilizado é função do volume de ar renovado. Desta forma galpões do tipo *Dark House* e largos (22,0 m) tendem a apresentar maior concentração de gases e a concentrar mais a umidade relativa do ar. Por outro lado, a velocidade do ar apresentou uma alta variabilidade na análise geoestatística indicando um controle insatisfatório em todos os sistemas de ventilação mínima estudados, independentemente do uso ou não de exaustores. Os resultados permitiram concluir que o sistema utilizado de ventilação mínima influencia

fortemente no conforto térmico, na qualidade do ar, na qualidade da cama na fase de aquecimento. A partir deste trabalho foi possível afirmar que o Tratamento 2 foi o mais eficiente em relação à renovação do ar e qualidade da cama de frango.

Palavras-chave: conforto térmico, frangos de corte, geoestatística, qualidade do ar, ventilação de inverno.

ABSTRACT

There are a lot of important variables to improve the air quality on broiler production on ventilation studies. On the first phase, the chicks need supplemental heat and air renewal through a minimal ventilation system. The air quality study is an important factor to monitor the broilers welfare, health and yield, as far as the sustainability of the overall production.

The hazard gases produced on broilers houses are ammonia (NH_3) and carbon dioxide (CO_2). The objective of this research was to evaluate the influence of different types of minimum ventilation such as “flag” system, exhaust fans and side curtains management on broilers brooding phase (1 to 14 days old). The research was carried out on 4 broiler houses using different minimum ventilation systems. The different treatments were: Treatment 1: Exhaust fans + curtains management on the end of the house; Treatment 2: Exhaust fans + side curtains management; Treatment 3: Exhaust fans + “flag system” and Treatment 4: side curtains management. The climatic variables evaluated were dry bulb temperature, relative humidity, light intensity, and air velocity, such as the CO_2 and NH_3 concentration. Litter quality was also evaluated by the humidity, pH and surface temperature during 2008 winter and 2009 winter and summer. Data were collected at 1, 7 and 14 days old at 9 AM, 2 PM, 5 PM and 9 PM in 80 equidistant points. The data were evaluated by the classical statistics using Tukey test, data mining, geostatistical tests and thermograph. It was observed that the efficiency of the minimum ventilation system is a function of the air flow changes, so, the “flag” system in Dark Houses (T3) and the T1 (Larger building, 22,00 m) presented the greatest gas and humidity concentration. On the other hand, the air velocity presented a higher variability on geostatistics analyses which indicate a poor control in all of the minimum ventilation systems, using or not the exhaust system. The results may conclude that the minimum ventilation system have great influence on the chicks thermal comfort, air and litter quality. The results indicated that treatment 2 was better than other in relation the litter quality and air renovation.

Keywords: air quality, geostatistical, poultry, thermal comfort, winter ventilation

1. INTRODUÇÃO

Segundo pesquisa feita pela Revista Portuária (2009), o Brasil, que já é o maior exportador, será a maior avicultura do planeta, o que atualmente responde por 41,00 % do mercado mundial de frango e fornece carne de aves para mais de 160 países. Previsões da ABEF afirmam que nos próximos anos o consumo de alimento cárneo que mais aumentará no mundo será a de carne de frango em 24,00 %, já o consumo de carne de suínos aumentará em 22,00 %, de ovinos em 20,00 % e de bovinos em 18,00 %.

Neste contexto, torna-se cada vez mais necessário o estudo elaborado sobre as condições onde as aves estão inseridas, com o enfoque de melhorar a qualidade do ambiente aéreo e as condições climáticas no interior dos aviários. O equilíbrio entre o bem-estar das aves e o ambiente é o que garantirá bons resultados zootécnicos, tais como: baixa mortalidade (menor que 5,00 % segundo a ACP (2006)) e incidência de enfermidades, alto desempenho do lote, viabilidade de produção, melhor conversão alimentar e ganho de peso.

O estudo da quantidade de gases produzida e contida no interior dos aviários é um indicativo de bem-estar, saúde e produtividade das aves, bem como garantia da sustentabilidade ambiental da cadeia. Os gases nocivos mais produzidos nos galpões são a amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO). Um bom manejo do sistema de ventilação no verão (natural, positiva e/ou negativa) e no inverno (ventilação mínima negativa e/ou positiva) é imprescindível para a troca do ar e manutenção das variáveis climáticas.

Há muitos parâmetros a serem considerados em relação à qualidade do ar nas granjas industriais e aos sistemas de ventilação utilizados. No verão, e no decorrer do crescimento do lote, há necessidade de se utilizar a ventilação máxima para retirar o excesso de calor dos aviários e, assim, evitar perdas produtivas e possíveis óbitos causados por elevadas temperaturas. Já no inverno e/ou quando as aves estão em sua fase inicial de criação há necessidade de renovação do ar através da ventilação mínima, porém, sem causar efeito de resfriamento às aves.

A cama, sobre a qual as aves são criadas, deve apresentar boas condições de umidade, ou seja, não ultrapassar o valor de 35% para impedir o emplastramento (ALMEIDA, 1986), auxiliando na absorção da umidade presente nos dejetos das aves, bem como evitar o desenvolvimento de insetos e de microorganismos que metabolizam o ácido úrico presente nos

dejetos, produzindo grande quantidade de NH_3 . A manutenção da temperatura ideal no ambiente também é importante para evitar o excesso de fermentação dos dejetos que tende a aumentar com altas temperaturas (MANNING, 2007a).

A produção intensiva de frangos de corte em altas densidades de alojamento restringe o comportamento natural das aves. A fermentação dos dejetos presentes na cama e a falta de critério na renovação do ar causam a produção excessiva de NH_3 no ambiente, provocando problemas sanitários, tais como: problemas locomotores, ascite, calo nas patas, queimaduras e infecções.

No caso da NH_3 , a recomendação máxima de concentração para o interior dos aviários é de 20 ppm (CIGR, 1994). Quando a quantidade de NH_3 inalada é superior a 60 ppm, a ave fica predisposta a doenças respiratórias e quando a concentração no ambiente atinge 100 ppm, há redução da taxa e volume da respiração, prejudicando o processo fisiológico das trocas gasosas. Esses níveis altos de NH_3 (entre 60 e 100 ppm) podem ser observados no início da criação do lote, em aviários que estão reutilizando a cama (GONZÁLES e SALDANHA, 2001).

Segundo Ross (1999), a concentração de CO_2 deve ser menor que 3000 ppm para não prejudicar o desenvolvimento das aves, já para IPPC BREEF (2003), a concentração deve estar entre 2000 e 3000 ppm, enquanto que CIGR (1994) indica que o CO_2 deve apresentar concentração máxima de 3000 ppm. No processo produtivo Gerritzen et al. (2006) investigaram os efeitos do lento aumento nas concentrações de CO_2 (0 % a 45 %) sobre o comportamento de frangos de corte, matrizes, patos e perus, para determinar os prejuízos no bem-estar das aves. Dentre as consequências das altas concentrações de CO_2 são destacadas a falta de ar, a ativação do sistema de alerta fisiológico, a hiperventilação e a irritação da mucosa nasal (RAJ e GREGORY, 1995).

A hipótese do presente estudo é que um sistema de ventilação mínima, adequado para aves em fase de aquecimento, é capaz de retirar o excesso de umidade e gases nocivos mantendo a temperatura ideal e a qualidade da cama de frango. Outra hipótese do trabalho é que utilizando as técnicas da termografia, mineração de dados e geoestatística é possível avaliar mais precisamente o ambiente gerado nos pinteiros de aquecimento por diferentes sistemas de ventilação mínima.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes sistemas de ventilação mínima visando à adequação das variáveis do ambiente térmico e aéreo, na fase de aquecimento de frangos de corte.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Monitorar o ambiente térmico (temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do ar e luminosidade), em aviários equipados com diferentes sistemas de ventilação mínima;
- Monitorar as concentrações dos gases NH_3 e CO_2 , no interior dos aviários com diferentes sistemas de ventilação mínima;
- Monitorar as condições de temperatura superficial, umidade relativa e pH da cama de frango nos diferentes sistemas de ventilação mínima;
- Monitorar a homogeneidade da distribuição das variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes sistemas de ventilação mínima utilizando técnicas de mineração de dados, geoestatística e a termografia e
- Verificar qual sistema de ventilação mínima foi mais eficiente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bem-Estar Animal

Segundo FAWC (Farm Animal Welfare Council, citado por CHEVILLON, 2000), pode-se definir bem-estar animal de acordo com as cinco liberdades atribuídas aos animais:

- A liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede);
- A liberdade ambiental (edificações adaptadas);
- A liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas);
- A liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos naturais) e
- A liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade).

Warriss (2000) afirmou que há a preocupação da mídia e dos consumidores em adquirir produtos alimentares, como a proteína animal, com o conhecimento do local de criação, tratamento ao longo do ciclo de criação e condições de abate destes animais. Para que essas exigências sejam atendidas, faz-se necessário que os sistemas produtivos promovam o bem-estar dos animais alojados e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos.

Além disso, garantir um ambiente com menos situações estressantes para os animais, pode aumentar a qualidade e quantidade da produção e diminuir as perdas relacionadas à mortalidade e condenações, resultando em uma carne com padrão superior, aliada ao maior valor de mercado. Confinamento intensivo, isolamento social, ausência de substrato, fome, alta densidade, agressão de animais dominantes, monotonia do ambiente, mutilação, baixa qualidade do ar, são fatores considerados estressantes que podem levar os animais a redirecionar o seu comportamento natural para "vícios", estereótipos ou comportamentos anômalos (MACHADO FILHO e HÖTZEL, 2000) .

Os animais submetidos a situações de estresse podem desenvolver métodos psicológicos para se proteger. Esses métodos podem ser mensurados e analisados segundo o crescimento e a reprodução dos mesmos. Parâmetros científicos de bem-estar animal podem ser realizados por meio de graduações (scores) variando de muito ruim a muito bom, possibilitando a avaliação do meio nos quais os indivíduos estão inseridos. O estado do animal inclui seus sentimentos, sua saúde, funcionamento fisiológico e grau de injúrias. O sofrimento é um dos mais importantes aspectos representativos da ausência de bem-estar e a existência ou não de bons ou maus sentimentos deve ser investigada quando se analisa o bem-estar animal (DAWKINS, 1990).

2.2. Parâmetros Zootécnicos

2.2.1. Mortalidade

A conjectura de EC *Broiler Welfare Directive* determina que a mortalidade correlaciona-se com a idade: quanto maior é a idade das aves para o abate, maior será a mortalidade. Heier et al. (2002) concluiu que existe uma porcentagem classificada como limite ideal de mortalidade das aves de acordo com as semanas de vida. Durante a primeira semana considera-se aceitável uma taxa de 1,54 % de mortalidade no lote, enquanto que depois desta semana considera-se aceitável uma taxa de 0,48 % de mortalidade. Porém, ACP (2006) define 5% de mortalidade do lote durante todo o período de alojamento. Assim pode-se concluir que a mortalidade é um indicativo da saúde e bem-estar do lote (MANNING et al., 2007a).

2.2.2. Condenações na carne de frango

Os níveis de condenação em porcentagem estão sendo utilizada nas indústrias como forma de avaliar o bem-estar animal, qualidade de carcaça e critérios de segurança alimentar (GRANDIN, 2005 e MANNING et al., 2006). Parâmetros como quebra de ossos, escoriações e mau aproveitamento de carcaça são indicadores de má condição de bem-estar e qualidade de produção (GRANDIN, 2005 e MHS, 2006). Enfim, esses fatores são indicadores da qualidade da criação, bem como a maneira com que o produtor maneja as aves para o transporte até o abatedouro e bem-estar animal (MANNING et al., 2006).

2.2.3. Densidade das Aves

A densidade das aves é definida como o número de aves ou peso alocado por área de 1,00 m². A densidade das aves nos aviários apresenta influência direta sobre o bem-estar e ao comportamento social (SCAHAW, 2000), assim é importante a adequação do sistema de ventilação, pois o maior número de aves implica em maior produção de calor, umidade, e gases. Nesse sentido exceder a densidade de 30,00 kg m⁻² acarreta em problemas de bem-estar e saúde, mesmo com sistema de ventilação adequado (MANNING et al., 2007a).

DEFRA – *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (2002) aconselha a densidade de 34,00 kg m⁻², pois este número permite assegurar o bem-estar das aves, enquanto a *British Veterinary Poultry Association* (BVPA), recomenda 40,00 kg m⁻² pela facilidade de especificação do manejo, desde que sistemas de climatização sejam utilizados adequadamente.

Já Algers e Berg (2001), afirmam que a densidade das aves em $36,00 \text{ kg m}^{-2}$ é um valor que permite o efetivo manejo do bem-estar e RSPCA (2002) permite valores de densidades de até $38,00 \text{ kg m}^{-2}$.

Outro problema relacionado à alta densidade de aves é a má qualidade da cama favorecendo a ocorrência de mudanças morfológicas tais como dermatites, lesões no papo, calos no peito e plumagem suja, bem como a incidência do aumento de problemas de saúde (KESTIN et al., 2001 e GORDON, 1992).

2.3. Conforto Térmico na Produção de Aves

A temperatura, indicada para frangos de corte em fase inicial dos aviários deve ser regulada entre $32,00$ e $35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$, e deve decrescer em $1,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a cada dois dias até alcançar os $22,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Para a terceira semana de idade, a temperatura deverá estar em torno de $22,00 \pm 2,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$, de acordo com Nicholson et al. (2004). Porém Cobb (1995) afirma que o ambiente deve apresentar temperatura igual a $32,20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e para a segunda semana o ambiente deve apresentar temperatura igual a $29,40 \text{ }^{\circ}\text{C}$. O excesso de aquecimento ou de resfriamento pode afetar negativamente a produção sem necessariamente levar a ave a óbito. Pesquisas expõem aves jovens a períodos de 6 horas com temperatura igual a $43,30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e sem acesso a água resultou na diminuição da taxa de crescimento e problemas por desidratação (VEST, 1997). Importante ressaltar que o pintainho com idade entre 1 e 14 dias apresenta uma relação área e volume corporal alta, ocasionando dificuldade para absorver calor além de não ter seu sistema termorregulatório desenvolvido, o que ocorrerá entre 10 e 14 dias de idade (MACARI et al., 1994).

De acordo com Tao e Xin (2003), quando a temperatura ambiental está dentro da zona termoneutra, a temperatura interna de aves adultas é mantida em torno de $41,20$ a $42,20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Mas quando a temperatura ambiental aumenta, mecanismos biofísicos como a redução na ingestão de alimentos, são acionados. Se esses mecanismos forem insuficientes para manter a homeotermia, a temperatura interna aumenta conduzindo o animal à morte por exaustão térmica. No caso de frangos de corte adultos, a temperatura ambiente deve ser de $21,10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa $50,00 \%$, a renovação de todo ar do aviário deve ocorrer em menos de 1,3 minutos e a velocidade máxima do ar deve estar entre $2,29$ e $2,41 \text{ m s}^{-1}$ (BARNWELL e ROSSI, 2003). Para a fase inicial das aves é recomendado umidade entre $50,00$ e $70,00 \%$,

produzidas pelas próprias aves as quais emitem 80,00 % da água que ingerem, através da respiração e defecação, sendo excretados 1,70 g de água hora⁻¹ ave⁻¹ (CZARICK e LACY, 2001).

Estudos feitos por Dozier e Donald (2001) concluíram que quando as aves na fase inicial estão expostas em temperatura adequada (35,00 °C), a conversão alimentar é de 1,14, enquanto que as aves expostas a baixas temperaturas (26,60 °C) a conversão alimentar é de 1,42.

A umidade relativa do ar também possui um importante papel para a produção em confinamento, pois afeta a sensação térmica dos animais, já que o calor pode ser bem tolerável com uma umidade relativa baixa e não quando esta está elevada. Já com a UR elevada, em microclima frio, pode ocorrer a condensação sobre paredes e demais componentes da instalação, com o aumento da umidade da cama e eventual surgimento de doenças. Na produção de aves durante a primeira semana de criação, geralmente são observados valores baixos de umidade relativa, devido às altas temperaturas alcançadas pelos sistemas de aquecimento e a baixa concentração de peso vivo por área em m². Quando próximo ao abate, produz-se a situação contrária, com umidade relativa excessiva, dependendo de diversos fatores, como: taxa de ventilação e volume de água derramada dos bebedouros, condições de umidade da cama e a taxa de evaporação da água presente nos dejetos (MANNING et al., 2007b). Elwinger e Svensson (1996) afirmaram que a umidade relativa deve estar em torno de 35,00 % a 60,00 %.

Estudo feito por Czarick (2001) observou que 23000 aves na primeira semana de vida são responsáveis pela produção de 10000 kcal hora⁻¹, equivalente ao calor produzido por uma campânula.

A Tabela 1 apresenta a relação entre a temperatura de bulbo seco, umidade relativa e a idade das aves na fase de aquecimento (GRANJA PLANALTO, 2006).

Tabela 1. Relação de conforto térmico entre temperatura de bulbo seco [°C], umidade relativa [%] e idade [dias] para frangos de corte em fase de aquecimento (GRANJA PLANALTO, 2006).

Idade das aves	> 80,00 %	70,00 %	60,00 %	50,00 %	< 40,00 %
1	33,00	33,00	33,00	33,00	35,00
2	32,00	32,00	32,00	32,00	34,00
3	31,00	31,00	31,00	31,00	33,00
4	30,00	30,00	30,00	30,00	32,00
5	30,00	30,00	30,00	30,00	32,00
6	29,00	29,00	29,00	29,00	31,00
7	29,00	29,00	29,00	29,00	31,00
8	28,00	29,00	29,00	29,00	31,00
9 - 12	27,00	28,00	28,00	29,00	31,00
13 - 16	26,00	27,00	27,00	29,00	31,00

A Tabela 2 apresenta os valores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa indicados para cada idade (dias) dos pintinhos.

Tabela 2. Temperatura *versus* umidade relativa para cada idade das aves (COBB, 2008).

Idades [dias]	¹Umidade Relativa [%]	Temperatura de Bulbo Seco [°C]
0	Entre 30,00 e 50,00	Entre 32,00 e 33,00
7	Entre 40,00 e 60,00	Entre 29,00 e 30,00
14	Entre 50,00 e 60,00	Entre 27,00 e 28,00

¹Umidade menor que a faixa acima – aumentar a faixa de temperatura entre 0,50 e 1,00 °C.

¹Umidade maior que a faixa acima – diminuir a faixa de temperatura em 0,50 e 1,00 °C.

O comportamento das aves será normal quando a temperatura retal estiver entre 39,50 °C e 40,00 °C, entretanto quando a temperatura estiver baixa as aves tendem a se amontoar, e quando a temperatura estiver muito alta, as aves começam a piar cada vez mais alto e manter os bicos abertos se a temperatura continuar a subir a ponto da temperatura retal alcançar 44,00 °C, os pintinhos ficarão inconscientes e virão a óbito (COBB, 2008), a temperatura retal é influenciada pela temperatura ambiente por isso a importância de se manter níveis ideais à criação das aves.

2.4. Ventilação

A ventilação é um dos fatores mais importantes, capaz de condicionar em boa parte o êxito da produção. É considerada necessária pelas seguintes razões: redução da umidade produzida pela respiração das aves, redução da umidade presente na cama, assim como redução do ar quente saturado localizado próximo às coberturas; controle da temperatura ambiental, tanto em épocas de calor como nas frias; renovação do oxigênio ambiental consumido pela respiração das aves; e eliminação do gás amoniacal que se forma pela fermentação orgânica

das camas, principalmente, quando estão mal conservadas (CAVALCHINI, 1985). Recomenda-se que durante o período de aquecimento a ventilação seja de $4,72 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de ar por ave.

Wathes e Charles (1994) afirmaram que a ventilação máxima é necessária para prevenir a hipotermia, enquanto que a taxa de ventilação mínima é usada para prover um ambiente térmico e aéreo aceitável para o desenvolvimento dos animais. As taxas de ventilação podem ser avaliadas segundo a habilidade de controlar a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, bem como manter concentração tolerável de gases, poeira e ar saturado com microorganismos.

Recomenda-se que a taxa de ventilação para frangos de corte com 2,70 kg seja 1,50 m^3 por ave no inverno e 10,01 m^3 por ave no verão (HILLIGER, 1990).

2.4.1. Ventilação Natural

A ventilação natural, ou espontânea, permite o controle da pureza do ar, provendo a oxigenação no interior do galpão, eliminando gases nocivos, excesso de umidade e odores (ventilação higiênica), possibilitando também, dentro de certos limites, controlar a temperatura e a umidade do ar (ventilação térmica), de tal forma que o ar expelido, quente e úmido, seja substituído e, assim, aumente a perda calorífica por convecção (MENDES, 2005). O dimensionamento de um sistema de ventilação natural é complexo, pois as quantidades, intensidade e direção dos ventos modificam-se continuamente (TINÔCO, 2001).

A ventilação natural é definida como sendo o deslocamento do ar através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída. Assim, as aberturas para ventilação deverão ser dimensionadas e posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao ambiente. O fluxo de ar que entra ou sai do ambiente é decorrente da diferença de pressão do ar dos ambientes internos e externos, da resistência ao fluxo de ar oferecido pelas aberturas, pelas obstruções internas e de uma série de implicações relativas à incidência do vento e forma do edifício (FROTA e SHIFFER, 1995).

A ventilação natural pode ocorrer em razão das diferenças de pressão causadas pela ação dinâmica do vento (ventilação dinâmica) ou em razão das diferenças de temperatura entre dois meios considerados (ventilação térmica). Isto significa que as forças naturais disponíveis para mover o ar no entorno, através e dentro das construções são as forças do vento e as diferenças de temperatura. Em algumas ocasiões, os dois fatores podem agir em conjunto (BAÊTA e SOUZA, 1997).

2.4.2. Ventilação Mínima

A ventilação mínima pode ser definida como a quantidade de ar necessária por hora para atender à demanda de oxigênio das aves e manter a qualidade do ar, visando o bem-estar e à saúde das aves. Desta forma, a ventilação mínima auxilia na renovação do ar, sem que interfira na temperatura e na sensação térmica das aves. Desta forma, a ventilação mínima é responsável pelo fornecimento de oxigênio, retirada do excesso de calor, remove o excesso de umidade permitindo que a cama fique em condições ideais (sem formação de blocos e sem umidade excessiva), redução da concentração de gases nocivos e poeira, garantia de baixa incidência de enfermidades e reações à vacinas, melhora da conversão alimentar, a viabilidade e produtividade do lote.

Quando a umidade da cama é removida através da ventilação mínima, níveis de poeira e gases nocivos como a NH_3 e CO_2 , raramente irão ocasionar problemas às aves. Indica-se aproximadamente uma faixa de velocidade do ar de $0,20 \text{ m s}^{-1}$ para aves em fase de aquecimento e, segundo Ronchi (2004) para garantir a eficiência deve-se utilizar o sistema de ventilação tipo túnel utilizando exaustores.

O funcionamento da ventilação mínima do tipo exaustão é a retirada do ar do ambiente interno utilizando o sistema túnel, porém em menor intensidade comparado com a ventilação de verão. Toda vez que a ventilação natural não for suficiente para a manutenção ideal das condições climáticas (temperatura e umidade) no interior dos galpões, deve-se utilizar a ventilação artificial que é produzida por equipamentos como exaustores e ventiladores. A taxa de ventilação pode ser controlada através do dimensionamento dos exaustores, das entradas e saídas de ar.

Existem duas formas de se promover artificialmente a movimentação do ar:

- Sistema de pressão negativa ou exaustão e
- Sistema de pressão positiva ou pressurização.

Tanto no sistema de ventilação, por pressão negativa quanto por pressão positiva, atenção deve ser dada à pressão que está relacionada diretamente com a vazão e não com a velocidade do ar. Dessa forma, é importante ter o conhecimento de quanto de ar deve ser renovado por unidade de tempo. É comum encontrar em uma edificação zonas de pressão de baixa movimentação de ar, sejam por pressão negativa ou positiva. Um dos fatores mais frequentes para essa ocorrência é o mau dimensionamento e posicionamento dos equipamentos

de ventilação (MENDES, 2005).

Segundo Czarick (2007), a ventilação mínima auxilia na redução da umidade relativa responsável por umedecer a cama de frango, e na retirada do ar rico em gases nocivos (NH_3 , CO e CO_2) promovendo um ambiente adequado para a saúde e significativa melhora no desempenho das aves, mais necessária no inverno. O galpão, quando está alojando aves em fase de aquecimento no inverno, apresenta maior concentração de NH_3 , umidade e CO_2 , para isso deve-se proporcionar o manejo da ventilação mínima para que a concentração de CO_2 não ultrapasse 5000 ppm, que a umidade não ultrapasse 60,00 % e que a concentração de amônia esteja abaixo de 20 ppm.

Dozier e Donald (2001) concluíram que a ocorrência de ascite na fase final dos frangos de corte (aumento em até 11,00 %) está associada à ventilação inadequada nos primeiros dez dias o qual permitiu temperaturas baixas da cama e redução da concentração de oxigênio no ar no interior do aviário. Desta forma, esses autores reforçaram mais uma vez que o bom manejo da ventilação (mínima) na fase inicial dos frangos é essencial para bons resultados produtivos na fase final das aves.

Atualmente são utilizados vários tipos de ventilação mínima, uma delas é a chaminé (Figura 1) o qual é feita a renovação de ar sem que o ar fresco e frio entre em contato com as aves, não havendo velocidade do ar na altura das aves.

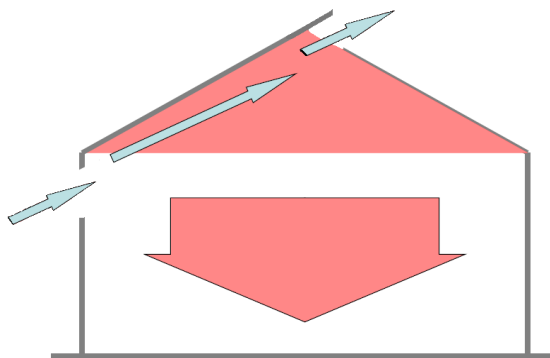


Figura 1. Sistema de funcionamento da ventilação mínima através da chaminé. Adaptado de Cobb, 2008.

Segundo Cobb (2008), é necessário utilizar renovação de ar na primeira semana de vida das aves de $0,08 \text{ m s}^{-1}$ quando a temperatura interna do pinteiro estiver em $32,00^\circ\text{C}$ e no máximo $0,15 \text{ m s}^{-1}$ com aves de 2 semanas de vida quando a temperatura interna estiver em torno de $29,00^\circ\text{C}$. A Figura 2 apresenta outra forma de se fazer a ventilação mínima utilizando canhões

de ar, estes canhões são canos instalados no pintoiro o qual comunica o ambiente interno e externo ao aviário, permitindo que o ar externo entre no pintoiro renovando o ar.

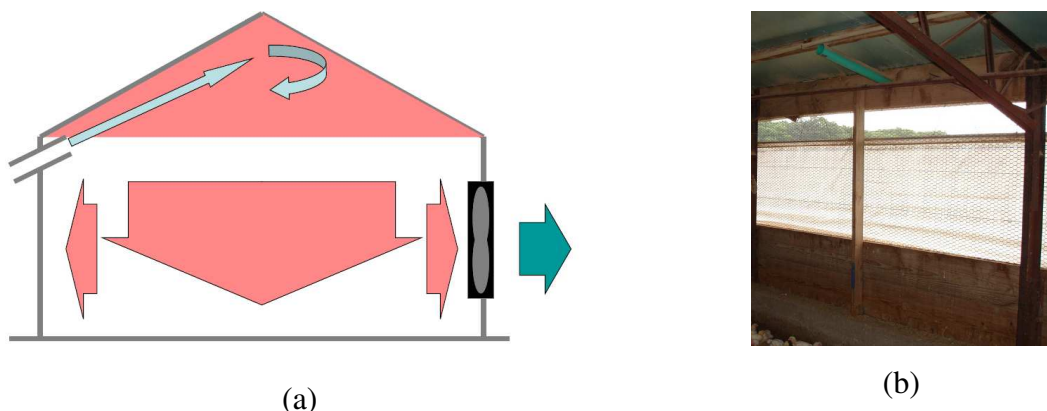


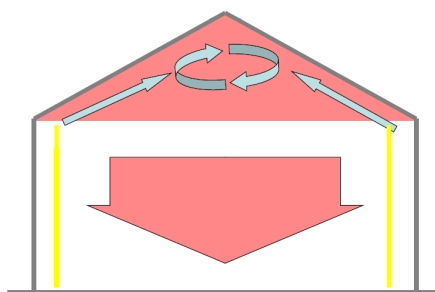
Figura 2. Sistema de ventilação mínima através de canhões de ar. (a) funcionamento dos canhões e (b) canhões instalados no pintoiro. Adaptado de Cobb, 2008.

Este tipo de ventilação mínima é calculado de forma a permitir a melhor renovação do ar, de acordo com a equação 1 (COBB, 2008).

$$N^{\circ} \text{ de canhão de ar} = \left(\frac{\text{comprimento}_{\text{pintoiro}}}{10} \right) + 8 \quad \text{Equação 1}$$

A partir do resultado obtido, posiciona-se 2 canhões, como mostrado na Figura 2, de ar em cada canto do pintoiro e os outros canhões serão distribuídos em todo o comprimento do pintoiro de forma homogênea.

Outra maneira de se realizar a ventilação mínima é através do manejo de cortinas, como está ilustrado na Figura 3 (a). Este manejo permite a entrada do ar fresco através da abertura feita na parte superior, desta forma antes do ar fresco e frio entrar em contato com as aves jovens, ele irá se misturar e homogeneizar com o ar quente Figura 3 (b).



(a)



(b)

Figura 3. Sistema de ventilação mínima através do manejo de cortina. (a) esquema da entrada de ar, (b) manejo de cortinas. Adaptado de Cobb, 2008.

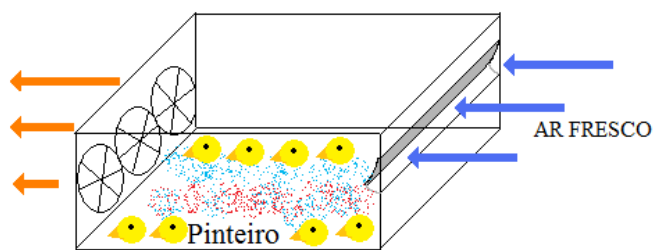
A ventilação mínima feita através de *inlets* é comumente utilizada nos Estados Unidos da América, os quais trabalham da mesma forma que os canhões de ar, mas sua estrutura é diferente, como apresenta a Figura 4.

Os *inlets* são abertos (acionados) de acordo com o funcionamento dos exaustores, isto é, a pressão negativa formada no aviário acaba por abrir os *inlets*.



Figura 4. Sistema de ventilação mínima do tipo *inlet*.

Há também a utilização do sistema de ventilação mínima através de válvulas para renovação de ar, as quais têm seu funcionamento análogo aos *inlets*. A válvula é construída com material de cortina e está localizada na extremidade oposta aos exaustores dentro do pinteiro. Assim que os exaustores são ligados, a válvula é aberta mecanicamente permitindo a entrada de ar fresco no pinteiro por cima das aves, esse ar fresco se misturará com o ar aquecido antes de entrar em contato com os pintinhos. A Figura 5 ilustra o funcionamento da válvula através do acionamento dos exaustores.



(a)



(b)

Figura 5. Sistema de ventilação mínima utilizando válvulas. (a) seu funcionamento e (b) utilização no campo.

Existe também a renovação do ar realizada através de exaustores (Figura 6), porém é necessário manter as condições de pressão muito bem ajustadas permitindo a troca uniforme da massa de ar, para isso é preciso definir a relação adequada entre o número de exaustores ligados com a área de aberturas na extremidade oposta aos exaustores. E segundo Cobb (2008), existem 2 estágios, o primeiro estágio indica que os exaustores devem ser acionados em função de um *timer* e não de um termostato, permitindo uma troca completa de todo o ar em 8 minutos, já o segundo estágio faz toda a troca do volume de ar em 5 minutos e os exaustores são acionados em função da temperatura ambiental.



Figura 6. Sistema de ventilação utilizando exaustores.

Um estudo feito pela Cobb (2008) reportou influência do não uso da ventilação mínima na qualidade do ar. A não utilização da ventilação mínima por 5 minutos aumentou a concentração de amônia de 15,00 ppm para 35,00 ppm, a concentração de dióxido de carbono aumentou de 800,00 ppm para 1500,00 ppm, bem como houve o aumento da umidade de 68,00 % para 78,00 % e a temperatura foi de 20,00 °C para 24,00 °C. Quando o intervalo sem ventilação mínima alcançou espaço de 15 minutos, a amônia alcançou 80,00 ppm, o dióxido de carbono atingiu concentração de 3500,00 ppm, a umidade chegou a 97,00 % e a temperatura 31,00 °C. Esse estudo revela a importância da renovação do ar para a manutenção da qualidade do ar, como também na saúde das aves do galpão.

2.5. Aquecimento

Perdomo (2001) afirmou que o sistema de aquecimento objetiva controlar o ambiente, fornecer calor e conforto térmico onde as aves estão alocadas a fim de reduzir o custo do frango vivo.

O aquecedor a gás (Figura 7) é utilizado para o aquecimento das aves, segundo Abreu (2003) este consiste em transmitir o calor às aves da forma de condução e convecção, devendo ser instalado próximo à cama de frango para um aquecimento mais efetivo. Neste caso é recomendável que haja um aquecedor a gás responsável por aquecer entre 700 e 800 aves na fase inicial.



Figura 7. Campânulas a gás para produção de frangos de corte.

Abreu (2003) afirmou também que o uso de aquecedores a lenha transmite calor às aves através da condução. Porém este aquecimento não produz temperatura de forma constante e muitas vezes excedem o necessário, requerendo maior mão-de-obra, pois o controle da temperatura é difícil. Como a combustão da lenha geralmente é incompleta, ocorre a passagem de gases tóxicos, principalmente o CO_2 , para o interior do aviário, por isso o uso de filtros é aconselhado. Como ilustrado na Figura 8, o sistema de aquecimento a lenha apresenta chaminé, suporte e tanques. O consumo de lenha é de aproximadamente $1,00 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ para um aviário de 100,00 m de comprimento, dependendo das condições climáticas.

O aquecimento do ambiente interno dos pinteiros se dá primeiramente pelo aquecimento do ar, posteriormente nas aves e por fim na cama. Uma vez que as trocas térmicas são feitas através dos pés das aves, esse tipo de aquecimento não é efetivo, pois a última parte a se aquecer é a cama de frangos.



Figura 8. Aquecedores à lenha para frangos de corte.

2.6. Qualidade do Ar

Furlan (2006) afirmou que um dos fatores que devem ser considerados é a qualidade do ar para a criação comercial de frangos de corte, uma vez que este é fonte de oxigênio para o metabolismo e veículo de dissipação do excedente de calor, do vapor de água, de gases provenientes dos animais e da decomposição de dejetos e da poeira liberada pela cama. Se a ventilação não for eficiente, contaminantes como poeira, NH_3 , CO_2 , CO e vapor de água excedente podem ocorrer, causando problemas respiratórios, ascite entre outros problemas sanitários (ROSS, 1999).

Conforme as aves vão crescendo, o consumo de oxigênio e produção de gases aumenta, por isso a necessidade de sistemas de ventilação eficazes. A umidade do ar é um indicativo da qualidade do ar a qual sofre interferência da umidade externa, tipo e manejo dos sistemas de bebedouros, consumo de água, densidade das aves, idade e peso das aves, tipo do sistema de ventilação adotado, temperatura e incidência de doenças (SCAHAW, 2000). A relevância do monitoramento do ambiente aéreo em galpões de frangos ocorre não somente em consequência do bem-estar animal, mas também devido às questões de saúde pública. A Tabela 3 apresenta parâmetros desejados para frangos de corte.

Tabela 3. Parâmetros de qualidade do ar (MANNING et al., 2007a).

Parâmetros	Ross (1999)	IPPC BREF (2003)	Cobb (1995)	Defra (2002)
Oxigênio	> 19,50 %			
CO ₂	<0,30 %	0,20 – 0,30 %		
CO	<10 ppm	0,01%		
NH ₃	<10 ppm	<25 ppm	20 – 25 ppm	<20 ppm por peso da ave
Poeira Respirável	<3,4 mg m ⁻³			

CO₂ – concentração de dióxido de carbono, CO – concentração de monóxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia

Já a Tabela 4 apresenta os critérios do Globalgap (2007) em relação à qualidade do ar. Significando que para a exportação de frango é necessário que durante a criação dos mesmos, os contaminantes do ar estejam abaixo das recomendações.

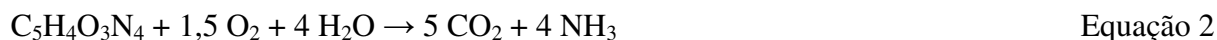
Tabela 4. Critérios de avaliação do ambiente aéreo pelo Globalgap (2007).

Gases	Limites
CO ₂	5000 ppm
CO	50 ppm
NH ₃	20 ppm
Sulfato de Hidrogênio	10 ppm
Poeira Inalável	10 mg m ⁻³

CO₂ – concentração de dióxido de carbono, CO – concentração de monóxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia

2.6.1. Amônia

A amônia origina-se das fezes e urina dos frangos, por isso a composição e quantidade das fezes e urina são importantes quando se estuda emissão de amônia. O ácido úrico e as proteínas não absorvidas são os principais componentes de nitrogênio das fezes das aves, o qual apresenta entre 30 e 70% do total de nitrogênio. O processo da degradação bioquímica do ácido úrico (2) e o processo da degradação bioquímica das proteínas não absorvidas (3) são complexos, porém podem ser simplificados (SCHEFFERLE, 1965):



A decomposição do ácido úrico e das proteínas é possivelmente influenciada pela temperatura, pH e umidade dos componentes (ELLIOT e COLLINS, 1983). A degradação do ácido úrico em amônia a partir das excretas das aves está entre 8,00 a 40,00 % do total de ácido úrico excretado por dia.

Quanto à emissão, a produção de frangos de corte é uma fonte significativa de amônia, sendo metade de toda essa emissão deste gás vinda dos aviários e a outra metade proveniente da cama de frango (PAIN et al., 1998). Segundo Battye et al. (1994) as taxas de produção e emissão de amônia são dependentes das condições de crescimento (alimentação e o regime de ventilação), práticas de manejo (frequência de troca de cama e cama reaproveitada) e condições meteorológicas locais (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento).

Também é sabido que a amônia afeta diretamente a saúde e produtividade dos trabalhadores expostos continuamente a altos níveis, o que também está relacionado a problemas respiratórios e diminuição do crescimento das aves. Esta concentração pode ser controlada através da ventilação e tratamentos de cama.

Quando o pH da cama de frango apresenta valores próximos a 7, toda a amônia (NH_3) é transformada em íons de amônio (NH_4^+) o que não é responsável pela volatilização.

Miragliotta (2000) comparando os níveis de amônia em galpões de frango de corte em sistemas de ventilação e densidade diferenciados, mostrou que o sistema de ventilação tipo túnel removeu os gases gerados dentro das instalações que estavam com densidade de 18 aves m^{-2} , garantindo qualidade de ar adequada, sendo mais eficiente do que o sistema de ventilação convencional, em instalações com densidade de frango de corte entre 13 e 15 aves m^{-2} .

Em relação à emissão de gases, um estudo feito por Guizieu e Béline (2005), em galpões de frangos com piso de concreto, encontraram-se emissões entre 0,00 a 5,60 gN h^{-1} , durante os 10 primeiros dias de vida das aves. A partir do décimo dia as emissões aumentaram para a faixa de 4,02 a 26,14 g N h^{-1} , continuando a aumentar com o crescimento das aves. Do trigésimo primeiro dia até o final do experimento, as taxas de emissão chegaram a 75,00 g N h^{-1} . Durante este período a taxa de fluxo de ar aumentou de 80,00 para 9936,00 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$, juntamente com a densidade das aves, que aumentou de 0,84 a 12,00 m^{-2} , indicando que o aumento da emissão de amônia ocorreu provavelmente devido ao acúmulo de excreta e o crescimento microbiológico na cama.

A concentração ideal de NH_3 nos pinteiros deve ser menor ou igual à 20,00 ppm, evitando que cause problemas como danos ciliares, reações à vacinas, infecções respiratórias e condenações de carcaças. Com concentrações entre 75,00 e 100,00 ppm a produtividade em frangos de corte e a postura de ovos é reduzida em até 15,00 %. Problemas respiratórios e

disseminação de doenças normalmente estão vinculados à maior densidade de aves, principalmente na fase final de crescimento. Miragliotta (2000) obteve valores de umidade de cama em galpão com alta densidade populacional significativamente superior (30,34 %) ao galpão convencional (26,20 %), ao nível de 5,00 % de produtividade, no vigésimo oitavo dia de produção.

Um estudo feito por Miles et al. (2004) mostrou que a exposição das aves em níveis de amônia tão baixo quanto 25,00 ppm nos primeiros 28 dias de idade influenciou negativamente no peso corporal quando as aves estavam entre 4 e 7 semanas de idade.

2.6.2. Dióxido de Carbono

O CO₂ oriundo dos dejetos e da respiração dos animais, mesmo não sendo tóxico, em altas concentrações causa asfixia. A concentração no interior dos aviários bem ventilados pode variar entre 1000,00 ppm no verão e 10000,00 ppm no inverno.

A Figura 9 apresenta o comportamento das aves em relação ao tempo e concentração de CO₂, onde se pode observar que quanto maior é a concentração, menor é a atividade das aves.

O aumento na temperatura, conhecido como aquecimento global ou efeito estufa, advém do excessivo uso de combustíveis fósseis, desde a revolução industrial, e da rápida destruição das florestas. Entre estes gases, o dióxido de carbono é responsável por aproximadamente 60,00 % destes efeitos (TUNÇ et al., 2006). O CO₂ resulta da oxidação de substâncias orgânicas, incluindo a respiração biológica e queima de biomassa e de combustíveis fósseis. (HYNST et al., 2006). A respiração de animais alojados e a queima incompleta de gases para aquecimento, também contribuem para o aumento de concentrações de CO₂ nos aviários.

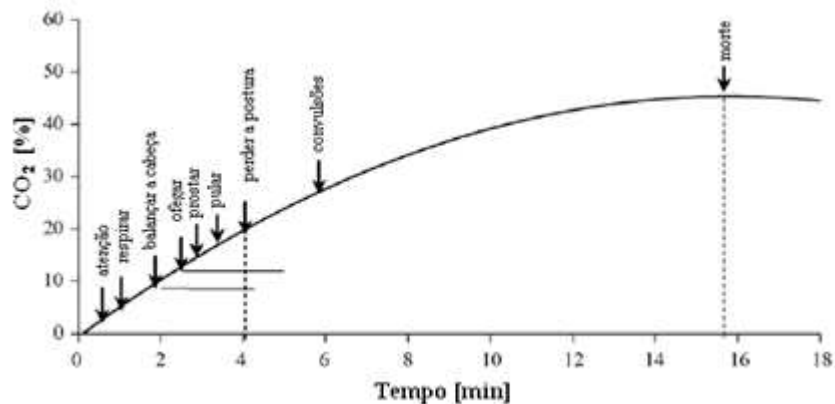


Figura 2. Comportamento das aves ao longo do tempo em relação às concentrações de CO₂ (GERRITZEN et al., 2006) – CO₂ – concentração de dióxido de carbono.

O CO₂ em grandes concentrações é usado também em processos de atordoamento e abate. Gerritzen et al. (2006) investigaram os efeitos do lento aumento na concentração de CO₂ (0,00 % a 45,00 %) sobre o comportamento de frangos de corte, matrizes, patos e perus, para determinar os efeitos sobre o bem-estar. Dentre as conseqüências de altas concentrações de CO₂ são destaques a falta de ar, ativação do sistema de alerta, hiperventilação e irritação da mucosa nasal (RAJ e GREGORY, 1995).

Seedorf et al. (1998) utilizaram o dióxido de carbono para estimar a taxa de ventilação no inverno e no verão, levando em consideração 500kg de peso vivo, os autores encontraram que as taxas de ventilação foram de 451m³ h⁻¹ para frangos de corte. Outro trabalho desenvolvido por Van Ouwerkerk e Pedersen (1994) utilizou também o método de balanço de massa de CO₂ para estimar a taxa de ventilação, o qual calcula a diferença entre a concentração de CO₂ no interior e no exterior do aviário, devendo apresentar valor mínimo de 250,00 ppm.

2.7. Qualidade da Cama

Nos aviários, altos valores de umidade e cama molhada aumentam a incidência de dermatites (EKSTRAND, 1993; MARTLAND, 1985; GREENE et al., 1985; HARMES et al., 1977, MCILROY et al., 1987; ALGERS e SVENBERG, 1989). Os dejetos das aves são formados por 20,00 % de umidade, em função da saúde, este valor pode aumentar pelo maior consumo de água quando as aves estão doentes segundo Broadbent e Pattison (2003).

Outro aspecto sobre o teor de umidade da cama é a sua influência sobre a incidência de lesões na carcaça de frangos. Uma das funções da cama é proporcionar maior conforto às

aves, impedindo que áreas como o coxim plantar, joelho e peito fiquem susceptíveis a lesões (OLIVEIRA e CARVALHO, 2002).

O pH da cama tem um papel importante na volatilização de amônia. Uma vez formada, a amônia livre, encontra-se em duas formas: NH_3 sem carga ou na forma de íon amônia (NH_4), dependendo do pH da cama. A volatilização da amônia ocorre devido à ação de microorganismos decompositores de compostos nitrogenados, causando a fermentação da cama com conseqüente perda de nitrogênio na volatilização da NH_3 , aumentando sua concentração no ambiente, o que, é prejudicial ao desempenho das aves.

Oliveira e Carvalho (2002) em sua avaliação sobre o teor de matéria seca, o pH e a quantidade de amônia volatilizada de cama de frango não tratada e tratada com diferentes aditivos, encontraram que o menor valor do pH (6,97) foi obtido na cama de frango tratada com gesso agrícola. Este menor pH ocorreu devido a grande quantidade do produto usado (40% do peso da cama) e de sua alta capacidade de absorver umidade, o que reduz a atividade das bactérias produtoras de amônia, reduzindo assim o pH da cama.

Um estudo realizado por Coenen et al. (1996) constatou que a densidade de aves não influenciou na qualidade da cama, entretanto a baixa densidade das aves diminui a quantidade de matéria seca em 60% diminuindo a liberação de amônia. Almeida (1986) reporta que o teor de umidade da cama de frango deve situar-se entre 20,00 e 35,00 %, pois a umidade excessiva pode levar a problemas de intoxicações pelo desenvolvimento de altos teores de amônia, liberada à medida que as bactérias degradam o esterco destas aves.

A liberação de amônia é menor quando o pH da cama está abaixo de 7,00, mas é substancial quando está acima de 8,00, sendo que a decomposição do ácido úrico é mais favorecida em condições de pH alcalino (TERZICH, 1997). Se o pH da cama estiver acima de 5,50, auxilia o processo de degradação bioquímica do ácido úrico presente na cama pelo depósito das excretas (ELLIOT e COLLINS, 1983).

2.8. Consumo de Água na Produção Avícola

O *Cooperative Regional Research Project* definiu que a água com alta qualidade é aquela a qual promove vitalidade e ausência de mortalidade e morbidade (CRRP, 2005).

A água é um nutriente vital o qual envolve vários aspectos do metabolismo dos frangos de corte tais como o controle da temperatura corporal, digestão e absorção dos

alimentos, transporte de nutrientes além de eliminar impurezas do corpo via urina e fezes produzidas (JAFARI et al., 2006). O primeiro indicativo de doença nos aviários é o consumo de água que tende a aumentar ou diminuir (BUTCHER et al., 1999). Desta forma, pode ser um meio muito eficiente de transporte e contaminação por bactérias, devendo os produtores ter cuidado quanto à qualidade de água disponibilizada ao consumo das aves. A água quando bem tratada deve estar livre de odor, sabor, turgidez e cor. O pH da água pode alterar o palato. Baixos pHs causam corrosão dos equipamentos, já altos valores de pH indicam altos teores de cálcio e magnésio. Os índices aceitáveis de minerais na água de bebida das aves são comparados com os aceitáveis para os humanos (DWI, 2006). O consumo de água aumenta em 6,00 % conforme o aumento de 1,00 °C no ambiente quando a temperatura ambiente está em torno de 20,00 °C, a quantidade de vezes que a ave consome de ração está entre 1,80 a 2,00 vezes, porém com o aumento da temperatura em 1,00 °C este valor decresce em 1,23 %. Quando a temperatura do ambiente está entre 32,00 e 38,00 °C o valor de consumo de ração diminui em 5,00 % (MAY et al., 2002). Altas temperaturas reduzem o consumo de alimento, o ganho de peso corporal e a habilidade de viver. A quantidade de água que as aves consomem é influenciada por vários fatores sendo mensurada em 1 ave⁻¹ lote⁻¹ ou 11000 aves⁻¹ por dia.

No entanto, a quantidade de água consumida pelas aves indica o nível de bem-estar que estas estão submetidas, pois poderá afetar as condições da cama no sentido de aumentar a umidade com o maior consumo de água, consequência de altas temperaturas.

2.9. Mineração de Dados

Para a avaliação de quais variáveis estão influenciando no sucesso da ventilação mínima foi utilizado mineração de dados, para predição utilizando a classificação para construção da árvore de decisão.

O primeiro nó da árvore de decisão é o nó raiz o qual é o atributo que apresenta maior influência na classificação, e depois se distribui nos nós internos, conhecidos como nós de decisão, já nas extremidades da árvore encontra-se o nó folha o qual representa a predição para o atributo meta (variável dependente) o qual é chamado de árvore de classificação pelo atributo meta ser categórico.

A árvore de decisão pode ser gerada utilizando o algoritmo J48 (implementação do C4.5). A Figura 10 apresenta a Hierarquia do Aprendizado.

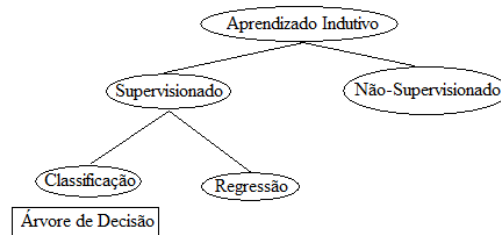


Figura 10. Hierarquia do aprendizado.

O conhecimento da árvore de decisão pode ser representado através de regras de classificação do tipo **SE_ENTÃO**. Dessa forma, cada regra de classificação é feita a partir do seu caminho do nó raiz até o atributo meta, essas regras podem ser fáceis de compreender como afirmou Han e Kamber (2001). Para exemplificar a Figura 11 apresenta uma árvore de decisão.

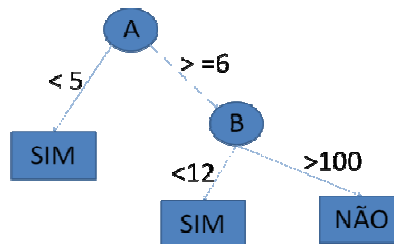


Figura 11. Exemplificação de uma árvore de decisão qualquer.

Desta forma pode-se obter as seguintes regras de classificação:

- **SE $A < 5$ ENTÃO SIM**
- **SE $A \geq 6$ E $B < 12$ ENTÃO SIM**
- **SE $A \geq 6$ E $B > 100$ ENTÃO NÃO**

A avaliação do modelo e das regras de classificação é feita a partir da taxa de erro e a acurácia, sendo esta o complemento da taxa de erro (HAN e KAMBER, 2001; WITTEN e FRANK, 2005). Um dos métodos é a validação cruzada (*cross-validation*), utilizada quando a quantidade de dados é limitada para dividir entre o treinamento e o teste (WITTEN e FRANK, 2005), neste caso, os exemplos são aleatoriamente divididos em partições mutuamente exclusivas (*folds*) de tamanho aproximadamente igual (MEIRA, 2008). Assim uma parte dos dados é direcionada para o treinamento e a outra parte para teste, o número de vezes (k) que ocorrerão o treinamento e teste para os dados aleatórios pode ser definido pelo usuário do programa. E a maior vantagem de se utilizar este teste é usar cada um dos exemplos tanto para treinamento quanto para teste (MEIRA, 2008).

A precisão é calculada a partir da matriz de confusão gerada para os dados de cada conjunto de treinamento com duas classes do modelo, C+ (classe positiva) e C- (classe negativa) podendo ter classificações tidas como Verdadeiros Positivos (VP) e Verdadeiros Negativos (VN), expressa em porcentagem de acertos na classificação conforme demonstrado na Tabela 5. Segundo Gomes (2002), quanto maior é a precisão do modelo, menor é a abrangência deste para outros casos.

Tabela 5. Matriz Confusão para o cálculo da acurácia das classes e precisão dos modelos para classificação binária.

Classe	Predito como C+	Predito como C-	Precisão da classe ¹	Precisão do Modelo ²
C+	Verdadeiros Positivos (VP)	Falsos Negativos (FN)	$\frac{VP}{(VP + FN)}$	$\left[\frac{(VP + VN)}{N} \right] \times 100$
C-	Falsos Positivos (FP)	Verdadeiros Negativos (VN)	$\frac{VN}{(VP + VN)}$	

¹Expresso em valores entre 0 e 1.

²N é o número de exemplos no conjunto de testes, precisão expressa em porcentagem.

Os critérios utilizados para a seleção do modelo foram a precisão do modelo, precisão da classificação, capacidade de compreensão das regras geradas – julgadas por especialistas e complexibilidade da árvore de decisão, em função do número de regras e tamanho da árvore.

Considerando cada regra no formato $A \rightarrow C$ (A - antecedente; C - conseqüente), é possível a montagem da matriz contingência, Tabela 6, sendo que A denota o conjunto de exemplos para os quais o antecedente da regra é verdadeiro e seu complemento $\bar{A}$ denota o conjunto de exemplos para os quais o antecedente é falso. A interpretação de C e $\bar{C}$ é análoga à anterior, sendo assim os demais elementos da Tabela 6 significam:

- ac : número de exemplos em que A e C são verdadeiros
- $\bar{a}c$: número de exemplos em que A é verdadeiro e C é falso
- $a\bar{c}$: número de exemplos em que A é falso e C é verdadeiro
- $\bar{a}\bar{c}$: número de exemplos em que A e C são falsos
- a : número de exemplos em que A é verdadeiro
- $\bar{a}$: número de exemplos em que A é falso
- c : número de exemplos em que C é verdadeiro

- $\bar{c}$: número de exemplos em que C é falso
- n: é o número total de exemplos

Tabela 6. Matriz de contingência de uma regra $A \rightarrow C$.

	A	$\bar{A}$	
C	ac	$\bar{ac}$	c
$\bar{C}$	$a\bar{c}$	$\bar{a}\bar{c}$	$\bar{c}$
	a	$\bar{a}$	n

A acurácia ou precisão de uma regra, apresentada na equação 4, é a probabilidade condicional de C ser verdadeiro quando A também é verdadeiro.

$$acc(R) = \frac{ac}{a} \quad \text{Equação 4}$$

A sensibilidade, apresentada na equação 5, é a proporção de exemplos cobertos pela regra pertencentes à classe predita C. É definida como a probabilidade condicional de A ser verdadeiro enquanto que C é verdadeiro também.

$$sens(R) = \frac{ac}{c} \quad \text{Equação 5}$$

A especificidade, apresentada na equação 6, é o correspondente aos exemplos que não são cobertos pela regra. É definida como a probabilidade condicional de A ser falso dado que C é falso.

$$spec(R) = \frac{\bar{ac}}{\bar{c}} \quad \text{Equação 6}$$

Já a cobertura, apresentada na equação 7, é a proporção de exemplos cobertos pela regra. Quanto maior for a cobertura, maior será a quantidade de exemplos cobertos pela regra.

$$cov(R) = \frac{a}{n} \quad \text{Equação 7}$$

O suporte, apresentada na equação 8, é a proporção de exemplos cobertos corretamente, quanto maior for, maior é o número pertencentes à classe em questão cobertos corretamente pela regra de classificação.

$$\text{sup}(R) = \frac{ac}{n} \quad \text{Equação 8}$$

E por fim a novidade, apresentada na equação 9, o qual indica o grau de interesse de uma regra, quanto mais o valor observado diferir do valor esperado, maior é a chance de que exista uma associação verdadeira e inesperada entre A e C. Desta forma, $-0,25 \leq \text{nov}(R) \leq 0,25$ (LAVRAC et al., 1999), quanto mais próximo de 0,25 é a novidade, mais forte é a associação entre A e C, enquanto que quanto mais próximo de -0,25, mais forte é a associação entre A e $\bar{C}$.

$$\text{nov}(R) = \frac{ac}{n} - \frac{a \times c}{n^2} \quad \text{Equação 9}$$

Vale et al. (2008) utilizaram também a mineração de dados para construção de árvore de decisão a partir de dados meteorológicos e de frangos de corte para modelar o impacto da incidência de ondas de calor na mortalidade de frangos de corte. Lima (2007) utilizou a técnica da árvore de decisão a fim de modelar padrões de incubação em incubatórios de matrizes de postura.

2.10. Geoestatística

O presente trabalho utilizará a geoestatística para modelar a dependência espacial das variáveis climáticas tais como temperatura, umidade e velocidade do vento, como também as concentrações de gases de NH_3 e CO_2 . A geoestatística é uma ferramenta da estatística que permite a interpretação dos resultados baseada na estrutura de sua variabilidade natural. No caso de fenômenos naturais deve-se verificar a dependência espacial da variável em estudo, antes da escolha da metodologia estatística de análise de dados (FREITAS, 2000).

A dependência espacial será avaliada por meio da geoestatística, conforme Vieira (2000), por meio do cálculo da semivariância. A análise geoestatística é baseada na suposição de que medições separadas por distâncias pequenas são mais semelhantes umas às outras do que aquelas separadas por distâncias maiores. A semivariância é, por definição, dada pela equação 10:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{Equação 10}$$

Onde o semivariograma é uma função do vetor h e, portanto, depende da magnitude e da

direção h .

A semivariância é estimada pela equação 11:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{Equação 11}$$

sendo: $N(h)$ é o número de pares de valores medidos, $z(x_i)$ e $z(x_i+h)$, separados por um vetor distância h e, $z(x_i)$ e $z(x_i+h)$ são valores da i -ésima observação da variável regionalizada, coletados nos pontos x_i e x_i+h ($i=1, \dots, n$), separados pelo vetor h . O gráfico de $\gamma^*(h)$ contra os valores correspondentes de h , é denominado semivariograma. Do ajuste do modelo matemático aos valores calculados de $\gamma^*(h)$, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (efeito pepita, C_0 ; patamar, C_0+C_1 ; alcance, a).

O procedimento de ajuste do semivariograma é iterativo, ou seja, em seu processo o intérprete faz um primeiro ajuste e verifica a adequação do modelo teórico. Os modelos de ajuste podem ser do tipo: com patamar (esférico, exponencial e gaussiano) e sem patamar (potência).

O método de interpolação utilizado na geoestatística é a krigagem, esta usa a dependência espacial entre as amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima. A krigagem difere-se dos demais métodos de inferência devido à atribuição de pesos às diferentes amostras. Esse procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que neste os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental (VIEIRA, 2000). Faria et al. (2007) utilizaram a geoestatística como ferramenta para a determinação da variabilidade espacial do microclima para confinamento de bovinos de leite, avaliando diferentes sistemas de climatização e a homogeneidade dos ambientes resultantes.

Miragliotta (2005) também utilizou a análise geoestatística para avaliação da distribuição das variáveis climáticas dividindo o aviário em 132 quadrantes, objetivando avaliação do ambiente interno em relação a diferentes sistemas de ventilação e diferentes densidades de frangos de corte.

Miles et al. (2008) também utilizaram a geoestatística para caracterizar a variabilidade espacial e temporal do fluxo de NH_3 e N_2O (óxido nitroso) na cama de frango.

2.11. Termografia

A mensuração da temperatura através da câmera de infravermelho é feita através da detecção da energia infravermelha emitida por todos os materiais os quais apresentam temperatura acima de zero grau absoluto (0,00 °F), ou seja, 17,78 °C negativos.

A câmera infravermelha termográfica auxilia na determinação da temperatura de superfície. Esta técnica é utilizada, pois apresenta a vantagem de mensurar a temperatura sem a necessidade do contato, como ocorre com termômetro comum além de abranger maiores áreas na mensuração da temperatura de superfície. Assim, a termografia é uma ferramenta poderosa para o monitoramento remoto da temperatura e está sendo utilizadas em várias aplicações (IBARRA et al., 2000).

Os autores Chepete e Xin (2001) investigaram a eficácia do resfriamento do ambiente através da nebulização na produção de poedeiras em gaiolas com idades de 20, 38 e 56 semanas de vida. A termografia tem sido utilizada para identificar a distribuição da temperatura superficial e o calor produzido pelos animais (KORHONEN e HARRI, 1986) além de no caso de aves, o calor produzido pela cama (XIN, 1998). Mohler e Heath (1988) também concluíram que o método da mensuração da temperatura através da câmera infravermelha apresenta maior controle e precisão da mensuração da temperatura de superfície enquanto que outros tipos de termômetros coletam dados pontuais de temperatura.

Como o presente projeto tem enfoque no sistema de ventilação mínima, este método será utilizado por permitir a visualização de parâmetros termográficos quantitativos e qualitativos da transmissão de calor nas superfícies a serem avaliadas (CARLOMAGNO e DE LUCA, 1989).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em 4 aviários de frangos de corte utilizando diferentes sistemas de ventilação mínima, contendo aves em fase inicial da linhagem Cobb, ou seja, com 1, 7 e 14 dias de idade. Os diferentes sistemas de ventilação mínima, considerados tratamentos foram:

- Tratamento 1: Exaustores + manejo de cortinas no fundo do aviário;
- Tratamento 2: Exaustores + manejo de cortinas laterais;
- Tratamento 3: Exaustores + válvula e
- Tratamento 4: Ventilação natural com manejo das cortinas laterais.

Nestes aviários foram avaliadas as variáveis climáticas, sendo a temperatura de bulbo seco do ar, a umidade relativa do ar, a luminosidade e a velocidade do ar, como também a concentração de dióxido de carbono e amônia e parâmetros da cama de frango tais como a umidade, temperatura superficial e pH.

A coleta de dados foi realizada no inverno de 2008 para os Tratamentos 1 e 2, e no verão e inverno de 2009 para os Tratamentos 3 e 4. Sendo realizadas em quatro horários distintos, às 9h00min, 14h00min, 17h00min e 21h00min.

3.1. Descrição dos aviários

A descrição dos aviários para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 estão apresentados na Tabela 7, entretanto alguns dados complementares foram especificados nos itens em seguida.

Tabela 7. Descrição dos aviários para os quatro tratamentos.

Características	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Tipo de galpão	Túnel de pressão negativa	Túnel de pressão negativa	Túnel de pressão negativa	Convencional
Localização	Monte Alegre do Sul – SP		Mombuca – SP	
Densidade	17,00 aves m ⁻²	16,00 aves m ⁻²	15,00 aves m ⁻²	14,00 aves m ⁻²
Pé-direito	3,00 m	3,25 m	3,00 m	3,50 m
Dimensão	22,00 x 90,00 m	9,00 x 125,00 m	18,00 x 120,00 m	12,00 x 120,00 m
Mureta	0,40 m	0,50 m	0,40 m	0,60 m
Tela	Anti-pássaro com dimensões de aberturas de 0,02 x 0,03 m			
Telhado	Fibro-cimento			
Cama	Reutilizada: casca de arroz e café		Reutilizada: Maravalha fina	
Forro	Polietileno azul	Polietileno amarelo	Polietileno preto e laminado - <i>Foil</i> [®]	Sem forro
Piso	Cimentado			
Comedouros	Automáticos dispostos em 5 linhas no comprimento do aviário	Automáticos dispostos em 3 linhas no comprimento do aviário	Automáticos dispostos em 4 linhas no comprimento do aviário	Automáticos dispostos em 2 linhas no comprimento do aviário
Bebedouros	<i>Nipple</i> - 10 linhas	<i>Nipple</i> - 6 linhas	<i>Nipple</i> - 8 linhas	Pendular automático - 4 linhas
Sistema de ventilação	Exaustores			Ventiladores
Sistema de aquecimento	Manual à lenha		Automático à diesel	Manual à lenha

3.1.1. Tratamento 1: Exaustores + manejo de cortinas no fundo do aviário

As características do aviário onde foi feito o Tratamento 1 eram (Tabela 7):

- Tipo de galpão: galpão tipo túnel de pressão negativa, *Blue House* com entrada de ar na face oposta aos exaustores (Figura 12);
- Localização: município de Monte Alegre do Sul – SP, cujas coordenadas geográficas são: 22°40'05" Sul e 46°40'51" Oeste, com altitude de 750,00 m, clima Cwa;
- Estrutura Construtiva: material dos pilares e das vigas de alvenaria e material de sustentação do telhado de madeira;
- Nebulização: sistema de nebulização formado por 9 linhas paralelas dispostas no sentido transversal do aviário, contendo 15 bicos (média pressão) por linha;
- Cortinas: polietileno na cor azul movimentadas verticalmente no sentido de cima para baixo,

o casulo também é feito de ráfia na cor azul sendo aberta verticalmente no sentido de baixo para cima;

- Exaustores: 8 exaustores VA-130 (50”) Casp[®] com 1,00 CV – trifásico, com veneziana e cone com grade de proteção, rotação da hélice (3 pás) de 510 rpm e vazão nominal de 38.000 m³ h⁻¹, com seção circular de diâmetro de 1,30 m, localizados em uma das extremidades do aviário como ilustrado na Figura 12 (a);

- Sistema de Aquecimento: aquecedores manuais à lenha posicionadas no centro do pinteiro, utilizando tubo aquecedor, com consumo de 8m³ de lenha em todo o período de aquecimento das aves e

A Figura 12 ilustra como o pinteiro está alocado no Tratamento 1 sendo (a) a alocação do pinteiro com o casulo aberto, (b) alocação do aviário e (c) a entrada de ar no fundo do aviário.

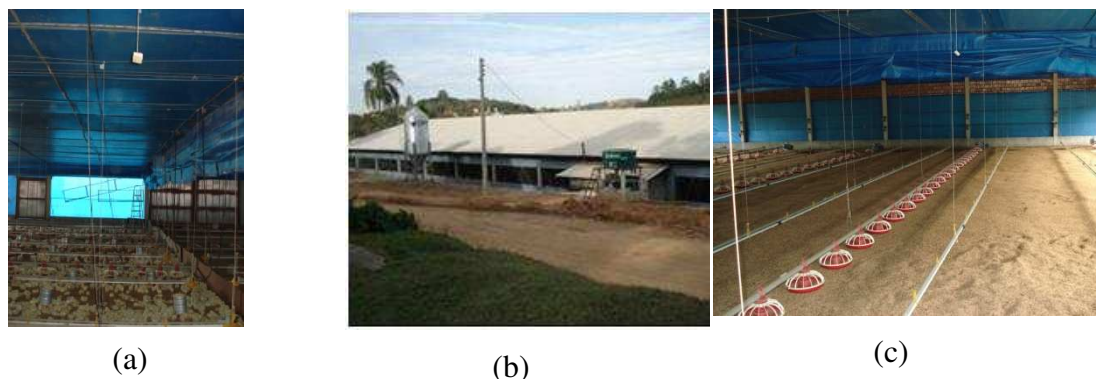


Figura 12. Aviário com entrada de ar na face oposta aos exaustores para ventilação mínima. (a) Pinteiro, (b) Vista externa ao aviário e (c) Entrada de ar nos fundos.

3.1.2. Tratamento 2: Exaustores + manejo de cortinas laterais.

As características do aviário onde foi feito o Tratamento 2 eram (Tabela 7):

- Tipo de galpão: galpão tipo túnel de pressão negativa, *Blue House* com entrada de ar nas faces laterais opostas aos exaustores;
- Localização: município de Monte Alegre do Sul – SP, cujas coordenadas geográficas são: 22°40'05” Sul e 46°40'51” Oeste, com altitude de 750,00 m, clima Cwa;
- Estrutura Construtiva: pilares metálicos, estrutura de sustentação do telhado de madeira;
- Nebulização: sistema de nebulização formado por 10 linhas paralelas dispostas no sentido transversal do aviário, contendo 10 bicos (média pressão) por linha;

- Cortinas: polietileno de cor azul abertas verticalmente no sentido de baixo para cima, enquanto que o casulo é feito de polietileno na cor azul sendo aberto verticalmente no sentido de baixo para cima;
- Exaustores: 8 exaustores VA-130 (50”) Casp[®] com 1,00 CV – trifásico, com veneziana e cone com grade de proteção, rotação da hélice (3 pás) de 510 rpm e vazão nominal de 38.000 m³ h⁻¹, com seção circular de diâmetro de 1,30 m, localizados em uma das faces do aviário;
- Entradas de ar: 0,20 x 10,00 m em cada lateral – Figura 13 (c) e
- Sistema de Aquecimento: aquecedores manuais à lenha posicionadas no centro do pinteiro, utilizando tubo aquecedor, com consumo de 6,12m³ de lenha no período de aquecimento das aves.

A Figura 13 ilustra o galpão onde foi feita a aquisição dos dados, a imagem do pinteiro (a), o fundo (b) e a abertura de cortina nas laterais (c) no fundo do aviário.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. Aviário de pressão negativa com entrada de ar lateral para ventilação mínima. (a) Pinteiro, (b) Vista externa ao aviário e (c) Entrada de ar lateral.

3.1.3. Tratamento 3: Exaustores + válvula.

As características do aviário onde foi feito o Tratamento 3 eram (Tabela 7):

- Tipo de galpão: galpão tipo túnel de pressão negativa, *Dark House* com entrada de ar na face oposta e laterais aos exaustores;
- Localização: município de Mombuca – SP, cujas coordenadas geográficas são: 22°55’45” Sul e 47°33’58” Oeste, com altitude de 550,00 m, clima Cwa;
- Estrutura Construtiva: pilares e vigas de alvenaria, estrutura de sustentação do telhado de madeira;
- Nebulização: não utiliza-se nebulizadores no interior do galpão;
- Cortinas: cortinas de material laminado (lado externo) e polietileno (lado interno) na cor preta abertas verticalmente no sentido de baixo para cima, enquanto que o casulo é feito de polietileno na cor preta sendo aberto verticalmente no sentido de cima para baixo;

- Forro: material laminado preto na face inferior e laminado na face superior (*Foil*[®]);
- Exaustores: 10 exaustores axial WF5015TCP (50”) *Munters*[®] com 1,50 CV – trifásico, com veneziana e cone com grade de proteção, 60Hz rotação da hélice (3 pás) de 580 rpm e vazão nominal de 47572 m³ h⁻¹, com seção circular de diâmetro de 1,30 m, localizados em uma das faces do aviário;
- Sistema de Aquecimento: aquecedor automático à diesel posicionado no centro do pinteiro, utilizando tubo aquecedor, com consumo de 740 litros de diesel no período do inverno e 180 litros de diesel no período do verão, quando as aves estão na fase de aquecimento e

A Figura 14 ilustra o galpão do Tratamento 3, o qual ilustra o pinteiro (a), o isolamento (b) e a entrada de ar nas laterais do aviário (c).

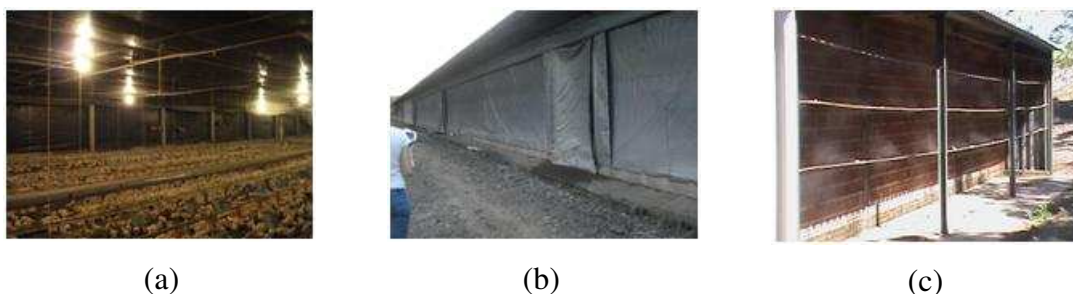


Figura 4. Aviário Dark House de pressão negativa com entrada de ar lateral e na face oposta aos exaustores para ventilação mínima. (a) Pinteiro, (b) Vista externa ao aviário e (c) Entrada de ar nos fundos e nas laterais.

3.1.4. Tratamento 4: Manejo das cortinas laterais

As características do aviário onde foi feito o Tratamento 4 eram (Tabela 7):

- Tipo de galpão: galpão tipo convencional com sistema de ventilação natural utilizando manejo de cortinas;
- Localização: município de Mombuca – SP, cujas coordenadas geográficas são: 22°55’45” Sul e 47°33’58” Oeste, com altitude de 550,00 m;
- Estrutura Construtiva: pilares, vigas e estrutura do telhado metálica;
- Nebulização: 2 linhas paralelas dispostas no sentido longitudinal do aviário, contendo 10 bicos (média pressão) por linha, sendo que na fase de aquecimento não era utilizado;
- Cortinas: polietileno na cor amarela levantadas verticalmente no sentido de baixo para cima, o pinteiro também é construído de polietileno na cor amarela sendo aberto verticalmente no sentido de cima para baixo;
- Ventiladores: 16 ventiladores do modelo de quatro pás com seção circular de diâmetro de 1,30

m, sendo 1 motor de 0,50 CV por ventilador, localizados em duas linhas no sentido longitudinal do galpão e

- Sistema de Aquecimento: 5 fornalhas manuais à lenha posicionadas no centro de cada um dos 5 círculos de proteção com consumo de 8,00 m³ de lenha no período do verão e 17,50 m³ de lenha no período do inverno, quando as aves estão em fase de aquecimento.

A Figura 15 ilustra o aviário com sistema de ventilação natural do Tratamento 4, a divisão do pinteiro através de círculos de proteção (a), o manejo de cortinas (b) e as características construtivas (c).

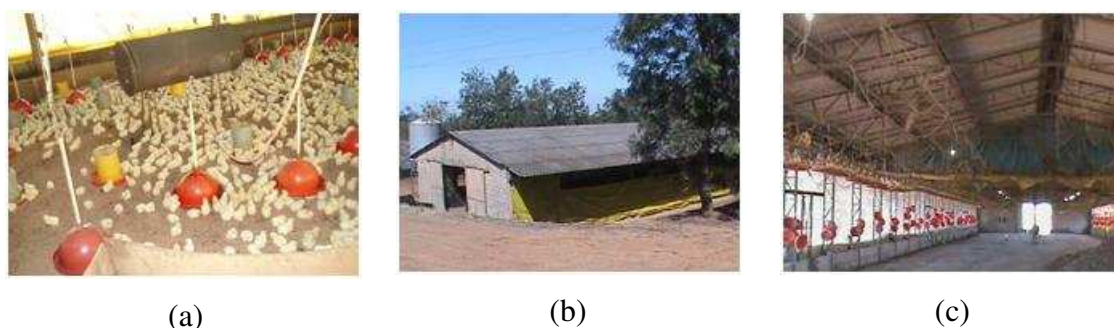


Figura 5. Aviário com sistema de ventilação mínima através do manejo de cortinas. (a) Pinteiro, (b) Vista externa ao aviário e (c) Vista interna do aviário.

3.2. Monitoramento Climático

3.2.1. Ambiente Interno dos Aviários

O monitoramento das condições climáticas no interior dos pinteiros foi feito com aves em fase de aquecimento, ou seja, com 1, 7 e 14 dias de idade e em quatro horários distintos, sendo às 9h00min, 14h00min, 17h00min e 21h00min. Para os 4 tipos de tratamentos as variáveis foram coletadas em 80 pontos equidistantes, na altura das aves. Os dados de temperatura de bulbo seco do ar – Tbs (°C), umidade relativa do ar – UR (%) e luminosidade – L (lux) foram coletados utilizando o equipamento THDL 400, da marca *Instrutherm*[®], conforme Figura 16.



Figura 6. Equipamento THDL 400, da marca Instrutherm®.

Para a coleta de velocidade do ar – Var (m s^{-1}) foi utilizado um anemômetro de fio quente VelociCalc® da marca TSI™, conforme Figura 17.



Figura 7. Anemômetro de fio quente VelociCalc® da marca TSI™.

A Figura 18 ilustra como o pinteiro foi dividido para a coleta de dados a fim de se fazer a análise geoestatística.



Figura 18. Distribuição dos pontos onde foram coletados as variáveis climáticas e concentração de gases para análise geoestatística.

Conforme as aves vão crescendo e se desenvolvendo ao longo das duas semanas, o tamanho do pinteiro também aumenta, as medidas destas dimensões estão representadas na Tabela 8.

Tabela 8. Variação das dimensões do pinteiro ao longo das duas semanas.

Tratamentos	1 dia de idade	7 dias de idade	14 dias de idade
Tratamento 1	22,00 x 30,00 m	22,00 x 60,00 m	22,00 x 90,00 m
Tratamento 2	9,00 x 40,00 m	9,00 x 80,00 m	9,00 x 120,00 m
Tratamento 3	18,00 x 50,00 m	18,00 x 70,00 m	18,00 x 86,00 m
Tratamento 4	12,00 x 55,00 m	12,00 x 62,00 m	12,00 x 86,00 m

3.3. Monitoramento da Ambiência Aérea

3.3.1. Concentração dos Gases NH₃ e CO₂ no Ambiente Interno

A avaliação da concentração de NH₃ (ppm) e CO₂ (ppm) no ambiente interno dos aviários foi feita na altura das aves nos 80 quadrantes virtuais equidistantes (Figura 18). Para isso utilizou-se o equipamento *GasAlertMicro 5*, *BW Technologies*[®], ilustrado na Figura 19, para as coletas de concentração de gases nos quatro horários distintos (09h00min, 14h00min, 17h00min e 21h00min) no 1º, 7º e 14º dia de idade das aves.



Figura 19. Equipamento GasAlertMicro 5, BW Technologies[®].

3.4. Monitoramento do Ambiente Externo

A estação meteorológica, HOB0[®], coletou e armazenou dados meteorológicos externos ao galpão de temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do ar, direção do vento, pluviosidade e radiação incidente. A estação foi posicionada em um local aberto, plano, com forração de gramíneas no piso, protegido de animais, livre de construções e árvores. A Figura 20 mostra a estação meteorológica locada em uma das granjas avaliadas.



Figura 80. Estação Meteorológica, Hobo®.

3.5. Cálculo do Índice de Conforto Térmico

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado através da equação 12 desenvolvida por Chepete et al. (2005).

$$ITU = (0,62 \times T_{bs}) + (0,38 \times T_{bu})$$

Equação 12

Onde:

ITU – Índice de Temperatura e Umidade, T_{bs} – Temperatura de bulbo seco [°C], T_{bu} – Temperatura de bulbo úmido [°C].

Para o cálculo da T_{bu} , todas as variáveis climáticas coletadas nos 4 tratamentos foram submetidas ao programa computacional desenvolvido pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Psicro v.1.4 – DAU – UFRRJ – RC/2001 utilizando a temperatura do ar, umidade relativa e altitude barométrica (metros) dos municípios estudados. Neste caso, foi possível através dos valores de ITU avaliar o conforto térmico das aves em relação aos diferentes tipos de sistema de ventilação mínima utilizado no interior dos pinteiros para os 80 pontos equidistantes.

3.6. Monitoramento das Condições da Cama

A avaliação da umidade, temperatura de superfície e pH da cama de frango, foram coletadas amostras nos mesmos 80 pontos como ilustrado na Figura 18, semanalmente, ou seja, no 1º, 7º e 14º dia de coleta.

3.6.1. Umidade da cama

Para a avaliação da umidade da cama de frango foi utilizado o Método de Determinação do Grau de Umidade recomendado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992).

O material foi coletado manualmente, com o cuidado de a amostra conter toda a profundidade da cama. Logo depois as amostras foram depositadas em saquinhos enumeradas de forma a manter o mapeamento segundo suas localizações. Esse material foi armazenado em caixas de material de poliestireno expandido, com gelos recicláveis para acondicionamento e conservação das características físico-químicas.

Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas separadamente para desfazer os torrões de cama de frango encontrados no material.

A metodologia para determinação da umidade da cama de frango utilizou os seguintes passos:

1. Regular a temperatura da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (Figura 21);



Figura 21. Estufa de Secagem e Esterilização Modelo 320-SE, Circulação Mecânica, Fanem[®].

2. Identificar e pesar o recipiente com tampa em balança analítica previamente calibrada (Lata nº / Peso_cadinho) como a Figura 22;



Figura 22. Cadinhos de alumínio, dimensões de 0,05m de diâmetro por 0,07 m de altura.

3. Homogeneizar a amostra de cama de frango numa bandeja plástica com luva e colocar uniformemente, uma quantidade aproximada de 10g de cama no recipiente, pesando-o novamente (Peso Bruto Inicial), a balança de precisão utilizada está ilustrada na Figura 23;



Figura 23. Balança eletrônica Modelo HR-200, AND® com capacidade de 210g.

4. Colocar os recipientes na estufa a 105°C abertos sobre as tampas por 24h;
5. Retirar os recipientes, tampá-los e imediatamente, acondicioná-los em dissecadores até que esfriem por completo;
6. Pesar os recipientes fechados (Peso Bruto Final);
7. Calcular a percentagem de umidade aplicando-se a equação 13.

$$\%deUmidade = \frac{(Peso_Bruto_{inicial} - Peso_Bruto_{final}) \times 100}{(Peso_Bruto_{inicial} - (Peso_Líquido_{inicial}))} \quad \text{Equação 13}$$

3.6.2. Temperatura superficial da cama

A temperatura superficial da cama foi monitorada utilizando um termômetro de superfície à laser no 80 pontos equidistantes (Figura 18), Omegascope®, do Modelo 05520 Series, conforme a Figura 24.



Figura 24. Termômetro de superfície, Omegascope®, do Modelo 05520 Series.

3.6.3. pH da cama

O pH da cama foi avaliado semanalmente também nos 80 pontos como ilustrado na Figura 17.

A determinação do pH utilizou a metodologia de Miragliotta (2005):

1. Pesagem de 10g de amostra da cama-de-frango;
2. Dissolução da amostra em 100 mL de água destilada em copo de plástico descartável, seguido de homogeneização do material utilizando-se pá de madeira descartável, de modo a dissolver os grumos existentes;
3. Aguardar o período de 30 minutos em repouso, para a sedimentação do material;
4. Leitura do pH com a introdução do bulbo do pH-metro digital Modelo PM608 ANALION®, mostrado na Figura 25.



Figura 25. PH-metro digital.

3.7. Consumo de água

A avaliação do consumo de água das aves foi realizada utilizando-se um hidrômetro localizado na caixa d'água responsável pelo abastecimento dos bebedouros, conforme ilustrado na Figura 26. A coleta do consumo de água foi realizada em um intervalo de tempo de aproximadamente 45 minutos, em quatro horários distintos, sendo às 9h00min, 14h00min, 17h00min e 21h00min.



Figura 26. Higrômetro Delta® para monitorar o consumo de água.

3.8. Monitoramento da Temperatura de Superfície

Utilizou-se uma câmera de infravermelho *Thermal Imager* – Testo 880 para o monitoramento da temperatura superficial interna e externa do pinteiro (Figura 27), bem como da distribuição de temperatura em toda a área superficial das aves, possibilitando a visualização das regiões onde se faz a troca de calor com o ambiente externo, bem como a perda do aquecimento em relação ao manejo da ventilação mínima. O uso deste tipo de câmera iniciou em pesquisas relacionadas com a transferência de calor por não ser um método de coleta de temperatura invasivo. Pode-se assim visualizar o fluxo de calor de forma quantitativa e qualitativa (CARLOMAGNO e DE LUCA, 1989).

Para a coleta das imagens, a câmera foi testada no Laboratório de Conforto Térmico II, localizado na Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Dessa forma, foi possível constatar do melhor ângulo, altura e distância para a obtenção da melhor qualidade de imagens.



Figura 27. Câmera de Infravermelho – Testo 880.

In loco foram determinados o local e a quantidade de imagens necessárias para a avaliação. A metodologia para captura das imagens termográficas pode ser observada na Figura 28.

As imagens foram salvas e analisadas em um computador utilizando *Testo IRTSoft Software* comercializado junto com a câmera termográfica, e que é capaz de processar a foto de maneira a construir o histograma de parcelas importantes da imagem ou de pontos previamente escolhidos, oferecendo a possibilidade do cálculo da média e desvio padrão das temperaturas de regiões da imagem.

Foi fotografada toda a estrutura que limita o pinteiro, ou seja, todo o limite físico do pinteiro nas condições internas e externas, contendo as cortinas, o forro localizado no teto, a cama onde estão alojados os pintinhos e o sistema de ventilação mínima. Desta forma, foi possível confeccionar o mapeamento da temperatura de superfície do interior do pinteiro para avaliação e pontuação dos pontos críticos.

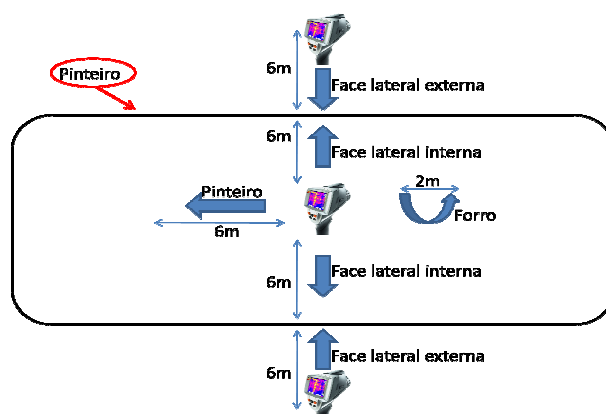


Figura 9. Metodologia para capturar as imagens termográficas.

3.9. Precisão dos equipamentos utilizados

A Tabela 9 apresenta todos os equipamentos utilizados para aquisição dos dados e seus respectivos valores de precisão.

Tabela 9. Listagem dos equipamentos utilizados para a coleta das variáveis e suas respectivas precisões.

Equipamento	Variáveis Coletadas	Precisão
Termo-Hidro_Luxímetro Modelo THDL 400, Instrument [®]	Temperatura de Bulbo Seco Umidade Relativa do Ar Luminosidade	$\pm 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\pm 10^{-1} \%$ $\pm 10^{-2} \text{ lux}$
Anemômetro de fio quente, VelociCalc [®] TSI _{TM}	Velocidade do Ar	$\pm 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$
GasAlertMicro 5, BW Technologies [®]	Concentração Amônia	$\pm 10^0 \text{ ppm}$
Balança eletrônica Modelo HR-200, AND [®]	Concentração Dióxido de Carbono	$\pm 50^1 \text{ ppm}$
pH-metro Digital Modelo PM608, ANALION [®]	Peso da Cama de Frango	$\pm 10^{-3} \text{ g}$
Higrômetro, Delta [®]	pH da Cama de Frango	$\pm 10^{-2}$
Termômetro de Superfície Modelo 05520, Series Omegascope [®] ,	Consumo de Água	$\pm 10^0 \text{ m}^3$
	Temperatura de Superfície	$\pm 10^0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

3.10. Análise dos Dados

Os dados foram analisados de três maneiras distintas, de forma que cada tipo de análise dos dados completasse o outro no sentido de sustentar a avaliação e o estudo da ventilação mínima. A Tabela 10 apresenta a maneira e os dados analisados em cada uma das análises.

Tabela 10. Divisão das variáveis para cada análise dos dados.

		Estatística	Mineração de Dados	Geoestatística
Variáveis	Tbs	X	X	X
	UR	X	X	X
	Var	X	X	X
	L	X	X	-
	CO ₂	X	X	X
	NH ₃	X	X	X
	T_cama	X	X	-
	pH_cama	X	X	-
	U_cama	X	X	-
Estação	Inverno	X	X	X
	Verão	X	X	-
Horários	9h00min	X	X	X
	14h00min	-	X	-
	17h00min	X	X	X
	21h00min	X	X	-
Idade das Aves	1dia	X	X	X
	7dias	X	X	X
	14dias	X	X	X
Tratamentos	T1	X	X	X
	T2	X	X	X
	T3	X	X	X
	T4	X	X	X

Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama de frango, pH_cama – pH da cama de frango, U_cama – umidade da cama de frango, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3 e T4 – tratamento 4.

3.11. Ajuste das variáveis de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar.

As variáveis climáticas foram coletadas manualmente de forma que o valor de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar se alteravam ao longo da coleta de dados que teve duração aproximada de 45 minutos por galpão. Como era de se esperar, conforme o valor de temperatura aumentava, o valor da umidade relativa diminuía quando a coleta de dados aproximava-se do horário mais quente do dia (15h00min) e vice-versa quando a coleta de dados aproximava-se do horário mais frio do dia (madrugada). Desta forma foi necessário adotar um modelo o qual permite ajustar as variáveis de forma a considerar que foram todas coletadas simultaneamente, evitando que o tempo de coleta de dados influencie na análise dos dados.

A Figura 29 apresenta como foi realizada a coleta de dados, o ponto “P_i” indica o início da coleta de dados, indo em direção ao ponto final “P₇₉”, como pode ser observado na linha que percorre toda a extensão do aviário. Assim que era finalizada a coleta dos dados, a temperatura e umidade relativa do ponto “P₀” era aferida novamente (P₈₀) permitindo a correção dos demais pontos como pode ser observado na Equação 14.



Figura 29. Ajuste das variáveis climáticas.

P₇₉ – ponto final de coleta dos dados, P₀ – ponto inicial da coleta dos dados.

$$\Delta = \frac{(P_{80} - P_0)}{80} \quad \text{Equação 14}$$

Os demais pontos foram corrigidos de acordo com a equação 15 que considera como “P_i” como tempo zero, e os pontos subsequentes como tempo 1, 2,até o ponto 79.

$$P_i = P_0 + (\Delta \times \text{Tempo}) \quad \text{para } i = 0, 1, 2, 3, \dots, 79 \quad \text{Equação 15}$$

Desta forma têm-se os valores corrigidos segundo a metodologia proposta por Barato et al. (2006).

3.11.1. Análise estatística

As variáveis de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, luminosidade, concentração de amônia e dióxido de carbono, pH da cama, umidade da cama, temperatura superficial da cama, foram analisadas utilizando-se o *software* de análise estatística STATGRAPHICS Centurion XVI.1[®], no qual realizou-se as comparações de médias através do Teste de Tukey e o teste ANOVA o qual objetiva verificar se as médias amostrais de um conjunto de n amostras, com $n > 2$, são significativamente iguais ou não.

3.11.2. Mineração de Dados

A análise dos dados também foi feita através da mineração de dados, utilizando o *software* Weka[®] 3.5.6. e o algoritmo J48, para cada sistema de ventilação mínima. Foi utilizada a metodologia CRISP-DM – *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (CHAPMAN et al., 2000) a qual propõe a execução do projeto em seis fases distintas (Figura 30), sendo:

- Entendimento do domínio: conhecimento dos objetivos do estudo e requisitos necessários, convertendo o conhecimento em um problema de mineração de dados;
- Entendimento dos dados: é a fase o qual se faz a coleta e se ganha familiaridade dos dados, identificando problemas em sua coleta (fase piloto);
- Preparação dos dados: construção do banco de dados final para se fazer a modelagem, esta fase está subdividida em ‘seleção de atributos’, ‘seleção de registros’, ‘transformação e limpeza dos dados’;
- Modelagem: é a fase na qual será construído o modelo (árvore de decisão) e pode ocorrer necessidade de retornar a fase anterior (Preparação dos dados) para possíveis ajustes;
- Avaliação: o modelo (árvore de decisão) já está construído e precisa ser avaliado para averiguar se atende os objetivos propostos na primeira fase (Entendimento do domínio) antes de poder ser utilizado e se o modelo leva em consideração todos os parâmetros importantes para a aplicação e
- Aplicação: o modelo (árvore de decisão) está pronto para ser entendido e utilizado a partir da geração de novos conhecimentos.



Figura 30. Metodologia CRISP-DM – *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* proposta por Chapman et al., 2000.

3.11.2.1. Entendimento do domínio

Esta etapa compreende o delineamento dos objetivos e requisitos necessários, convertendo o problema atual em um problema de Mineração de Dados.

O objetivo foi a avaliação da influência dos diferentes sistemas de ventilação mínima, Tratamento 1, Tratamento 2, Tratamento 3 e Tratamento 4, no ambiente interno dos aviários para produção de frangos de corte visando à adequação das variáveis climáticas (temperatura de bulbo seco, umidade relativa, velocidade do ar, luminosidade), concentração de gases (NH_3 e CO_2) e os parâmetros cama de frangos pH, temperatura de superfície e umidade, na fase de aquecimento. Desta forma, a partir das condições internas do galpão, foi possível avaliar o quão o manejo estava adequado ao bem-estar das aves. A partir de então o atributo meta foi responsável em classificar o manejo utilizado pelo produtor, subdividindo-se em manejo “Muito Bom”, “Bom”, “Regular” e “Ruim”, e a partir desta classificação, quais fatores estão efetivamente influenciando na qualidade do ambiente térmico e aéreo. Quando o modelo fosse capaz de visualizar o que ocorria de fato no interior do pinteiro e apontar qual o erro de manejo, este modelo seria considerado adequado.

3.11.2.2. Entendimento dos Dados

Esta fase compreendeu o entendimento do domínio, para isso foi feita a revisão bibliográfica e pesquisas sobre o objetivo da dissertação para selecionar quais dados seriam processados e analisados. Os dados foram padronizados quanto ao formato digital (.xls e .csv) e avaliados sobre a quantidade, qualidade e tipo dos dados em relação ao conjunto total do banco de dados.

3.11.2.3. Preparação dos Dados

A coleta de dados foi realizada conforme já descrito no item 3.3.

3.11.2.4. Seleção de Atributos e Registros

Inicialmente os dados coletados estavam dispostos em apenas um banco de dados, entretanto, foi dividido em quatro bancos de dados para compreender cada tratamento específico. Para o Tratamento 1 o banco de dados apresentou 23 atributos com um total de 16560 registros, já para o Tratamento 2 o banco de dados apresentou 23 atributos com um total de 16560 registros, no Tratamento 3 o banco de dados apresentou 23 atributos com um total de

44160 registros e no Tratamento 4 o banco de dados apresentou 22 atributos com um total de 42240 registros. A Tabela 11 apresenta os atributos os quais foram utilizados para a construção da árvore de decisão.

Tabela 11. Atributos finais dos bancos de dados dos diferentes sistemas de ventilação mínima.

Tratamentos	Atributos
Tratamento 1	Estação: verão, inverno; Idade: 1, 7, 14; Horário: 9, 14, 17, 21; Tbs[°C]; URar[%]; Tbu[°C]; ITU[adm]; Var[m.s ⁻¹]; L[lux]; CO ₂ [ppm]; NH ₃ [ppm]; Tcama[°C]; pHcama[adm]; Ucama[%]; Consumo de água[L min ⁻¹ ave ⁻¹]; TBs_ext[°C], UR_ext[%]; Var_ext[m s ⁻¹]; Manejo_cortinas: cortina, dupla, meiacortinaaberta, meiacasuloaberto; Manejo_exaustores: 0, 2, 3, 4, 6; Classificação: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim
Tratamento 2	Estação: verão, inverno; Idade: 1, 7, 14; Horário: 9, 14, 17, 21; Tbs[°C]; URar[%]; Tbu[°C]; ITU[adm]; Var[m s ⁻¹]; L[lux]; CO ₂ [ppm]; NH ₃ [ppm]; Tcama[°C]; pHcama[adm]; Ucama[%]; Consumo de água[L min ⁻¹ ave ⁻¹]; TBs_ext[°C], UR_ext[%]; Var_ext[m s ⁻¹]; Manejo_cortinas: cortina, dupla, meiacortinaaberta, meiocasuloaberto; Manejo_exaustores: 0, 2, 3, 4, 6; Classificação: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim
Tratamento 3	Estação: verão, inverno; Idade: 1, 7, 14; Horário: 9, 14, 17, 21; Tbs[°C]; URar[%]; Tbu[°C]; ITU[adm]; Var[m s ⁻¹]; L[lux]; CO ₂ [ppm]; NH ₃ [ppm]; Tcama[°C]; pHcama[adm]; Ucama[%]; Consumo de água[L min ⁻¹ ave ⁻¹]; TBs_ext[°C], UR_ext[%]; Var_ext[m s ⁻¹]; Manejo_cortinas: cortina, dupla, meiacortinaaberta, meiocasuloaberto; Manejo_exaustores: 0, 2, 3, 4, 6; Classificação: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim
Tratamento 4	Estação: verão, inverno; Idade: 1, 7, 1; Horário: 9, 14, 17, 21; Tbs[°C]; URar[%]; Tbu[°C]; ITU[adm]; Var[m s ⁻¹]; L[lux]; CO ₂ [ppm]; NH ₃ [ppm]; Tcama[°C]; pHcama[adm]; Ucama[%]; Consumo de água[L min ⁻¹ ave ⁻¹]; TBs_ext[°C], UR_ext[%]; Var_ext[m s ⁻¹]; Manejo_cortinas: cortina, dupla, meiacortinaaberta, meiocasuloaberto; Classificação: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim

Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, ITU – índice de conforto térmico, Var – velocidade do ar, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, pH_cama – pH da cama de frango, U_cama – umidade da cama, Tbu – temperatura de bulbo úmido.

3.11.2.5. Transformação e Limpeza dos Dados

Primeiramente os dados de idade das aves e do horário de coleta de dados foram transformados de numéricos para literais. Os dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar foram mantidos como numéricos e ajustados conforme descrito no item 3.4.2. A partir deles obteve-se a temperatura de bulbo úmido através do *software* Psicro V1.4 – Dau – UFRRJ – RC/2001, o qual inserindo os dados climáticos e a pressão barométrica da região onde estavam alocados os aviários foi possível a determinação da temperatura de bulbo úmido.

Desta forma, foi possível a utilização da equação para determinação do índice de temperatura e umidade desenvolvida por Chepete et al. (2005).

Os registros de velocidade do ar, luminosidade, concentração de CO₂ e NH₃, temperatura superficial da cama de frango, pH da cama de frango e umidade da cama de frango foram mantidos como numéricos. Já os dados relativos ao aquecimento do pinteiro diferenciou-se pela unidade, sendo nos tratamentos 1, 2 e 4 a unidade de m³ (combustível - lenha) e no tratamento 3 em litros (combustível - diesel).

O consumo de água foi mantido também como numérico com unidade de m³ min⁻¹ ave⁻¹, esses dados foram transformados fazendo a diferença entre o valor do hidrômetro antes e depois da coleta de dados nos horários pré-definidos e a partir daí foi dividido pelo tempo da coleta e pelo número de aves que estavam contidas no interior dos aviários. Já os dados da estação meteorológica (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar externa) foram selecionados a fim de se obter os dados apenas referentes aos horários de coleta no interior dos galpões, então como a estação registrava dados de 15 em 15 minutos.

Outro atributo considerado foi o posicionamento das cortinas e casulos, o qual foi transformado em quatro diferentes registros possíveis: cortina – quando apenas a cortina estava fechada, dupla – quando estava a cortina e o casulo fechados, 0,5 cortina aberta – quando há apenas a cortina metade aberta e 1/2casulo aberto – quando há a cortina fechada e o casulo metade aberto. Os dados sobre o manejo dos exaustores também foram mantidos como literais os quais foram transformados em cinco diferentes registros possíveis: 0exaustores, 2exaustores, 3exaustores, 4exaustores, 6exaustores, o qual apresenta quantos exaustores estavam ligados no momento da coleta para fazer a renovação de ar e o atributo meta foi classificado como: Muito Bom, Bom, Regular e Ruim.

Para classificar o atributo meta foi utilizada a adequação das variáveis, ou seja, para as variáveis de temperatura de bulbo seco, umidade relativa, ITU, velocidade do ar, concentração de amônia e de dióxido de carbono, temperatura superficial da cama, pH da cama e umidade da cama foi determinado um intervalo o qual o atributo seria classificado binariamente como 1 caso estivesse adequado e 0 caso não estivesse adequado; somando-se todas as adequações chegou-se em um valor discreto variando entre 0 e 9. Neste caso, se a somatória fosse igual a 9 ou 8, a classificação seria Muito Bom, sendo a somatória entre 7 e 6 classificou-se como Bom, somatória igual 5 ou 4 seria Regular e abaixo do valor de 4 foi considerado com Ruim.

Definido o atributo meta – Classificação, todas as nove colunas foram retiradas de adequações para a modelagem e construção da árvore de decisão.

A Tabela 12 apresenta os parâmetros utilizados para a adequação utilizando Cobb (2008) para Tbs, UR e ITU como visto no item 2.3., Var segundo Barnwell e Wilson (2005), concentração de CO₂ e NH₃ segundo o Globalgap 2007, T_cama segundo Cobb (2008), pH_cama segundo Elliot e Collins (1983) e U_cama segundo Cobb (2008) e Almeida (1986).

Tabela 12. Intervalo das variáveis coletadas para adequação, classificados binariamente como 1 caso estivesse adequados e 0 caso estivessem inadequados.

Variáveis	1dia	7dias	14dias
Tbs [°C]	$Tbs \geq 32,00$	$28,00 \leq Tbs \leq 30,00$	$28,00 \leq Tbs \leq 27,00$
UR [%]	$29,00 \leq UR \leq 50,00$	$40,00 \leq UR \leq 60,00$	$50,00 \leq UR \leq 60,00$
ITU [adm ¹]	$27,25 \leq ITU \leq 29,81$	$25,35 \leq ITU \leq 27,68$	$25,76 \leq ITU \leq 24,19$
Var [m s ⁻¹]	$Var < 0,50$	$Var < 0,50$	$Var < 0,50$
CO ₂ [ppm]	$CO_2 < 3000$	$CO_2 < 3000$	$CO_2 < 3000$
NH ₃ [ppm]	$NH_3 < 20$	$NH_3 < 20$	$NH_3 < 20$
Tsuperfície_cama [°C]	$27 \leq T_{cama} \leq 32$	$27 \leq T_{cama} \leq 32$	$27 \leq T_{cama} \leq 32$
pH_cama [adm ¹]	$pH_{cama} < 5,50$	$pH_{cama} < 5,50$	$pH_{cama} < 5,50$
Umidade_cama [%]	$U_{cama} < 35,00$	$U_{cama} < 35,00$	$U_{cama} < 35,00$

¹ Unidade adimensional, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, ITU – índice de conforto térmico, Var – velocidade do ar, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, pH_cama – pH da cama de frango, U_cama – umidade da cama.

Todos os dados foram escritos à mão em planilhas de papel, posteriormente passados para o computador no programa computacional *Microsoft Office Excel 2007*[®]. Desta forma, os dados não apresentavam *missing values*, porém existiam *outliers* os quais foram avaliados individualmente e corrigidos. Para isso, foi feito o teste de normalidade dos dados para percepção destes, bem como a visualização dos registros quando passados para planilha do *Microsoft Office Excel 2003*[®]. Quando ocorria a identificação de valores digitados incorretamente pelo digitador, este valor era corrigido através da procura deste no bloco de notas preenchido à mão.

3.11.2.6. Dificuldades encontradas

Foram verificados *outliers* nos registros da UR e Tbs por falhas de digitação, escritos da seguinte forma: “54,467,3”; assim foi considerado o primeiro valor, ou seja, 54,4.

Identificaram-se problemas na nomenclatura de alguns atributos como símbolos relacionados à temperatura °C o qual pode apresentar problemas na modelagem e na

construção da árvore de decisão, por isso as unidades das variáveis foram retiradas.

Outra dificuldade encontrada foi padronizar os registros no mesmo atributo, como por exemplo, o atributo “manejo de cortinas” apresentavam vários registros diferentes, estes foram padronizados para os quatro tratamentos.

Registros que apresentavam problemas de leituras foram desconsiderados para não haver ruído e problemas para a Modelagem.

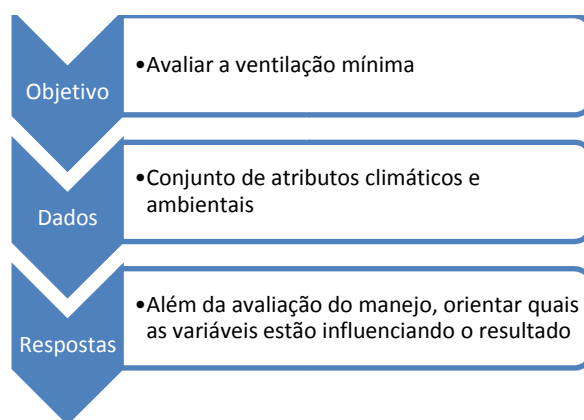
A partir da construção das árvores de decisão não ocorreu classificação “Muito bom”, esse fato se deve à poda que foi feita para desenvolvimento do modelo.

3.11.2.7. Modelagem

Os dados foram transformados em dados digitais através do *software Microsoft Office Excel 2007*[®], o qual foi avaliado e transformado ao formato “.csv” para que o software de Mineração de Dados conseguisse processá-los. A partir disso, foi utilizado o programa Weka[®] versão 3.5.6. A tarefa utilizada foi a de classificação, sendo possível a construção de uma Árvore de Decisão.

A partir da Árvore de Decisão é possível notar que o primeiro atributo, com maior poder de classificação é o nó raiz. E assim a árvore vai se dividindo em ramos formando novos nós, no final da árvore (pontas) são denominadas folhas que são as classificações.

No decorrer dos ramos, é possível visualizar regras que a árvore segue.



As divisões condicionais a partir de um nós raiz SE atributo $x \leq$ ou $> y$, ENTÃO classe, estabelecem critérios da classificação e formam os demais ramos da árvore de decisão. Desta forma, a partir do nó raiz, se estabelecem as regras do modelo na forma Corpo (SE) com o conector lógico E, formando o antecedente, associado a um conseqüente (ENTÃO), denominado cabeça da regra.

3.11.2.8. Avaliação

Seguindo as etapas anteriores é possível gerar vários modelos através das diferentes abordagens, sendo comparados entre si para determinação de qual seria o mais adequado em relação ao objetivo inicial. A avaliação foi feita através da precisão dos modelos e das classes.

Os critérios utilizados para a seleção do modelo foram a precisão do modelo, precisão da classificação, capacidade de compreensão das regras geradas – julgadas por especialistas e complexibilidade da árvore de decisão, em função do número de regras e tamanho da árvore.

3.11.3. Geoestatística

Os dados obtidos de temperatura de bulbo seco, umidade relativa, velocidade do vento, concentração de dióxido de carbono e concentração de amônia, foram analisados segundo a geoestatística.

A variabilidade das variáveis climáticas no interior dos aviários foi, primeiramente, avaliada pela análise exploratória dos dados, calculando-se a média, mediana, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose, máximo e mínimo. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (SAS, 1995). Determinaram-se também os números de subamostras necessárias para arranjar uma amostra composta e estimar o valor médio das variáveis, usando a fórmula descrita por Cline (1944).

Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$ são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a). O efeito pepita é o valor da semivariância para distância zero e representa o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (VIEIRA et al., 1983; TRANGMAR et al., 1985). Foram ajustados aos dados para o modelo esférico apresentado na equação 16, o modelo exponencial apresentado na equação 17, modelo linear na equação 18 e o modelo gaussiano na equação 19, o qual é definido pelo ajuste do próprio *software*:

- Modelo esférico (Esf), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1,5 * \left(\frac{h}{a} \right) - 0,5 * \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right]$ para $0 < h < a$ e $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1$ para $h > a$ Equação 16

- Modelo exponencial (Exp), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - EXP * \left[-3 \left(\frac{h}{a} \right) \right] \right\}$ para $0 < h < d$, onde d é a distância máxima na qual o semivariograma é definido Equação 17

- Modelo Linear (Linear), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + \frac{(C_1 * h)}{a}$ para $0 < h < a$, em que $C_1.a^{-1}$ é o coeficiente angular, determinado pela equação da reta Equação 18

- Modelo Gaussiano (Gau), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - EXP * \left[-3 \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right] \right\}$ para $0 < h < d$ Equação 19

Na determinação da existência ou não da dependência espacial, utilizou-se o exame de semivariogramas, através do programa GS+ (ROBERTSON, 1998). Na elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis foi utilizado o programa SURFER (1999). Com o objetivo de facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo, o efeito pepita foi expresso como percentagem do patamar (TRANGMAR et al., 1985).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Estatística

As variáveis coletadas foram analisadas utilizando o *software* de análise estatística STATGRAPHICS Centurion XV.I[®], o qual realizou comparações de médias através do Teste de Tukey e o teste ANOVA verificou se as médias amostrais de um conjunto de n amostras, com $n > 2$, são estatisticamente iguais ou não. Para confirmação de algumas suposições, optou-se pelo teste de Pearson o qual averigua correlação entre as variáveis avaliadas através do *software* Minitab 15[®].

Foram avaliados os horários de condição mais crítica para o aquecimento, sendo eles às 9h00min e às 17h00min no período de inverno e 9h00min e 21h00min no período de verão.

4.1.1. Dados correspondentes à aves de 1 dia de idade.

4.1.1.1. Horário das 9h00min na condição de inverno

A Tabela 13 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 1 dia de idade, na estação de inverno para os quatro tratamentos, ou seja, Tratamento 1 – T1, Tratamento 2 – T2, Tratamento 3 – T3 e Tratamento 4 – T4.

Tabela 13. Dados referentes à estação de inverno para aves de 1 dia de idade no horário das 9h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T1	25,31a	0,13	0,00	CO ₂	T1	2938,13a	34,16	0,00
	T2	25,58a				T2	710,62a		
	T3	19,72b				T3	2958,59b		
	T4	19,85b				T4	391,88c		
UR	T1	71,94a	0,45	0,00	T_cama	T1	27,29a	0,30	0,00
	T2	50,75b				T2	25,3b		
	T3	83,14c				T3	27,02a		
	T4	43,85d				T4	23,58c		
Var	T1	0,05a	0,01	0,00	U_cama	T1	28,62a	1,37	0,00
	T2	0,08a				T2	29,18a		
	T3	0,14b				T3	19,74b		
	T4	0,08a				T4	17,94b		
L	T1	15,92a	0,70	0,00	pH_cama	T1	5,62a	0,06	0,00
	T2	13,86a				T2	5,63a		
	T3	2,64b				T3	8,31b		
	T4	19,29c				T4	8,33c		
NH ₃	T1	57,8a	0,56	0,00					
	T2	2,52b							
	T3	35,93c							
	T4	6,18d							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, pH_cama – pH da cama de frango, U_cama – umidade da cama, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 13 é possível notar que o comportamento da temperatura de bulbo seco – Tbs [°C] é semelhante entre os tratamentos T1 e T2, e entre T3 e T4 (P< 0,00), entretanto nenhum dos tratamentos apresenta níveis dentro da faixa ideal, segundo Nicholson et al. (2004), Cobb (1995) e Cobb (2008) os quais recomendam intervalos entre 32,00 e 35,00 °C, 32,20 °C e entre 32,00 e 33,00 °C, respectivamente. A menor Tbs encontrada em T3 justifica-se pelo fato de não se utilizar o casulo neste tipo de aviário, sendo que o sistema de aquecimento não foi suficiente para aquecer todo o volume de ar do aviário. Através da Tabela 14 o qual apresenta as condições externas é possível notar que as condições externas influenciaram no sucesso do sistema de aquecimento e ventilação mínima, de forma que as temperaturas internas dos pinteiros fossem muito abaixo da faixa considerada ideal indicando problemas no manejo pré-alojamento.

Tabela 14. Condições climáticas externas aos galpões.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s ⁻¹]
T1 e T2	17,89	97,00	1,18
T3	14,04	74,69	3,59
T4	14,80	62,31	0,95

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco externo, UR_ext – umidade relativa externa, Var_ext – velocidade do ar externa, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

A distribuição da umidade relativa do ar – UR [%] apresentou comportamento diferente entre os quatro tratamentos ($P < 0,00$). T2 e T4 estão inseridos na faixa de conforto preconizado por Elwinger e Svensson (1996) e por Cobb (2008), enquanto que T1 está inserido no intervalo ideal preconizado por Granja Planalto (2006), os quais estipulam um intervalo entre 35,00 e 60,00 %, 30,00 e 50,00 % e entre 40,00 e 80,00 %, respectivamente. A UR encontrada em T3 estava acima do recomendado por toda a literatura, sendo em média 83,14 %. Os dados encontrados indicam a influência do microclima externo nos galpões, como ocorre com T4 - que possui ventilação natural e sendo altamente influenciado pelo ambiente externo - apresentando menor UR dos tratamentos condizendo com a UR externa baixa (62,31 %). Esse fato torna necessário a intensificação do sistema de aquecimento e utilização do casulo para apropriado isolamento da área de aquecimento em T3 (aumento da Tbs), o que diminuiria a UR influenciando positivamente na conservação da cama, e conseqüentemente no controle da volatilização da amônia.

Aves com 1 dia de idade necessitam luminosidade – L [lux] de 25,00 lux para estimular o ganho de peso, tendo variação máxima de 20%, segundo Cobb (2008), o que não ocorre em nenhum dos tratamentos, sendo que T3 apresenta média de 2,64 lux por ser um galpão *Dark House*. T1 e T2 são semelhantes entre si para a variável de luminosidade, diferenciando-se do tratamento 3 que por sua vez diferencia-se do tratamento 4 ($P < 0,00$). Ainda é possível observar que os valores da luminosidade sempre estiveram abaixo do preconizado.

Já a velocidade do ar – Var [m s⁻¹] na altura das aves apresentou taxas ideais – abaixo de 0,50 m s⁻¹ em todos os tratamentos segundo Barnwell e Wilson (2005), sendo T1, T2 e T4 com comportamentos semelhantes ($P < 0,00$).

Os valores da Var poderiam até serem maiores, uma vez que a ventilação mínima utilizava 2 exaustores em T1 e nenhum exaustor ligado em T3 no horário de estudo, entretanto

os manejos não foram eficientes no quesito de renovação de ar uma vez que a concentração de amônia – NH_3 [ppm] apresentou valores médios iguais a 58,00 e 36,00 ppm, respectivamente, e a concentração de dióxido de carbono – CO_2 [ppm] alcançou concentrações de 2938,13 ppm e 2958,59 ppm, respectivamente ambos acima e no limite nos parâmetros de qualidade do ar citado por Manning et al. (2007a), Globalgap (2007) e Cobb (2008). Isso ocorreu pelo pH da cama – pH_cama [adimensional] estar acima de 5,50, o que auxilia o processo de degradação bioquímica do ácido úrico presente na cama pelo depósito das excretas (ELLIOT e COLLINS, 1983) mesmo quando a umidade da cama está dentro dos parâmetros ideais, ou seja, abaixo de 35,00 % (COBB, 2008).

Enquanto que T2 e T4 apresentaram manejo de cortinas possibilitando níveis abaixo da média de CO_2 com valores de 700,00 e 400,00 ppm, respectivamente, e na concentração de NH_3 também com valores de 3,00 e 6,00 ppm, respectivamente. T1 e T3 apresentam comportamento semelhante em relação à concentração de gases ($P < 0,00$).

A temperatura superficial da cama de frango – T_cama [$^{\circ}\text{C}$] apresentou comportamento igual para T1 e T3 diferenciando de T2 que por sua vez diferencia-se de T4 ($P < 0,00$). T4 apresentou média igual a 23,58 $^{\circ}\text{C}$ o que permite averiguar que o manejo pré-alojamento não foi feito adequadamente, não sendo feito em tempo hábil para permitir que o aquecimento do ar proporcionasse o aquecimento da cama, já T1 e T3 estão dentro do intervalo adequado para alojamento de aves de 1 dia de idade mesmo que a Tbs não esteja com valores nos limites ideais.

A análise estatística permitiu averiguar que o valor do pH_cama de frango é influenciado pela matéria prima o qual é feita, apresentando comportamento semelhante a cama de frango dos T1 e T2 (feita de casca de café misturada com casca de arroz), e diferente de T3 e T4, os quais a cama de frango é feita de maravalha fina, ($P < 0,00$), de forma análoga ocorre com a umidade da cama – U_cama [%] ($P < 0,00$). Borges et al. (2002) afirmaram que a umidade da cama de frango é reflexo da ingestão de água pela ave, porém esse resultado não condiz com o resultado deste trabalho, uma vez que o consumo de água por ave foi maior para os tratamentos T3 e T4, os quais obtiveram menores valores de umidade da cama. O consumo de água é influenciado também pelo manejo dos bebedouros e pela ventilação mínima do aviário.

Um trabalho desenvolvido por Avila et al. (2008) em que avaliaram camas de frango

de diferentes matérias-primas mostrou que mesmo cama de frango feita de casca de arroz tende a ter o pH mais básico que a maravalha, entretanto ambas obtiveram pH maior que 8,80.

4.1.1.2. Horário das 17h00min na condição de inverno

A Tabela 15 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 1 dia de idade, na estação de inverno para os quatro tratamentos.

Tabela 15. Dados referentes à estação de inverno para aves de 1 dia de idade no horário das 17h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T1	28,22a	1,88	0,13	NH ₃	T1	26,16a	0,42	0,00
	T2	25,02a				T2	1,00b		
	T3	21,95a				T3	11,76c		
	T4	25,58a				T4	6,26d		
UR	T1	56,88a	0,49	0,00	CO ₂	T1	1262,00a	41,21	0,00
	T2	44,67b				T2	661,88b		
	T3	74,71c				T3	305,62c		
	T4	33,42d				T4	516,09b		
Var	T1	0,16a	0,02	0,00	T_cama	T1	27,29a	0,27	0,00
	T2	0,15a				T2	25,30b		
	T3	0,19a				T3	24,15c		
	T4	0,08b				T4	21,43d		
L	T1	12,50a	2,42	0,00		T1	12,50a		
	T2	42,11b				T2	42,11b		
	T3	2,98c				T3	2,98c		
	T4	4,62ac				T4	4,62ac		

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 15 é possível notar que o comportamento da Tbs é semelhante entre todos os tratamentos (P < 0,13), neste horário todos os tratamentos apresentavam aquecedores ligados, entretanto nenhum destes alcançou a Tbs ideal, principalmente o T3 que mesmo utilizando cortinas duplas para vedação do pinteiro, apresentou os menores valores para a Tbs. Isso aponta mais uma vez para problemas no sistema de aquecimento, necessitando intensificação, uma vez que a Tbs externa está em 19,13 °C (Tabela 16), esse resultado aponta necessidade de melhorias para não afetar na conversão alimentar segundo estudos realizados

por Dozier e Donald (2001). Enquanto que T1, utilizando cortinas fechadas e casulo metade aberto, conseguiu alcançar valor médio igual a 28,22 °C mesmo com Tbs externa em 21,19 °C mostrando um melhor dimensionamento e manejo do sistema de aquecimento.

Tabela 16. Condições climáticas externas aos galpões às 17h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s ⁻¹]
T1 e T2	21,19	73,7	2,89
T3	19,13	50,54	2,72
T4	21,17	43,64	1,87

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco externa, UR_ext – umidade relativa externa, Var_ext – velocidade do ar externa, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

A distribuição da umidade relativa do ar – UR [%] apresentou comportamento diferente entre os quatro tratamentos ($P < 0,00$), e T1 e T2 estão inseridos na faixa de conforto conforme a literatura. Os dados encontrados em T4 indicam a influência do microclima externo no sistema ventilação mínima com aberturas de cortina como era de se esperar em um sistema de ventilação mínima natural.

A Var na altura das aves apresenta taxas ideais em todos os tratamentos segundo Barnwell e Wilson (2005) sendo T1, T2 e T3 com comportamento semelhante ($P < 0,00$). Como era de se esperar, o T4 que não utiliza exaustores, apresentou os menores valores de Var.

Comparativamente a distribuição da L no T1, T2 e T3 foi diferente, enquanto que T4 apresentou semelhança com T1 e T3 ($P < 0,00$). Nenhum dos tratamentos obteve média aproximada de 20,00 lux (COBB, 2008), e apenas T4 obteve variação próxima a 20,00 %, sendo o T3 obteve os menores níveis por ser um galpão do tipo *Dark House*, o que deveria estar com 25,00 lux nesta fase de vida dos pintinhos segundo Gallo (2009).

A ventilação mínima utilizando 2 exaustores em T1 não foi suficiente para renovação do ar em relação a NH₃ (média de 26,10 ppm), estando acima dos limites proposto por Manning et al. (2007a), Globalgap (2007) e Cobb (2008), sendo os quatro tratamentos diferentes entre si ($P < 0,00$). Mesmo que o pH da cama não seja básico em T1 e T2, o ambiente no T1 apresenta altas concentrações de gases comparado com os outros tratamentos, apontando necessidade de intensificar a ventilação mínima para ciclos mais curtos de funcionamento dos exaustores ou aumentar o funcionamento de 2 exaustores para 3 ou até 4 para os parâmetros atingirem valores ideais às normas, sendo que a vedação deste ambiente e o sistema de aquecimento pode ser considerada boa por manter a maior Tbs. Já a distribuição de CO₂ é

semelhante apenas entre T2 e T4, estando todas as médias dentro dos limites de qualidade do ar ($P < 0,00$).

A T_{cama} apresentou comportamento diferente entre os quatro tratamentos estudados ($P < 0,00$). Nenhum dos tratamentos alcançou índices desejados da T_{cama} de acordo com Cobb (2008). O T1 que apresenta maior controle e valor da T_{bs} também apresentou maior controle e valor da T_{cama}. O T4 com sistema de ventilação natural utilizando cortinas duplas para isolamento apresentou média de 21,43 °C, o que indica manejo ineficiente do aquecimento, necessitando sua intensificação.

4.1.1.3. Horário das 9h00min na condição de verão

A Tabela 17 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 1 dia de idade, na estação de verão para T3 e T4. Salienta-se que no verão só foram coletados os dados de T3 e T4.

Tabela 17. Dados referentes à estação de verão para aves de 1 dia de idade no horário das 9h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
T _{bs}	T3	28,23a	0,08	0,00	CO ₂	T3	328,28a	14,37	0,00
	T4	31,37b				T4	76,88b		
UR	T3	71,62a	0,30	0,00	T _{cama}	T3	29,67a	0,25	0,00
	T4	52,98b				T4	32,95b		
Var	T3	0,06a	0,01	0,00	U _{cama}	T3	17,83a	0,68	0,00
	T4	0,00b				T4	30,16b		
L	T3	4,72a	4,61	0,00	pH _{cama}	T3	7,98a	0,03	0,00
	T4	575,66b				T4	7,54b		
NH ₃	T3	7,98a	0,34	0,00					
	T4	0,00b							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), T_{bs} – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_{cama} – temperatura superficial da cama, U_{cama} – umidade da cama de frango, pH_{cama} – pH da cama de frango, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat – Tratamentos.

A partir da Tabela 17 é possível observar que o comportamento de todas as variáveis é significativamente diferente entre os tratamentos T3 e T4 ($P < 0,00$). Entretanto é possível notar que os tratamentos apresentam valores de T_{bs} próximos ao ideal segundo a literatura citada no item 4.1.1.1, principalmente para o T4, no qual o ambiente externo estava com valores de

temperatura maiores que o inverno – Tabela 18, permitindo a intensificação da ventilação mínima através da abertura de cortinas.

A Tabela 18 apresenta as condições externas de Tbs, UR e Var.

Tabela 18. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s ⁻¹]
T3 e T4	22,50	98,50	1,39

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

As condições climáticas externas são mais favoráveis na estação de verão para a criação de aves em fase de aquecimento auxiliando na renovação do ar.

A UR se mostrou dentro dos requisitos segundo Elwinger e Svensson (1996) para T4 e dentro dos requisitos segundo Granja Planalto (2006) para o T3. O Aquecimento favoreceu o controle da UR uma vez que o ambiente externo apresentava valor de 98,50 %.

A Var na altura das aves se mostrou adequada para os tratamentos, e o uso de 2 exaustores no T3 e metade da cortina aberta no T4, auxiliando na renovação do ar em relação a concentração de NH₃ e CO₂ manteve a qualidade do ar dentro do limite preconizado pela literatura.

A média de L no T3 com valor igual a 4,72 lux apresentou-se abaixo no nível considerado ideal para o programa de luz da Gallo (2009) o qual utiliza 25,00 lux no programa de luz para aves até 5 dias de idade em galpões *Dark House*.

A T_cama em T3 e T4 apresentou-se dentro dos parâmetros ideais preconizado por Cobb (2008). A mesma consideração ocorreu para a U_cama com valores abaixo de 35,00 % (COBB, 2008 e ALMEIDA, 1986). Já o pH_cama estava básico por ser cama feita de maravalha fina, o que podia auxiliar na volatilização na amônia ao ambiente aéreo, mas as concentrações não estavam em altas taxas pelo sistema de ventilação mínima utilizado no período de verão.

4.1.1.4. Horário das 21h00min na condição de verão.

A Tabela 19 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 1 dia de idade, na estação de verão para T3 e T4.

Tabela 19. Dados referentes à estação de verão para aves de 1 dia de idade no horário das 21h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T3	26,78a	0,20	0,00	NH ₃	T3	5,40a	0,47	0,15
	T4	21,73b				T4	0,00b		
UR	T3	76,72a	0,52	0,00	CO ₂	T3	409,69a	20,19	0,00
	T4	70,52b				T4	154,69b		
Var	T3	0,20a	0,01	0,00	T_cama	T3	27,99a	0,47	0,00
	T4	0,00b				T4	28,96b		
L	T3	4,41a	0,21	0,00					
	T4	37,65b							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. - Tratamentos

A partir da Tabela 19 é possível notar que o comportamento de todas as variáveis é significativamente diferente entre o T3 e T4 (P<0,00) com exceção da concentração de NH₃ (P<0,15).

Os tratamentos apresentam valores de Tbs fora do ideal, principalmente em T4, o que é capaz de averiguar que durante a noite é mais difícil realizar o controle da Tbs devido ao fato da Tbs externa ser baixa (22,31 °C) e não haver a contribuição do ganho de calor pela radiação solar mesmo que o manejo das cortinas seja duplo, ou seja, a vedação da área de aquecimento feita através do casulo e cortina. O mesmo ocorre com a UR fortemente influenciada pelas condições externas (UR_ext = 88,60 %, Tabela 20), sendo que T3 e T4 estão dentro dos requisitos segundo Granja Planalto (2006) e fora segundo Elwinger e Svensson (1996), indicando necessidade de aumento do aquecimento o que proporcionaria um ambiente inserido na zona termoneutra para as aves de 1 dia nos quesitos de Tbs e UR.

Tabela 20. Condições climáticas externas aos galpões às 21h00min.

Tratamentos	Tbs_ext	UR_ext	Var_ext
T3	22,31	88,60	2,81
T4	22,31	88,60	2,81

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

A Var na altura das aves se mostrou adequada para os dois tratamentos, e o uso de 2 exaustores no T3 e cortina dupla auxiliou na renovação do ar em relação a concentração de NH₃ e CO₂ os quais mantiveram-se dentro dos limites adequados.

A média da L no T3 com valor igual a 4,41 lux apresentou-se abaixo no nível

considerado ideal para o programa de luz da Gallo (2009) o qual utiliza 25,00 lux no programa de luz para aves até 5 dias de idade em galpões *Dark House*, enquanto que o T4 apresentou valor médio de 37,65 lux para aviários convencionais, o que também está acima do considerado ideal para Cobb (2008).

A T_cama em T3 e T4 apresentou-se dentro dos parâmetros ideais preconizado por Cobb (2008), apontando manejo adequado do sistema de aquecimento que foi capaz de aquecer o piso onde estão alojados os pintinhos.

4.1.2. Dados correspondentes à aves de 7 dias de idade.

4.1.2.1. Horário das 9h00min na condição de inverno.

A Tabela 21 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 7 dias de idade, na estação de inverno para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

Tabela 21. Dados referentes à estação de inverno para aves de 7 dias de idade no horário das 9h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T1	22,71a	0,07	0,00	CO ₂	T1	638,12a	32,10	0,00
	T2	24,08b				T2	355,62b		
	T3	22,73a				T3	1619,03c		
	T4	18,18c				T4	494,38d		
UR	T1	41,73a	0,35	0,00	T_cama	T1	29,46a	0,27	0,00
	T2	31,68b				T2	29,40a		
	T3	88,82c				T3	29,95a		
	T4	48,85d				T4	22,54b		
Var	T1	0,19a	0,01	0,00	U_cama	T1	12,94a	0,63	0,00
	T2	0,26b				T2	13,99a		
	T3	0,15a				T3	20,03b		
	T4	0,00c				T4	15,16a		
L	T1	83,05a	6,45	0,00	pH_cama	T1	5,72a	0,085	0,00
	T2	93,67a				T2	5,80a		
	T3	3,02b				T3	8,38b		
	T4	25,00b				T4	7,44c		
NH ₃	T1	4,16a	0,27	0,00		T1	4,16a		
	T2	1,72b				T2	1,72b		
	T3	18,56c				T3	18,56c		
	T4	2,11b				T4	2,11b		

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, U_cama – umidade da cama de frango, pH_cama – pH da cama de frango, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

Através da Tabela 21 é possível notar que a variável de Tbs apresentou comportamento semelhante entre T1 e T3 ($P<0,00$). Porém nenhum dos quatro tratamentos atendeu os requisitos segundo Cobb (2008) e Nicholson et al. (2004) os quais estipulam o intervalo entre 29,00 e 30,00 °C e o intervalo entre 29,00 e 32,00 °C, respectivamente. Este erro de manejo pode estar vinculado com o sistema de aquecimento que não foi suficiente para aquecer o volume de ar destes pinteiros, já que o ambiente externo que em média apresentou Tbs de 16,14 °C, Tabela 22. Sendo assim, faz-se necessário aumentar o isolamento no caso de T4 utilizando cortinas duplas e também intensificar o sistema de aquecimento.

Tabela 22. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s ⁻¹]
T1 e T2	14,67	73,30	2,84
T3	17,64	86,40	1,14
T4	14,04	74,69	3,59

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

As médias da UR apresentaram diferença significativa ($P<0,00$) entre os quatro tratamentos, sendo que os tratamentos T1 e T4 estavam ideais à criação de aves com 7 dias de idade segundo Cobb (2008) que indica um intervalo de 40,00 e 60,00 %, já o T2 apresentou menor umidade porém maior temperatura comparada com os outros tratamentos e o T3 apresentou valor médio de UR de 88,82 % indicando mais uma vez a ineficiência do sistema de aquecimento.

A elevada UR do ar encontrada em T3 reflete diretamente na umidade da cama, o qual tem valor igual a 20,03 % (maior valor entre os quatro tratamentos, sendo que todos estão dentro dos valores apropriados) e juntamente com o pH_cama básico (8,38) permite a volatilização da amônia no ambiente que obteve concentração de amônia de 18,56 ppm, próximo ao limite máximo considerado adequado pelo Globalgap (2007) e inadequado pelo Cobb (2008). Sendo assim a Var tem comportamento significativamente iguais em T1 e T3 ($P<0,00$), com valores inseridos na faixa ideal segundo Barnwell e Wilson (2005). A ventilação mínima utilizada foi capaz de realizar a renovação do ar adequadamente em relação à concentração de CO₂, tendo níveis adequados mesmo que os tratamentos não sejam iguais ($P<0,00$).

Os tratamentos T1 e T2 são semelhantes entre si para a variável de luminosidade – L ($P<0,00$), diferenciando-se do tratamento 3 e 4 que também são semelhantes entre si. Cobb

(2008) recomenda o uso de 25,00 lux na altura das aves para estimular o ganho de peso, tendo variação máxima de 20,00 % o que ocorre apenas no tratamento 4, porém todos apresentam variação maior que 20,00 %.

A T_{cama} nos tratamentos 1, 2 e 3 se comporta de forma análoga (P<0,00) e estão no intervalo considerado ideal, já o tratamento T4 apresentou média de 22,54 °C abaixo da necessidade das aves.

Utilizando o teste de Tukey (P<0,00) é possível notar que o pH da cama se comporta sempre de forma análoga de acordo com o material que é feita a cama de frango, desta forma os tratamentos 1 e 2 assemelham-se e o mesmo ocorre com os tratamentos 3 e 4 como já foi observado no item 4.1.1.1.

4.1.2.2. Horário das 17h00min na condição de inverno

A Tabela 23 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 7 dias de idade, na estação de inverno para os quatro tratamentos.

Tabela 23. Dados referentes à estação de inverno para aves de 7 dias de idade no horário das 17h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T1	26,00a	1,87	0,23	NH ₃	T1	3,70a	0,19	0,00
	T2	23,93b				T2	3,10a		
	T3	24,02b				T3	19,44b		
	T4	22,53c				T4	3,43a		
UR	T1	47,25a	0,29	0,00	CO ₂	T1	188,75a	33,24	0,00
	T2	51,35b				T2	261,25a		
	T3	90,78c				T3	838,91b		
	T4	42,28d				T4	1508,91c		
Var	T1	0,73a	0,03	0,00	T _{cama}	T1	29,46a	0,28	0,00
	T2	0,72a				T2	29,40a		
	T3	0,13b				T3	31,81b		
	T4	0,03b				T4	23,23c		
L	T1	96,89a	9,86	0,00					
	T2	9,81b							
	T3	2,65b							
	T4	15,90b							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_{cama} – temperatura superficial da cama, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 23 é possível notar que o comportamento da Tbs é semelhante entre T2 e T3 ($P < 0,23$), entretanto nenhum dos tratamentos apresenta níveis dentro do ideal segundo Nicholson et al. (2004), Cobb (1995) e Cobb (2008). A menor Tbs também foi encontrada em T4, mesmo utilizando cortinas duplas, o que aponta problemas no sistema de aquecimento e isolamento, pois a Tbs externa está em 19,13 °C (Tabela 24), já em T1 que utilizou cortinas fechadas e casulo aberto conseguiu alcançar valor médio igual a 26,00 °C mesmo com Tbs externa em 20,79 °C, esse resultado aponta necessidade de melhorias no manejo de aquecimento e ventilação mínima para não afetar na conversão alimentar segundo estudos realizados por Dozier e Donald (2001).

Tabela 24. Condições climáticas externas aos galpões às 17h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s^{-1}]
T1 e T2	20,79	29,88	2,16
T3	20,68	77,09	1,42
T4	19,13	50,54	2,72

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

A distribuição da UR apresentou comportamento diferente entre os quatro tratamentos ($P < 0,00$), sendo que T1, T2 e T4 estão inseridos na faixa de conforto preconizado por Elwinger e Svensson (1996) e por Cobb (2008). O T3 apresenta mais uma vez o maior valor médio de UR, 90,78 %, mostrando que o sistema de aquecimento estava mal dimensionado ou manejado.

A Var na altura das aves apresentou taxas acima das ideais em T1 e T2 segundo Barnwell e Wilson (2005) sendo que T1 e T2 foram significativamente iguais assim como T3 e com T4 ($P < 0,00$).

Comparativamente a distribuição da L no T2, T3 e T4 foram semelhantes ($P < 0,00$). O T2 encontra-se no intervalo ideal de 5,00 a 10,00 lux segundo Cobb (2008), enquanto que T3 apresenta-se com valor aproximado a 3,00 lux, valor recomendado pela Gallo (2009) em sistemas *Dark House*.

A ventilação mínima não foi suficiente para renovar o ar em T3, que alcançou a concentração de NH_3 com valor médio de 19,44 ppm, próximo ao valor limite para Globalgap que é de 20,00 ppm e acima do recomendado por Cobb (2008), 10,00 ppm. Os tratamentos T1, T2 e T4 em relação à concentração de amônia são significativamente iguais ($P < 0,00$). Importante notar que o T3 apresentou o maior valor de NH_3 em relação aos outros tratamentos,

o qual o pH_cama apresentou valor básico, ou seja, maior que 7, auxiliando na volatilização na amônia, além da Ucama ter sido a maior do que a literatura recomenda, ou seja, 35,00 % (ALMEIDA, 1986).

Já a distribuição de CO₂ é semelhante apenas entre T1 e T2, estando todas as médias dentro dos limites de qualidade do ar (P<0,00).

A T_cama apresentou comportamento semelhante entre T1 e T2, os quais se diferenciam de T3, que por sua vez diferencia-se de T4 (P<0,00), o qual apenas T4 não alcançou os índices desejados de conforto térmico (COBB, 2008).

4.1.2.3. Horário das 9h00min na condição de verão

A Tabela 25 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 7 dias de idade, na estação de verão para T3 e T4.

Tabela 25. Dados referentes à estação de verão para aves de 7 dias de idade no horário das 9h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T3	26,55a	0,11	0,00	CO ₂	T3	487,96a	22,64	0,00
	T4	27,05b				T4	68,44b		
UR	T3	71,40a	0,26	0,00	T_cama	T3	30,18a	0,25	0,52
	T4	66,59b				T4	29,95a		
Var	T3	0,19a	0,02	0,02	U_cama	T3	26,46a	0,67	0,00
	T4	0,26b				T4	35,48b		
L	T3	4,61a	3,62	0,00	pH_cama	T3	8,35a	0,04	0,58
	T4	82,68b				T4	8,38a		
NH ₃	T3	2,44a	0,30	0,00					
	T4	18,56b							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, U_cama – umidade da cama de frango, pH_cama – pH da cama de frango, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat – Tratamentos.

A partir da Tabela 25 é possível notar que o comportamento das variáveis de Tbs, UR, Var, L, NH₃, CO₂ e U_cama são significativamente diferentes (P<0,00; P<0,00; P<0,02; P<0,00; P<0,00; P<0,00 e P<0,58, respectivamente) entre o T3 e T4. Já as variáveis T_cama e pH_cama se mostraram semelhantes para os dois tratamentos, uma vez que ambos apresentam cama de frango feita de maravalha fina.

Entretanto é possível notar que os tratamentos apresentam valores médios de Tbs fora dos padrões ideais segundo Nicholson et al. (2004), Cobb (1995) e Cobb (2008), indicando a necessidade de reforço no aquecimento dos dois tratamentos, esse comportamento da temperatura pode ter sido influenciada pelas condições externas ao galpão conforme apresentado na Tabela 26 o qual apresenta as condições climáticas de Tbs, Ur e Var externas ao galpão.

Tabela 26. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s ⁻¹]
T3 e T4	23,1	81,8	4,28

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

A UR se mostrou, para os dois tratamentos, acima dos requisitos preconizados por Cobb (2008), Elwinger e Svensson (1996) e Granja Planalto (2006).

A Var na altura das aves se mostrou adequada segundo Barnwell e Wilson (2005) para os dois tratamentos, e o sistema de ventilação mínima dos dois tratamentos foi suficiente para renovar o ar mantendo adequadas as concentrações de NH₃, entretanto obteve pontos considerados acima do ideal em T4 o que remete a erros no manejo de cortinas. No caso do CO₂ as concentrações foram mantidas abaixo do limite preconizado pelo Globalgap (2007).

A média de L em T3 com valor igual a 4,61 lux e em T4 com valor igual a 82,68 lux apresentaram-se acima do que é considerado ideal para o programa de luz segundo Gallo (2009), respectivamente, o qual utiliza 3,00 lux no programa de luz para aves até 5 dias de idade em galpões *Dark House*. Já para Cobb (2008) a luminosidade deve estar entre 5,00 e 10,00 lux para aves com 7 dias de idade, assim T3 apresenta-se adequado.

A T_{cama} em T3 e T4 apresentou-se dentro dos parâmetros ideais preconizado por Cobb (2008). A mesma consideração ocorreu para a U_{cama} com valores abaixo de 35,00 % (COBB, 2008), entretanto não ocorre para o T4 que obteve valores maiores que 35,00 %. Já o pH_{cama} estava básico por ser cama feita de maravalha fina, o que podia auxiliar na volatilização na amônia ao ambiente aéreo.

4.1.2.4. Horário das 21h00min na condição de verão

A Tabela 27 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 7 dias de idade, na estação de verão para T3 e T4.

Tabela 27. Dados referentes à estação de verão para aves de 7 dias de idade no horário das 21h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T3	27,05a	0,09	0,00	NH ₃	T3	487,96a	0,33	0,00
	T4	24,76b				T4	68,44b		
UR	T3	65,85a	0,46	0,00	CO ₂	T3	30,18a	39,48	0,00
	T4	72,53b				T4	29,95a		
Var	T3	0,09a	0,01	0,00	T_cama	T3	26,46a	0,24	0,48
	T4	0,00b				T4	35,48b		
L	T3	1,37a	0,15	0,00					
	T4	3,46b							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 27 é possível observar que o comportamento de todas as variáveis é comparativamente diferente entre o T3 e T4 (P<0,00) com exceção da T_cama (P<0,48).

Os tratamentos apresentam valores de Tbs fora do ideal segundo Nicholson et al. (2004), Cobb (1995) e Cobb (2008). Nota-se que durante a noite é mais difícil fazer o controle da Tbs pela Tbs externa se menor (21,36 °C) e não haver a contribuição do ganho de calor pela radiação solar. O mesmo ocorre com a UR fortemente influenciada pelas condições externas (UR_ext = 76,64 %, Tabela 28), em T4, porém estão dentro dos requisitos segundo Granja Planalto (2006) e fora segundo Elwinger e Svensson (1996), indicando necessidade de aumento do sistema de aquecimento o que proporcionaria um ambiente inserido na zona termoneutra para as aves de 7 dias nos quesitos de Tbs e UR.

Tabela 28. Condições climáticas externas aos galpões às 21h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s ⁻¹]
T3 e T4	21,36	76,64	5,66

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

A Var na altura das aves se mostrou adequada segundo Barnwell e Wilson (2005) para os dois tratamentos. A concentração de NH₃ quase alcançou os limites recomendados pela literatura em T4 indicando um manejo inadequado de cortinas os valores de concentração de CO₂ mantiveram-se abaixo do limite preconizado pelo Globalgap (2007) e por Manning et al. (2007a).

A média da L no T3 com valor igual a 2,44 lux apresentou-se abaixo do nível considerado ideal para o programa de luz da Gallo (2009) o qual utiliza 3,00 lux no programa

de luz para aves maiores que 7 dias de idade em galpões *Dark House*, enquanto que o T4 apresentou valor médio de 3,46 lux para aviários convencionais, o que também está abaixo do considerado ideal para Cobb (2008).

A T_cama em T3 e T4 apresentou-se abaixo dos parâmetros ideais preconizado por Cobb (2008). Apontando necessidade de intensificar o aquecimento de forma que o calor estenda do ar para a cama, mantendo as aves em maior conforto térmico, uma vez que estas trocam calor através dos pés.

4.1.3. Aves com 14 dias de Idade

4.1.3.1. Horário das 9h00min na condição de inverno

A Tabela 29 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 14 dias de idade, na estação de inverno para T1, T2, T3 e T4.

Tabela 29. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 9h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T1	21,58a	0,17	0,00	CO ₂	T1	607,27a	372,25	0,00
	T2	22,24b				T2	487,81ab		
	T3	19,72c				T3	361,09b		
	T4	21,76ab				T4	1341,41c		
UR	T1	72,80a	0,62	0,00	T_cama	T1	25,3a	0,42	0,72
	T2	73,96a				T2	25,99a		
	T3	77,54b				T3	25,6a		
	T4	68,87c				T4	25,6a		
Var	T1	0,24a	0,01	0,00	U_cama	T1	29,18a	0,98	0,00
	T2	0,32b				T2	10,35b		
	T3	0,07c				T3	32,28a		
	T4	0,00d				T4	20,80c		
L	T1	20,57a	39,50	0,00	pH_cama	T1	5,63a	0,10	0,00
	T2	19,66a				T2	5,47a		
	T3	3,47b				T3	8,39b		
	T4	20,74a				T4	7,30c		
NH ₃	T1	7,54a	0,47	0,00					
	T2	6,25a							
	T3	12,84b							
	T4	3,75c							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, pH_cama – pH da cama de frango, U_cama – umidade da cama, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 29 é possível observar que o comportamento da Tbs em T1 e T2 são diferentes, porém T4 assemelha-se com estes, já T3 apresenta-se diferenças significativas de todos os outros ($P < 0,00$). No entanto nenhum tratamento apresenta-se dentro dos padrões adequados preconizado por COBB (2008) e por NICHOLSON et al. (2004), os quais determinam valores entre 27,00 e 28,00 °C e entre 25,00 e 29,00 °C, respectivamente.

Estes resultados podem ser justificados pela Tbs externa média durante esses dias de inverno estar em torno de 18,00 °C apresentada na Tabela 30. Como já foi dito anteriormente o sistema de aquecimento principalmente em T3, não está conseguindo aquecer toda a extensão do pinteiro causando as temperaturas mais baixas encontradas neste estudo.

Tabela 30. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.

Tratamentos	Tbs_ext [°C]	UR_ext [%]	Var_ext [m s^{-1}]
T1 e T2	17,89	97,0	1,19
T3	15,94	93,5	3,3
T4	17,64	86,4	1,44

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco externa, UR_ext – umidade relativa externa, Var_ext – velocidade do ar externa, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

Avaliando a distribuição da UR, os T1 e T2 são semelhantes, diferindo-se do T3 (valor da média mais alta igual a 77,54 %) que por sua vez diferencia-se de T4 ($P < 0,00$). A UR está acima do intervalo desejável preconizado por Elwinger e Svensson (1996) que afirmaram que a umidade relativa deve estar em torno de 35,00 % enquanto que Cobb (2008) recomenda entre 50,00 e 60,00 %. Pode-se notar que o alto valor de UR do ar no interior dos galpões deve-se também pela alta UR do ar na parte externa registrada pela estação meteorológica, o qual aferiu uma média de 90,00 %, não sendo vantagem ao produtor fazer a renovação de ar intensa para solucionar este quesito e sim atuar no sistema de aquecimento. A UR do ar estando alta pela Tbs estar baixa, pode influenciar negativamente no sentido de aumentar a U_{cama} , como ocorre em T3 com valor mais alto igual a 32,28 % e comportamento semelhante a T1 ($P < 0,00$) que possui a maior largura de aviário, consequentemente um maior pinteiro com volume de ar maior a ser renovado, conjuntamente com um pH da cama básico (8,39) é possível justificar a maior concentração de NH_3 com valor de 12,84 ppm.

A renovação de ar utilizada auxilia de forma positiva no comportamento das aves as quais recebem vento máximo de 0,32 m s^{-1} , mesmo que os quatro tratamentos sejam

significativamente diferentes entre si ($P < 0,00$), auxiliando a manter concentrações de CO_2 abaixo dos limites preconizados pelo Globalgap (2007), por Ross (1999), por IPPC BREF (2003) e por Cobb (2008), sendo que o comportamento de T2 é assemelha-se com T1 e T3, e T4 independente dos anteriores ($P < 0,00$). A Var apresenta correlação inversamente proporcional com a concentração de CO_2 ($P < 0,00$). Sendo que o comportamento da concentração de CO_2 apresenta-se significativamente igual entre os tratamentos 2 e 3.

A média da L no T3 com valor igual a 3,47 lux apresentou-se no nível considerado ideal para o programa de luz da Gallo (2009) o qual utiliza 3lux no programa de luz para aves maiores que 7 dias de idade em galpões *Dark House*, enquanto que a média dos outros tratamentos foi de 20,32 lux o que deveria estar com valores médios entre 5 e 10lux considerado ideal para Cobb (2008).

Já a T_cama apresentou comportamento semelhante para os quatro tratamentos ($P < 0,72$), sendo que todos estão abaixo do valor ideal segundo COBB (2008) o qual afirma que valores de T_cama entre 28,00 e 32,00 °C.

4.1.3.2. Horário das 17h00min na condição de Inverno

A Tabela 31 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 14 dias de idade, na estação de inverno para T1, T2, T3 e T4.

Tabela 31. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 17h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T1	23,15a	0,07	0,00	NH ₃	T1	6,50a	0,34	0,00
	T2	23,22a				T2	3,73b		
	T3	21,95b				T3	10,91c		
	T4	24,04c				T4	4,06b		
UR	T1	71,81a	0,56	0,00	CO ₂	T1	524,06a	355,00	0,00
	T2	71,47a				T2	549,06a		
	T3	76,61b				T3	200,00b		
	T4	60,97c				T4	1325,78c		
Var	T1	0,52a	0,02	0,00	T_cama	T1	26,69a	0,37	0,00
	T2	0,53a				T2	25,99a		
	T3	0,10b				T3	30,36b		
	T4	0,00c				T4	26,22a		
L	T1	12,27a	12,04	0,00					
	T2	11,54a							
	T3	2,71b							
	T4	18,53c							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 31 é possível observar que o comportamento da Tbs em T1 e T2 são iguais, diferente de T3, que por sua vez diferencia-se T4 (P<0,00). No entanto todos os tratamentos apresentam-se abaixo dos padrões adequados preconizado por COBB (2008) e por NICHOLSON et al. (2004).

Estes resultados podem ser justificados pela Tbs externa média durante esse horário de inverno estar em torno de 20,00 °C apresentada na Tabela 32. Novamente o T3 apresentou a menor média de temperatura.

Tabela 32. Condições climáticas externas aos galpões às 17h00min.

Tratamentos	Tbs_ext	UR_ext	Var_ext
T1 e T2	21,19	73,7	2,89
T3	19,6	73,37	3,35
T4	20,68	77,09	1,42

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco externa, UR_ext – umidade relativa externa, Var_ext – velocidade do ar externa, T1 – tratamento 1, T2 – tratamento 2, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

Avaliando a distribuição da UR, os T1 e T2 são semelhantes, diferindo-se do T3 (valor da média mais alta igual a 77,54 %) que por sua vez diferencia-se de T4 ($P<0,00$). A UR está acima do intervalo desejável para T1, T2 e T3 segundo Elwinger e Svensson (1996) e por Cobb (2008). Novamente T3 apresentou os maiores valores de UR.

A renovação do ar realizada nos tratamentos T1 e T2 apresentou-se semelhante ($P<0,00$) porém acima do preconizado pela literatura.

O comportamento da L é significativamente iguais entre T1 e T2 ($P<0,00$), sendo que T3 apresenta valor médio de 2,71 lux o que deveria ser 3,00 lux por ser um aviário do tipo *Dark House* (GALLO, 2009), e para os outros tipos de aviários a L deveria estar entre 5,00 e 10,00 lux, valor próximo ao intervalo pode ser encontrado em T1 e T2.

Já a T_cama apresentou comportamento semelhante para T1, T2 e T4 ($P<0,00$) os quais não estão no intervalo adequado entre 28,00 e 32,00 °C. Já o T3 aos 14 dias conseguiu apresentar um T_cama dentro do intervalo preconizado pela literatura.

4.1.3.3. Horário das 9h00min na condição de verão

A Tabela 33 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 14 dias de idade, na estação de verão para T1 e T2.

Tabela 33. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 9h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T3	26,60a	0,04	0,00	CO ₂	T3	361,10a	233,15	0,00
	T4	27,98b				T4	221,88b		
UR	T3	66,00a	0,33	0,00	T_cama	T3	29,42a	0,13	0,94
	T4	63,91b				T4	29,44a		
Var	T3	0,22a	0,02	0,02	U_cama	T3	36,78a	15,30	0,04
	T4	0,17b				T4	32,38b		
L	T3	4,27a	103,17	0,00	pH_cama	T3	7,90a	0,07	0,98
	T4	107,79b				T4	7,91a		
NH ₃	T3	2,63a	0,19	0,00					
	T4	1,38b							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, pH_cama – pH da cama de frango, U_cama – umidade da cama, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 33 é possível observar que o comportamento da Tbs, UR, Var, L, NH₃, CO₂ e U_cama se mostrou significativamente diferente entre T3 e T4 (P<0,00; P<0,00; P<0,02; P<0,00; P<0,00; P<0,00 e P<0,04).

Sendo que o T4 obedece aos dos padrões preconizado por Cobb (2008) e por Nicholson et al. (2004) em relação a Tbs.

Quanto à UR, os tratamentos encontram-se acima do valor ideal pela alta umidade relativa do ar na parte externa (90,90 % - Tabela 34). A intensificação do aquecimento tende a diminuir a UR do interior dos galpões, deixando as aves nos dois tratamentos em conforto térmico.

Tabela 34. Condições climáticas externas aos galpões às 9h00min.

Tratamentos	Tbs_ext	UR_ext	Var_ext
T3 e T4	22,54	90,90	2,36

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco externa, UR_ext – umidade relativa externa, Var_ext – velocidade do ar externa,, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

O manejo da ventilação mínima aos 14 dias influenciou de maneira positiva a qualidade do ar no interior do pinteiro. T3 e T4 apresentaram concentrações abaixo do limite em relação à concentração de NH₃ e à concentração de CO₂ preconizado pelo Globalgap (2007) e por Cobb (2008), mesmo que o pH_cama estivesse básico facilitando a volatilização da amônia no interior dos aviários para ambos os tratamentos.

Obteve-se valor para a L próximo ao adequado segundo Gallo (2009) para o T3, e acima do ideal para o T4 segundo Cobb (2008).

A T_cama apresentou-se adequada indicando o bom manejo do aquecimento, e os índices da cama de frango como a U_cama apresentaram-se adequados para o T4 (U_cama = 32,38 %) e acima de 35,00 % para o T3 (U_cama = 36,78 %), o que já pode comprometer a qualidade da cama e auxiliar na atividade microbiana e desenvolvimento de fungos, capaz de desencadear problemas sanitários nas aves.

4.1.3.4. Horário das 21h00min na condição de verão

A Tabela 35 apresenta os resultados referentes ao teste de Tukey e ANOVA para todas as variáveis coletadas quando as aves estavam com 14 dias de idade, na estação de verão para T1 e T2.

Tabela 35. Dados referentes à estação de inverno para aves de 14 dias de idade no horário das 21h00min.

Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor	Variáveis	Trat.	Média ¹	EP	Pvalor
Tbs	T3	27,79a	0,05	0,00	NH ₃	T3	3,83a	0,18	0,00
	T4	26,43b				T4	1,85b		
UR	T3	71,58a	0,23	0,00	CO ₂	T3	655,62a	26,77	0,90
	T4	83,80b				T4	650,66a		
Var	T3	0,18a	0,01	0,02	T_cama	T3	29,72a	0,23	0,00
	T4	0,01b				T4	26,82b		
L	T3	3,55a	0,77	0,31					
	T4	4,66a							

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T_cama – temperatura superficial da cama, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4, EP – Erro Padrão, Pvalor – P valor, Trat. – Tratamentos.

A partir da Tabela 35 é possível observar que o comportamento da Tbs, UR, Var, NH₃, CO₂ e T_cama se mostrou diferente entre T3 e T4 (P<0,00; P<0,000; P<0,00; P<0,00; P<0,00), enquanto que o comportamento das variáveis de L e CO₂ se apresentou semelhante para os dois tratamentos (P<0,31; P<0,90).

O T4 obedece aos dos padrões preconizado por Cobb (2008) e por Nicholson et al. (2004) em relação a Tbs no interior do pinteiro. Já UR encontra-se acima do valor ideal pela alta umidade relativa do ar na parte externa (86,80 % - Tabela 36). A intensificação do aquecimento tende a diminuir a UR do interior dos galpões, deixando as aves nos dois tratamentos em conforto térmico.

Tabela 36. Condições climáticas externas aos galpões.

Tratamentos	Tbs_ext	UR_ext	Var_ext
T3 e T4	23,16	86,80	2,66

Tbs_ext – temperatura de bulbo seco, UR_ext – umidade relativa, Var_ext – velocidade do ar, T3 – tratamento 3, T4 – tratamento 4.

Aos 14 dias e no verão os sistemas de ventilação mínima de T3 e T4 foram intensificados influenciando de maneira positiva a qualidade do ar no interior do pinteiro. T3 e

T4 apresentaram concentrações abaixo do limite preconizado pelo Globalgap (2007) e por Cobb (2008) em relação ao CO₂ e NH₃, mesmo que o pH_cama estivesse básico facilitando a volatilização da amônia no interior dos aviários para ambos os tratamentos.

Obteve-se valor para a L próximo ao adequado segundo Gallo (2009) para o T3, e abaixo do ideal para o T4 segundo Cobb (2008).

A T_cama somente para o T3 apresentou-se adequada indicando o bom manejo do aquecimento diferente do que ocorre em T4 ($P < 0,00$), sendo um indicativo de que além dos manejos serem significativamente diferentes, o T3 aos 14 dias tem maior controle do ambiente interno onde estão alocadas as aves.

4.2. Mineração de Dados

A avaliação dos diferentes manejos da ventilação mínima foi realizada utilizando a mineração de dados através do modelo de indução do algoritmo J48 para a construção da árvore de decisão, tendo como atributo meta “Classificação”. Os modelos foram construídos a partir do *software* Weka[®] 3.5.6. A construção da árvore de decisão foi feita separadamente para cada tratamento.

O atributo meta “Classificação” foi dividido em quatro adequações, sendo elas MUITO BOM, BOM, REGULAR e RUIM. A maneira com que essa classificação foi feita está apresentada no capítulo de Metodologia item 3.11.2.5. A partir desta classificação, foi possível visualizar quais fatores (folhas da árvore de decisão) estão efetivamente influenciando na qualidade da cama de frango, no ambiente térmico e aéreo e assim auxiliar o produtor na tomada de decisão em relação ao manejo da ventilação mínima, podendo haver a necessidade de intensificar a renovação do ar, ou sistema de aquecimento, ou o isolamento, entre outras ações.

4.2.1. Árvore de Decisão para o Tratamento 1

A Figura 31 apresenta a árvore de decisão gerado no *software* Weka para avaliação do manejo da ventilação mínima referente ao Tratamento 1, ou seja, exaustores + manejo de cortinas no fundo do aviário. O nó folha superior à esquerda na Figura 31 “Bom (121,0/13,0)” significa que a classe “Bom” foi atribuída aos exemplos classificados naquele nó e que 121 exemplos do conjunto de treinamento foram ali classificados, 13 dos quais de maneira incorreta – a classe verdadeira poderia ser “Muito Bom”, “Regular” ou “Ruim”.

Este modelo apresentou precisão de 73,06 %, o qual obteve seus exemplos distribuídos em três atributos metas, sendo que 26,81 % destes foram classificados de forma correta como “Bom”, 51,94 % dos exemplos foram classificados como “Regular” e 21,25 % dos exemplos foram classificados como “Ruim”. Através da Figura 31, é possível observar que a qualidade do manejo da ventilação mínima é fortemente associada à UR, o qual foi considerado como nó raiz da árvore. Outros atributos que o modelo associou para decidir se o manejo estava correto ou não do ponto de vista da qualidade do ar, da cama e do ambiente térmico foram os atributos relacionados à qualidade da cama, tais como o pHcama, T_cama e U_cama, a velocidade do ar o qual incide nas aves, a concentração de NH_3 e ao posicionamento das cortinas.

O nó folha “Manejo_cortinas” também foi atribuído ao sucesso ou não da qualidade do ambiente onde as aves estavam inseridas, uma vez que classificou se a cortina e o casulo estivessem fechados, o ambiente estaria ruim, esse resultado aponta a dificuldade em relação ao isolamento do ambiente interno ao externo e a quantidade de UR que se concentrará, ou seja, isolando o ambiente neste tipo de galpão *Blue House*, irá concentrar maior quantidade de NH_3 e UR, o que pode causar a condensação da água quando o ambiente externo estiver com temperatura abaixo da interna, o que ocorre com frequência no inverno, isso implica em um aumento da U_cama, facilitando a volatilização da amônia.

A T_cama também é um indicativo do manejo do produtor, pois se o manejo do sistema de aquecimento está adequado, este permite que o ar juntamente com a cama de frango apresente temperatura adequada. Yahav et al. (2004) estudou, através da termografia, as trocas térmicas da ave em relação ao ambiente e à velocidade do ar, para isso utilizou a troca térmica do animal através das partes mais quentes, sendo as patas, a crista com a barbela e uma área nas asas, sendo assim a temperatura superficial da cama de frango influencia no conforto térmico das aves jovens, auxiliando a manutenção de calor.

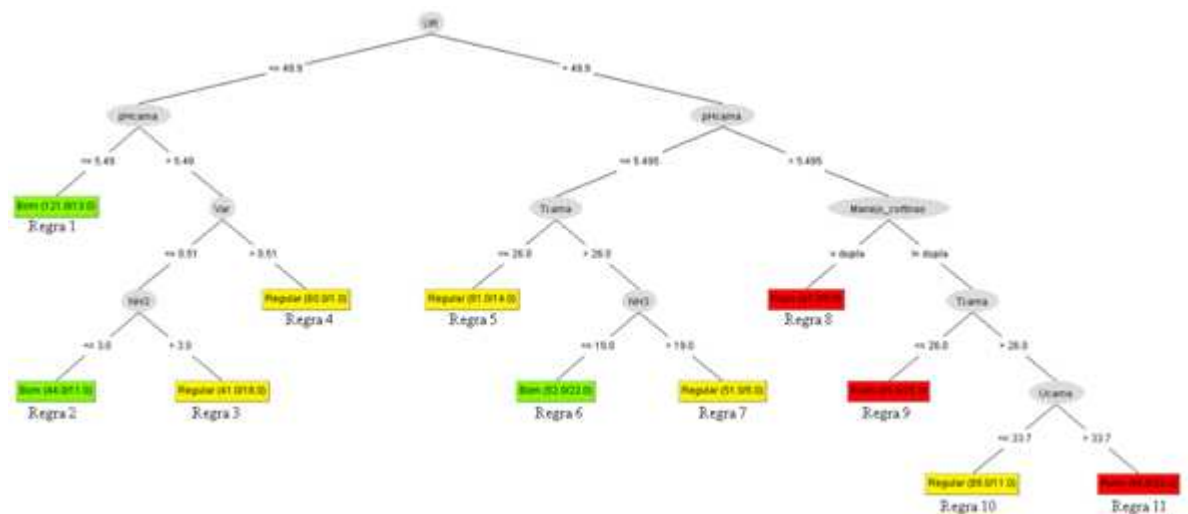


Figura 10. Árvore de decisão binária para avaliação do manejo da ventilação mínima do Tratamento 1, BinarySplits=True, minNumObj=36.

A Tabela 37 apresenta a avaliação das classes “Ruim”, “Regular” e “Bom” para a árvore de decisão, como o valor de *TP Rate* foi de 83,90 %, esse valor indica que o modelo apresenta maior eficácia para classificar como “Bom”, em segundo lugar é a classe “Regular” com 73,80 % e por último a classe “Ruim” com 57,50 %. Este modelo foi escolhido por esta consideração, quando ele classifica como “Bom”, realmente o manejo está com qualidade, ou seja, o produtor realmente não necessita fazer ajuste algum.

Tabela 37. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 31.

TPRate	FP Rate	Precisão	Recall	F-Measure	ROC Area	Classe
0,58	0,08	0,67	0,58	0,618	0,883	Ruim
0,74	0,28	0,74	0,74	0,74	0,807	Regular
0,84	0,10	0,75	0,84	0,792	0,939	Bom

TP rate – taxa de verdadeiro positivo, FP rate – taxa de falso positivo, Recall – recordar.

A Tabela 38 apresenta a matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 31 obtida pelo método de validação cruzada (*Cross-validation Folds 10*).

Tabela 38. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 31.

Classe	Predito Ruim	Predito Regular	Predito Bom	Precisão do Modelo
Ruim	88	65	0	73,06 %
Regular	44	276	54	
Bom	0	31	162	

As regras de classificação extraídas da árvore de decisão e a avaliação individual de cada uma das regras, com base na classificação do conjunto de treinamento, estão apresentadas

na Tabela 39, o qual é possível notar que a regra que apresenta maior novidade – que quanto mais próximo de 0,25 ou -0,25, maior é a chance de que exista uma associação verdadeira e inesperada entre o antecedente e conseqüente – é a Regra 1, o qual une a UR e o pHcama para avaliar o ambiente e o manejo da ventilação mínima. Uma vez que a UR menor que 50% faz com que a U_cama seja abaixo de 35,00 %, isso associado ao pHcama < 5,49 faz com que reduza a volatilização de NH₃ proveniente da cama, melhorando a qualidade do ar, esta regra permite a maior sensibilidade, cobertura e suporte. Gates et al. (1997) encontraram relação entre pH, umidade e ácido úrico da cama de frango, da mesma forma que o modelo demonstrou.

Tabela 39. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 31 e avaliação de cada regra individualmente.

Regras	Precisão [%]	Sensitividade [%]	Especificidade [%]	Novidade	Cobertura [%]	Suporte [%]
Regra 1	89,30	56,00	97,50	0,11	16,80	15,00
Regra 2	75,00	17,10	97,90	0,03	6,10	4,60
Regra 3	56,10	6,10	94,80	0,00	5,70	3,20
Regra 4	98,30	15,80	99,70	0,04	8,30	8,20
Regra 5	82,70	17,90	96,00	0,04	11,30	9,30
Regra 6	57,70	15,50	95,80	0,02	7,20	4,20
Regra 7	90,20	12,30	98,60	0,03	7,10	6,40
Regra 8	83,00	25,50	98,60	0,04	6,50	5,40
Regra 9	70,6	39,20	95,60	0,06	11,80	8,30
Regra 10	87,60	20,90	96,80	0,04	12,40	10,80
Regra 11	53,10	17,00	95,90	0,02	6,80	3,60

4.2.2. Árvore de Decisão para o Tratamento 2

A Figura 32 apresenta a árvore de decisão gerado no *software* Weka para avaliação do manejo da ventilação mínima referente ao Tratamento 2, ou seja, exaustores + manejo de cortinas nas laterais do aviário. O nó folha à esquerda na Figura 32 “Bom (57,0/17,0)” significa que a classe “Bom” foi atribuída aos exemplos classificados naquele nó e que 57 exemplos do conjunto de treinamento foram ali classificados, 17 dos quais de maneira incorreta – a classe classificada corretamente poderia ser “Muito Bom”, “Regular” ou “Ruim”.

Este modelo apresentou precisão de 82,64 %, o qual obteve seus exemplos distribuídos em três atributos metas, sendo que 24,72 % destes foram classificados de forma correta como “Bom”, 69,72 % dos exemplos foram classificados como “Regular” e 5,56 % dos exemplos foram classificados como “Ruim”. Através da Figura 32, é possível observar que a

qualidade do manejo da ventilação mínima é fortemente influenciado pelo pH_{cama}, o qual foi considerado como nó raiz da árvore, os outros atributos que o modelo associou para decidir se o manejo estava correto ou não do ponto de vista da qualidade do ar, da cama e do ambiente térmico foram os atributos relacionados a T_{cama}, a velocidade do ar, a T_{bs} externa e a UR do ar. Esses fatores permitem averiguar que neste tipo de galpão que utiliza a entrada de ar nas laterais não apresentou problemas com concentração de NH₃ e CO₂ maiores do que valores preconizados pelo Globalgap (2007). Este fato está associado à maior área de entrada de ar externo, que ao mesmo tempo que oferece qualidade ao ambiente aéreo, influencia no ambiente térmico, tornando-se influenciável pela T_{bs} do ar externo e também pela velocidade com que este ar entra no pinteiro. Um dos manejos utilizados neste aviário é a abertura das cortinas e do casulo nas horas mais quentes do dia, ou seja, às 14h00min. E quando este ambiente está todo vedado (cortinas e casulo fechados) ocorre problema de alta concentração de UR no ambiente como aponta um dos nós folha da árvore de decisão (Regra 2 – Tabela 40). Esta variável tem grande importância por estar ligada à condensação da água dentro dos aviários, uma vez que o pinteiro é isolado durante a noite do ambiente externo para melhorar a eficiência do sistema de aquecimento. Entretanto se não há o manejo correto da ventilação mínima, o excesso de UR presente no ar e produzido durante a noite é condensado nas primeiras horas do dia influenciando negativamente na qualidade da cama de frango, este fato foi observado por Camerini et al. (2009) o qual estudou também a influência do tipo de telhado em relação à absorção do vapor d'água durante a noite.

A T_{cama} também é um indicativo da qualidade do manejo do produtor, pois se o manejo do sistema de aquecimento está adequado, este permite que o ar juntamente com a cama de frango apresente temperaturas adequadas. O intuito do sistema de ventilação mínima é renovar o ar sem, no entanto, reduzir a temperatura do ar e da cama.

cada uma das regras, com base na classificação do conjunto de treinamento, estão apresentadas na Tabela 42, o qual é possível notar que a regra que apresenta maior novidade é a Regra 8, a qual une atributos relativos à qualidade da cama de frango como o pH_{cama} e T_{cama} como também a T_{bs} externa para avaliar o ambiente térmico e o manejo da ventilação mínima, esta regra permite a maior sensibilidade, cobertura e suporte.

Tabela 42. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 32 e avaliação de cada regra individualmente.

Regras	Precisão [%]	Sensitividade [%]	Especificidade [%]	Novidade	Cobertura [%]	Suporte [%]
Regra 1	70,20	22,50	96,90	0,04	7,90	5,60
Regra 2	100,00	6,20	100,00	0,01	4,30	4,30
Regra 3	92,30	33,70	99,10	0,06	9,00	8,30
Regra 4	90,70	15,50	96,30	0,03	11,90	10,80
Regra 5	96,80	16,90	99,80	0,03	4,30	4,20
Regra 6	92,90	23,50	95,90	0,04	17,60	16,40
Regra 7	86,70	65,00	99,40	0,03	4,20	3,60
Regra 8	90,60	44,00	89,40	0,07	33,90	30,70
Regra 9	55,10	5,40	89,90	-0,01	6,80	3,80

4.2.3. Árvore de Decisão para o Tratamento 3

A Figura 33 apresenta a árvore de decisão gerado no *software* Weka para avaliação do manejo da ventilação mínima referente ao Tratamento 3, ou seja, exaustores + válvula. O nó folha à direita na Figura 123 “Ruim (103)” significa que a classe “Ruim” foi atribuída aos exemplos classificados naquele nó e que 103 exemplos do conjunto de treinamento foram ali classificados.

Este modelo apresentou precisão de 83,13 %, o qual obteve seus exemplos distribuídos em quatro atributos metas, sendo que 9,34 % destes foram classificados de forma correta como “Bom”, 70,83 % dos exemplos foram classificados como “Regular”, 19,32 % dos exemplos foram classificados como “Ruim” e 0,21 % dos exemplos foram classificados como “Muito Bom”, sendo que a maior ocorrência da classe “Regular” foi no tratamento 3. Através da Figura 33, é possível observar que a qualidade do manejo da ventilação mínima é fortemente associada à concentração de NH₃, o qual foi considerado como nó raiz da árvore. Os outros atributos que o modelo escolheu como decisivo na averiguação do manejo foram parâmetros relacionados à qualidade da cama de frango, sendo a U_{cama} e a T_{cama}, e também parâmetros relacionados com a renovação de ar, como o número de exaustores ligados

e a Var incidente nos pintinhos. Outro atributo interessante que o modelo definiu como preditivo é a estação do ano, pois os dados de verão e inverno foram utilizados para a construção do modelo. Desta forma, se a qualidade do ambiente aéreo estiver adequada, e a U_cama também, ou seja, concentração de NH_3 menor que 20 ppm e menor que 35,00 %, respectivamente, há a possibilidade de o manejo estar correto. O parâmetro da umidade de cama de frango pode ser alterado para 35,18 % através da iteração da árvore de decisão, diferente de 35,00 % preconizado por Almeida (1986) e Cobb (2008). Em relação à renovação de ar, quanto maior for o número de renovações do ar, melhor será a manutenção da qualidade da cama e do ar, entretanto deve-se atentar para que a Var incidente nos pintinhos seja menor que $0,35 \text{ m s}^{-1}$, esse valor denota novos parâmetros encontrados em relação à velocidade do ar incidente nas aves, sendo menor que $0,50 \text{ m s}^{-1}$ preconizado por Barnwell e Wilson, 2005 e maior que $0,08 \text{ m s}^{-1}$ como preconizado por Cobb (2008), outra novidade desta árvore de decisão é a consideração quanto ao período do ano, o qual influencia diretamente se o manejo da ventilação será classificado como “Regular” ou “Ruim”. Na área direita da árvore de decisão observa-se que pela concentração de NH_3 estar em índices inadequados preconizado por Globalgap (2007), a tendência é de ser classificada como “Regular” e “Ruim”. Outro parâmetro interessante apresentado na árvore de decisão é que a umidade da cama de frango apresentará maior influência negativa quando estiver com valor maior que 35,00 % quando a estação do ano for inverno.

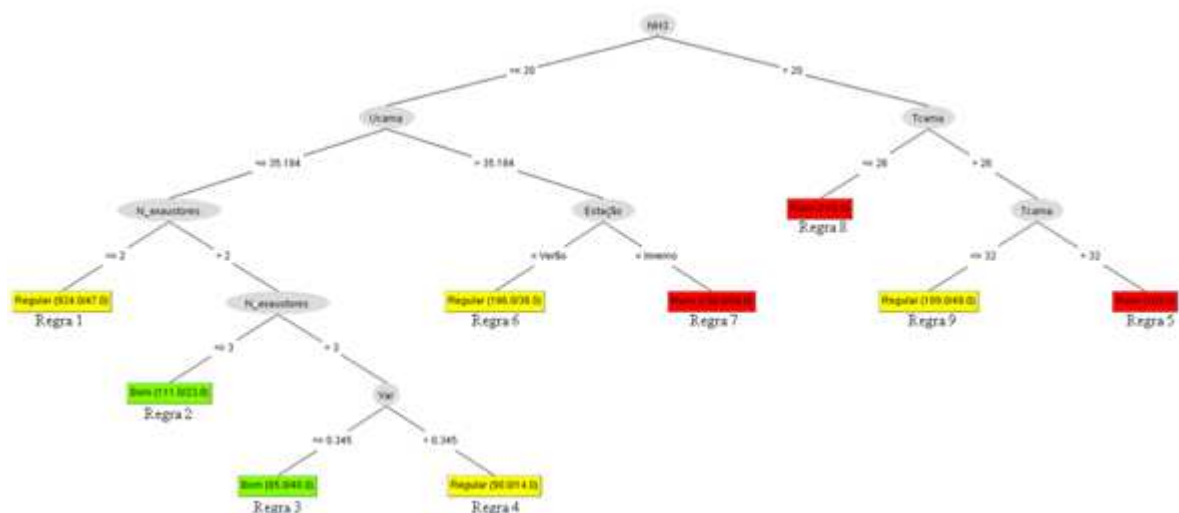


Figura 12. Árvore de decisão para avaliação do manejo da ventilação mínima do Tratamento 3, BinarySplits=False, minNumObj=85.

A Tabela 43 apresenta a avaliação das classes “Regular”, “Bom”, “Ruim” e “Muito Bom” para a árvore de decisão, como o valor de *TP Rate* foi de 92,40 %, esse valor indica que o modelo apresenta maior eficácia para classificar como “Regular”, em segundo lugar tem-se a classe “Ruim” com 65,50 % e por último a classe “Bom” com 52,40 %. Este modelo foi escolhido pelo maior valor “se” no “Regular”, ou seja, que há apenas alguns parâmetros a corrigir para que a classificação fique “Bom”. Assim no caso do nó-folha “Regular” (924,0/47,0), se houvesse a intensificação da renovação do ar com o cuidado de não haver Var na altura das aves, a classificação seria melhorada.

Tabela 43. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 33.

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area	Classe
0,92	0,37	0,86	0,92	0,89	0,86	Regular
0,52	0,04	0,56	0,52	0,54	0,89	Bom
0,65	0,03	0,86	0,66	0,74	0,92	Ruim
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	Muito Bom

TP rate – taxa de verdadeiro positivo, FP rate – taxa de falso positivo, Recall – recordar.

A Tabela 44 apresenta a matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 33 obtida pelo método de validação cruzada (*Cross-validation Folds 10*).

Tabela 44. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 33.

Classe	Predito Regular	Predito Bom	Predito Ruim	Predito Muito Bom	Precisão do Modelo
Regular	1256	65	39	0	83,125 %
Bom	88	97	0	0	
Ruim	121	7	243	0	
Muito Bom	0	4	0	0	

As regras de classificação extraídas da árvore de decisão e a avaliação individual de cada uma das regras, com base na classificação do conjunto de treinamento, estão apresentadas na Tabela 45, na qual é possível observar que a regra que apresenta maior novidade é a Regra 1, a qual une atributos relativos à qualidade do ambiente aéreo, concentração de NH₃, U_cama e número de exaustores, este fato se dá pelo classificador utilizar o número de exaustores funcionando como fator decisivo para se avaliar o manejo da ventilação mínima, relacionado à quantidade (número de ciclos) e intensidade (número de exaustores) de renovação de ar. Esta regra permite a maior sensibilidade, cobertura e suporte. Observa-se que neste aviário onde o isolamento ao ambiente externo é bem maior que os demais por tratar-se de um *Dark house*, o efeito dos exaustores passa a ser decisivo na determinação de uma boa ventilação mínima, como citado no manual de frangos de corte Cobb (2008), a partir do timer (Estágio 1) ou da

temperatura (Estágio 2) são ligados um número de exaustores para promover a renovação de ar, caso não ocorra, irá aumentar os níveis de NH_3 o qual está como nó principal da árvore. Como era de se esperar, um aviário *Dark house*, necessita de maior cuidado com a ventilação mínima justamente pela sua maior vedação com relação ao ambiente externo.

Tabela 45. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 33 e avaliação de cada regra individualmente.

Regras	Precisão [%]	Sensitividade [%]	Especificidade [%]	Novidade	Cobertura [%]	Suporte [%]
Regra 1	94,90	64,50	91,60	0,12	48,10	45,70
Regra 2	79,30	47,60	98,70	0,04	5,80	4,60
Regra 3	52,90	24,30	97,70	0,02	4,40	2,30
Regra 4	84,40	5,60	97,50	0,01	4,70	4,00
Regra 5	100,00	27,80	100,00	0,04	5,40	5,40
Regra 6	80,60	11,60	93,20	0,01	10,20	8,20
Regra 7	52,80	15,10	96,80	0,02	5,50	2,90
Regra 8	100,00	31,30	100,00	0,05	6,00	6,00
Regra 9	74,10	10,30	91,30	0,00	9,80	7,30

4.2.4. Árvore de Decisão para o Tratamento 4

A Figura 34 apresenta a árvore de decisão gerada no *software* Weka para avaliação do manejo da ventilação mínima referente ao Tratamento 4, ou seja, ventilação natural. O nó folha à esquerda superior na Figura 34 “Bom (110,0/56,0)” significa que a classe “Bom” foi atribuída aos exemplos classificados naquele nó e que 110 exemplos do conjunto de treinamento foram ali classificados, 56 dos quais de maneira incorreta – a classe verdadeira poderia ser “Muito Bom”, “Regular” ou “Ruim”. Este modelo apresentou precisão de 84,27 %, o qual obteve seus exemplos distribuídos em quatro atributos metas, sendo que 19,58 % destes foram classificados de forma correta como “Bom”, 75,32 % dos exemplos foram classificados como “Regular”, 3,02 % dos exemplos foram classificados como “Ruim” e 2,08 % dos exemplos foram classificados como “Muito Bom”.

Através da Figura 34, é possível observar que a qualidade do manejo da ventilação mínima é fortemente associada à Tbs externa, o qual foi considerado como nó raiz da árvore. Outros atributos que o modelo escolheu como decisivo na averiguação do manejo foram parâmetros relacionados à qualidade da cama de frango, sendo a U Cama e a T_cama, como também parâmetros relacionados com a renovação de ar como o manejo de cortinas, e também

a UR e ITU. Como o aviário referente ao T4 possui sistema de ventilação natural, as condições externas do aviário influenciam diretamente nas condições do microclima interno, por isso o modelo escolheu como atributo chave a Tbs externa. Um fator que não apareceu nos outros modelos e sim neste foi o ITU, que correlaciona a Tbs com a UR. Interessante notar que este tipo de aviário não apresentou problemas relacionado com concentração de gases acima do preconizado pelo Globalgap (2007).

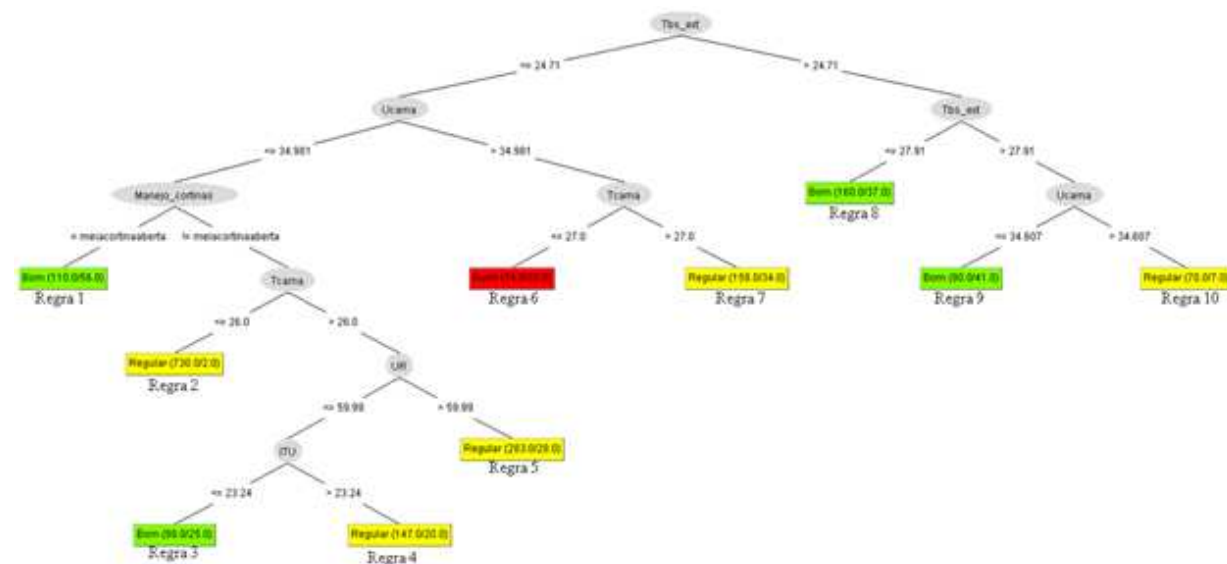


Figura 134. Árvore de decisão para avaliação do manejo da ventilação mínima do Tratamento 4, BinarySplits=True, minNumObj=70.

A Tabela 46 apresenta a avaliação das classes “Regular”, “Bom”, “Muito Bom” e “Ruim” para a árvore de decisão, como o valor de *TP Rate* foi de 93,90 %, esse valor indica que o modelo apresenta maior eficácia para classificar como “Regular”, em segundo lugar tem-se a classe “Bom” com 69,10 %, ou seja, este modelo está ajustado para indicar quando o manejo está “Bom” ou “Regular”, o que auxilia o produtor em relacionar quais os parâmetros que indicam um bom manejo, quais atributos ele deve ficar atento, pois se estes estiverem ajustados, maiores as chances do manejo da ventilação mínima estar correto em relação ao ambiente térmico, aéreo e parâmetros da cama de frango.

Tabela 46. Avaliação das classes da árvore de decisão da Figura 34.

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area	Classe
0,94	0,37	0,89	0,92	0,91	0,91	Regular
0,69	0,08	0,67	0,52	0,68	0,90	Bom
0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,94	Muito Bom
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	Ruim

TP rate – taxa de verdadeiro positivo, FP rate – taxa de falso positivo, Recall – recordar.

A Tabela 47 apresenta a matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 34 obtida pelo método de validação cruzada (*Cross-validation Folds 10*).

Tabela 47. Matriz de confusão da árvore de decisão da Figura 34.

Classe	Predito Regular	Predito Bom	Predito Muito Bom	Predito Ruim	Precisão do Modelo
Regular	1358	88	0	0	84,2708 %
Bom	116	260	0	0	
Muito Bom	1	39	0	0	
Ruim	58	0	0	0	

As regras de classificação extraídas da árvore de decisão e a avaliação individual de cada uma das regras, com base na classificação do conjunto de treinamento, estão apresentadas na Tabela 48, onde é possível observar que a regra que apresenta maior novidade é a Regra 2, a qual une atributos relativos ao ambiente externo (Tbs externa), parâmetros relacionados à cama da cama (T_cama e U_cama) e em relação ao manejo de cortinas. A maior novidade desta regra se deu pela utilização do manejo de cortinas pelo classificador, e este atributo não tinha sido usado como adequação, citado na Metodologia item 3.11.2.5.

Tabela 48. Regras extraídas da árvore de decisão da Figura 34 e avaliação de cada regra individualmente.

Regras	Precisão [%]	Sensitividade [%]	Especificidade [%]	Novidade	Cobertura [%]	Suporte [%]
Regra 1	49,10	14,40	96,40	0,02	5,70	2,80
Regra 2	99,70	50,30	99,60	0,09	38,00	37,90
Regra 3	74,50	19,40	98,40	0,03	5,10	3,80
Regra 4	86,40	8,80	95,80	0,01	7,70	6,60
Regra 5	90,10	17,60	94,10	0,00	14,70	13,30
Regra 6	56,80	72,40	98,30	0,02	3,90	2,20
Regra 7	78,50	8,60	92,80	0,00	8,20	6,50
Regra 8	76,90	32,70	97,60	0,05	8,30	6,40
Regra 9	54,40	13,00	97,30	0,02	4,70	2,60
Regra 10	90,00	4,40	98,50	0,01	3,60	3,30

4.3. Análise geoestatística dos dados

4.3.1. Dados referentes ao primeiro dia de idade das aves às 9h00min

A partir dos dados médios da Tabela 49, que avaliou os dados utilizando a estatística descritiva para os tratamentos 1 – T1, tratamento 2 – T2, tratamento 3 – T3 e tratamento 4 – T4, observa-se que a temperatura de bulbo seco – Tbs [°C] não apresenta níveis dentro da faixa ideal segundo Nicholson et al. (2004), Cobb (1995) e Cobb (2008), os quais recomendam intervalos entre 32,00 e 35,00 °C, 32,20 °C e entre 32,00 e 33,00 °C, respectivamente. O valor médio da umidade relativa do ar – UR [%] em T2 e T4 estão inseridos na faixa de conforto preconizado por Elwinger e Svensson (1996) e por Cobb (2008), enquanto que T1 está inserido no intervalo ideal preconizado por Granja Planalto (2006), os quais estipulam um intervalo entre 35,00 e 60,00 %, 30,00 e 50,00 % e entre 40,00 e 80,00 %, respectivamente. A UR observada no tratamento T3 estava acima do recomendado pela literatura citada acima. Esse comportamento de alta umidade no T3, já foi confirmado na análise estatística assim como na mineração de dados na qual a UR foi o atributo raiz da árvore de decisão para este tratamento.

As médias da velocidade do ar – Var [m s^{-1}] apresentaram-se dentro do ideal, abaixo de $0,50 \text{ m s}^{-1}$, como preconizado por Barnwell e Wilson (2005) (Tabela 50). A concentração média de amônia – NH_3 [ppm] para T1 e T3 está acima do limite ideal preconizada pelo Globalgap (2007) o qual estipulou limite de 20 ppm e, preconizado por Cobb (2008) o qual estipulou limite máximo de 10 ppm, os tratamentos T2 e T4 apresentaram-se dentro do limite ideal segundo a literatura. Este comportamento de T1 e T3 com relação à concentração de NH_3 também foi encontrada na análise de estatística convencional. A concentração de dióxido de carbono – CO_2 [ppm] mostrou que todos os tratamentos apresentaram-se dentro da faixa considerada ideal para o Globalgap (2007) e Cobb (2008) com limite em 3000 ppm.

A partir do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, observou-se normalidade para as variáveis UR e CO_2 em todos os tratamentos estudados e para NH_3 no tratamento T2 (Tabela 49). Isaaks e Srivastava (1989) afirmaram que mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência do efeito proporcional o qual a média e a variância dos dados não sejam constantes. Observa-se que a variável VAR apresenta dados assimétricos, pois os valores de assimetria e curtose distanciam de zero.

Segundo Little e Hills (1978), quando os valores da média e mediana estão próximos, os dados apresentam ou se aproximam na distribuição normal. Indicando que as medidas de

tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994). Neste contexto é possível notar as variáveis de Tbs e UR apresentaram valores próximos em relação à média e à mediana, sendo a determinação é assentimento (Tabela 49), entretanto a Var nos tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram valores distantes entre a média e a mediana, o que também ocorreu para a variável NH_3 nos tratamentos T1, T2 e T3 e para a variável CO_2 no tratamento T4.

Outro critério de avaliação é o coeficiente de variação (CV) o qual foi classificado de acordo com Warrick e Nielsen (1980), sendo considerada baixa variabilidade quando o CV apresentar valor abaixo de 12%, variabilidade média com valores entre 12 e 24% e, variabilidade alta com valores maiores que 24%. Dessa forma é possível observar que Tbs e UR apresentaram baixa variabilidade em todos os tratamentos, o mesmo comportamento ocorreu para a variável NH_3 e CO_2 no tratamento T1 (Tabela 49). A Var apresentou alta variabilidade para todos os tratamentos estudados e, para o CO_2 obteve CV alto para os tratamentos T2 e T4. A variabilidade média foi obtida em T2, T3 e T4 para NH_3 e no T3 para CO_2 . Segundo Vanni (1998), quando o coeficiente de variação tem valor maior que 35% indica que a série é heterogênea e conseqüentemente a média tem pouco significado, esse fato ocorreu para todos os tratamentos para a variável Var e no tratamento T2 para o CO_2 . Resultado semelhante foram verificados por Faria et al. (2008) em relação à Var, uma vez que a alta variabilidade deve-se ao vento ser caracterizado por mudar de magnitude e direção constantemente com variações de até 100% na média da magnitude num intervalo de 5 minutos.

Tabela 49. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Tratamentos	Média	Mediana	¹ CV	Curtose	Assimetria	² d
Tbs	T1	25,31	25,70	7,04	-0,66	-0,61	0,11
	T2	25,59	25,95	4,76	0,86	-1,28	0,17
	T3	19,72	19,93	3,13	-1,05	-0,53	0,16
	T4	19,85	19,96	1,69	-0,13	-0,92	0,16
UR	T1	71,94	72,25	6,38	-0,53	-0,21	0,07 ^{ns}
	T2	50,76	50,15	11,58	3,51	1,12	0,08 ^{ns}
	T3	83,14	83,63	3,38	-0,81	-0,35	0,09 ^{ns}
	T4	43,85	43,90	3,18	0,37	-0,28	0,09 ^{ns}
Var	T1	0,06	0,00	280,69	28,85	4,69	0,06 ^{ns}
	T2	0,08	0,00	154,81	-0,14	1,12	0,14
	T3	0,14	0,12	80,28	8,52	2,31	0,13
	T4	0,08	0,07	56,78	0,65	0,94	0,09 ^{ns}
NH ₃	T1	57,80	58,50	11,29	1,35	-0,98	0,14
	T2	2,53	3,00	20,88	-1,40	0,16	0,09 ^{ns}
	T3	35,93	39,00	20,84	2,53	-1,59	0,20
	T4	6,18	6,00	22,96	-1,43	-0,11	0,10
CO ₂	T1	2938,13	2900,00	11,94	-0,38	-0,20	0,07 ^{ns}
	T2	710,63	700,00	38,32	0,95	0,37	0,05 ^{ns}
	T3	2958,59	3000,00	13,64	0,17	-0,53	0,09 ^{ns}
	T4	391,88	375,00	29,31	-0,18	0,42	0,06 ^{ns}

¹CV = Coeficiente de Variação; ²d = teste de normalidade; ^{ns} = não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4.

Os resultados da análise geoestatística mostraram dependência espacial para todas as variáveis em estudo, com exceção dos tratamentos T1 e T2 para a variável Var cujos dados não ajustaram um modelo, apresentando efeito pepita puro (Tabela 50). Resultados semelhantes foram observados por Miles et al. (2008) o qual avaliou a variabilidade temporal e espacial de compostos de nitrogênio e atributos climáticos em sistemas de aquecimento de frangos de corte e encontraram dependência espacial para os atributos climáticos. Os semivariogramas que se ajustaram ao modelo esférico foram os da variável Tbs nos tratamentos T1, T2 e T3 e, para a UR, NH₃ e CO₂ nos tratamentos T1 e T2. O modelo Gaussiano foi ajustado aos semivariogramas relativos à UR, Var e NH₃ nos tratamentos T3 e T4, para a Tbs no T4 e CO₂ em T3. E o único semivariograma ajustado no modelo exponencial foi para a variável CO₂ em T4.

A Var para o tratamento T1 e T2 não apresentou dependência espacial para as

condições deste experimento, ou seja, efeito pepita puro, assim toda a variabilidade estimada pelo semivariograma foi associada a aleatoriedade dos dados (Tabela 50). Neste caso, há uma indicação de independência espacial do atributo ou que o espaçamento da amostragem usado foi maior do que o necessário para revelar a dependência espacial. Segundo Isaaks e Srivastava (1989) os modelos ajustados aos dados dos atributos estudados são transitivos por possuírem patamar, ou seja, a partir de um determinado valor da distância entre as amostras, não existe mais dependência, já o efeito pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem, que pode ser por variações locais, erros de análises, amostragem, entre outros.

O efeito pepita é um parâmetro importante do semivariograma e indica uma variabilidade não explicada considerando a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY e WEBSTER, 1986). Esse parâmetro pode ser expresso como percentagem do patamar e, tem por objetivo facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou que todas variáveis em estudo apresentaram grau de dependência espacial forte, mostrando que a utilização da geoestatística está coerente.

O alcance indica a distância limite entre pontos correlacionados entre si. Pontos coletados com distância maiores que o alcance são independentes e, para sua análise, pode-se utilizar a estatística clássica (VIEIRA, 2000). As variáveis em estudo apresentaram alcances da ordem de 6,00 m para o CO₂ no tratamento T1 e 54,00 para o tratamento T4 para a variável NH₃. O coeficiente de determinação R² apresentou valores maiores que 0,84 nos modelos ajustados, com exceção das variáveis Var e Tbs no tratamento 4.

Tabela 50. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Trat.	Modelo	Efeito Pepita(C_0)	Patamar	¹ a	² $C_0/(C_0+C_1)$	³ R ²
Tbs	T1	Esférico	0,60	3,95	25,00	15,19	0,96
	T2	Esférico	0,06	1,63	9,00	3,68	0,85
	T3	Esférico	0,00	0,37	8,00	0,03	0,81
	T4	Gaussiano	0,00	0,09	8,00	0,11	0,78
UR	T1	Esférico	2,80	16,40	14,00	17,07	0,94
	T2	Esférico	0,10	40,90	8,00	0,24	0,85
	T3	Gaussiano	0,01	9,52	14,00	0,11	0,97
	T4	Gaussiano	0,00	1,45	9,00	0,07	0,84
Var	T1	Efeito pepita puro					
	T2	Efeito pepita puro					
	T3	Gaussiano	0,00	0,01	7,00	7,14	0,99
	T4	Gaussiano	0,00	0,00	6,00	5,00	0,74
NH ₃	T1	Esférico	9,60	58,20	24,00	16,49	0,91
	T2	Esférico	0,03	0,29	7,00	10,34	0,89
	T3	Gaussiano	0,10	55,21	13,00	0,18	0,92
	T4	Gaussiano	0,01	6,03	54,00	0,17	0,94
CO ₂	T1	Esférico	100,00	65170,00	6,00	0,15	0,99
	T2	Esférico	21600,00	90040,00	15,00	23,99	0,96
	T3	Gaussiano	14100,00	249800,00	25,00	5,64	0,98
	T4	Exponencial	410,00	14410,00	17,00	2,85	0,94

¹a = alcance; ² $C_0/(C_0+C_1)$ = valor percentual do grau de dependência espacial; ³R² = coeficiente de determinação, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T3 – Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4, Trat. – Tratamentos.

4.3.2. Dados referentes ao primeiro dia de idade das aves às 17h00min

A análise descritiva apresentada na Tabela 51 permitiu constatar que a Tbs não apresenta níveis dentro da faixa ideal preconizado por Nicholson et al. (2004), Cobb (1995) e Cobb (2008). Enquanto que o valor médio da UR em T1 e T2 estão inseridos na faixa de conforto preconizado por Elwinger e Svensson (1996), T4 está dentro do ideal em relação à Cobb (2008), enquanto que T3 está inserido no intervalo ideal preconizado por Granja Planalto (2006). As médias da Var apresentaram-se dentro do ideal (BARNWELL e WILSON, 2005). A concentração média da NH₃ para T2, T3 e T4 encontrou-se dentro do limite ideal para Globalgap (2007), enquanto que T1 e T3 apresentaram-se acima do limite adequado por Cobb (2008). O CO₂ estava dentro da faixa considerada ideal para todos os tratamentos (GLOBALGAP, 2007).

Observa-se que os valores da média e mediana de todas as variáveis são próximos,

caracterizando distribuição simétrica, com exceção da variável CO_2 (Tabela 51). A partir do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, obteve-se normalidade para a variável UR e VAR para os tratamentos T1 e T3 e para os tratamentos T3 e T4, respectivamente. Para as variáveis NH_3 e CO_2 foi obtida a normalidade para os tratamentos T2 e T4. A normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989; WARRICK & NIELSEN, 1980).

Em relação ao coeficiente de variação, pode-se notar que a baixa variabilidade ocorreu para a Tbs e UR em todos os tratamentos, assim como para NH_3 em T4 (Tabela 51). A média variabilidade ocorreu para a variável NH_3 no tratamento T2 e para CO_2 em T4; a alta variabilidade ocorreu para variável NH_3 nos tratamentos T1 e T3. Os demais tratamentos das variáveis Var e NH_3 obtiveram valor de CV maior que 35% indicando que a série é heterogênea, resultados semelhantes foram observados por Faria et al. (2008) em relação à Var.

Tabela 51. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Tratamentos	Média	Mediana	¹ CV	Curtose	Assimetria	² d
Tbs	T1	24,47	24,80	5,19	1,36	-1,35	0,19
	T2	25,02	25,20	2,63	4,20	-2,06	0,25
	T3	21,95	22,09	1,46	-0,44	-0,75	0,17
	T4	25,58	25,58	0,40	-1,33	-0,27	0,13
UR	T1	56,88	55,75	10,18	0,84	0,84	0,09 ^{ns}
	T2	44,68	44,50	11,26	21,77	3,46	0,12
	T3	74,72	74,53	5,43	0,10	0,07	0,10 ^{ns}
	T4	33,42	33,56	1,77	-1,23	-0,21	0,15
Var	T1	0,16	0,10	144,88	3,90	1,95	0,21
	T2	0,15	0,20	111,43	4,09	1,33	0,12
	T3	0,20	0,19	39,55	-0,41	0,19	0,07 ^{ns}
	T4	0,08	0,08	64,33	0,13	0,76	0,09 ^{ns}
NH ₃	T1	26,16	26,00	25,60	1,36	0,31	0,10
	T2	1,00	1,00	22,50	18,19	0,00	0,02 ^{ns}
	T3	11,76	11,00	27,18	2,92	1,71	0,17
	T4	6,26	6,00	6,61	-0,56	1,13	0,09 ^{ns}
CO ₂	T1	1262,00	1050,00	49,41	-0,47	0,54	0,13
	T2	661,88	550,00	51,77	-0,92	0,23	0,08 ^{ns}
	T3	305,63	250,00	52,27	7,06	1,94	0,13
	T4	516,09	500,00	20,90	0,30	0,44	0,10 ^{ns}

¹CV = Coeficiente de Variação; ²d = Normalidade; ^{ns} = não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4.

Normalmente, o uso da estatística clássica requer um maior número de amostras do que a geoestatística, para estimar o atributo em estudo com determinada precisão. Por isso, Vieira (2000) preconizam que o estudo da dependência espacial pela geoestatística pode reduzir o número de amostras em relação ao uso dos procedimentos amostrais definidos na estatística clássica. A amostragem casual simples poderia ser evitada, visto que existe a probabilidade de coletar amostras em locais similares, duplicando dessa forma a informação.

Mesmo que os valores de CV sejam moderados, este não é um bom indicador da variabilidade espacial, pois podem ocorrer na área valores extremamente altos ou baixos. Assim, os resultados da análise geoestatística demonstram que todos os atributos apresentaram dependência espacial, com exceção para a variável Var no tratamento T1 (Tabela 52), concordando com os resultados obtidos por Miles et al. (2008). Os semivariogramas que se

ajustaram ao modelo esférico foram os das variáveis Tbs e UR para o tratamento T1, NH₃ para os tratamentos T1 e T2 e, para a variável CO₂ nos tratamentos T2, T3 e T4. O modelo Gaussiano foi ajustado nos semivariogramas relativos à UR, Var e NH₃ nos tratamentos T3 e T4, para a Tbs no tratamento T4 e CO₂ em T1. Os demais semivariograma ajustaram ao modelo exponencial para as variáveis Tbs em T2 e T3, UR e Var em T2.

A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou grau de dependência espacial forte para todos os atributos térmicos e aéreos estudados, com exceção das variáveis UR no tratamento T1 e Var e NH₃ no tratamento T2, que apresentaram grau de dependência espacial moderado (Tabela 52). Portanto, as distribuições dos atributos térmicos e aéreos no espaço não são aleatórias, uma vez que todos apresentaram valores moderados ou fortes para o grau de dependência espacial.

O alcance é uma medida importante para o planejamento e avaliação experimental, já que pôde auxiliar na definição de procedimento de amostragem (MCBRATNEY e WEBSTER, 1983). Este parâmetro do semivariograma representa a distância em que os pontos amostrais estavam correlacionados entre si (JOURNEL e HUIJBREGTS, 1991). Observou-se que as variáveis em estudo apresentaram alcances da ordem de 5,0 m para Var no tratamento T2 e de 47,0 m para UR no tratamento T4. O coeficiente de determinação R² apresentou valores maiores que 0,81 para todos os semivariogramas ajustados, com exceção das variáveis Var em T2 e Tbs em T3.

Tabela 52. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Trat.	Modelo	Efeito Pepita(C_0)	Patamar	¹ a	² $C_0/(C_0+C_1)$	³ R ²
Tbs	T1	Esférico	0,00	0,90	12,00	0,11	0,95
	T2	Exponencial	0,09	0,39	25,00	23,08	0,91
	T3	Exponencial	0,02	0,10	17,00	20,00	0,72
	T4	Gaussiano	0,00	0,01	9,00	0,91	0,87
UR	T1	Esférico	18,40	36,80	15,00	50,00	0,93
	T2	Exponencial	0,09	11,10	9,00	0,81	0,91
	T3	Gaussiano	0,01	15,66	12,00	0,06	0,93
	T4	Gaussiano	0,07	0,75	47,00	9,33	0,97
Var	T1	Efeito pepita puro					
	T2	Exponencial	0,01	0,02	5,00	30,00	0,46
	T3	Gaussiano	0,00	0,01	9,00	14,29	0,93
	T4	Gaussiano	0,00	0,00	7,00	3,33	0,89
NH ₃	T1	Esférico	6,40	39,90	16,00	16,04	0,96
	T2	Esférico	0,02	0,06	15,00	33,33	0,81
	T3	Gaussiano	1,83	11,08	15,00	16,52	0,81
	T4	Gaussiano	0,01	0,16	14,00	6,25	0,94
CO ₂	T1	Gaussiano	28000,00	556700,00	20,00	5,03	0,91
	T2	Esférico	100,00	128200,00	8,00	0,08	0,87
	T3	Esférico	10,00	18740,00	7,00	0,05	0,99
	T4	Esférico	60,00	11220,00	19,00	0,53	0,97

¹a = alcance; ² $C_0/(C_0+C_1)$ = valor percentual do grau de dependência espacial; ³R² = coeficiente de determinação, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4, Trat. – Tratamentos.

4.3.3. Dados referentes ao sétimo dia de idade das aves às 9h00min

A Tabela 53 apresenta a análise estatística descritiva para aves com 7 dias de vida às 9h00min. A partir do cálculo das médias é possível observar, para a variável Tbs, que nenhum dos quatro tratamentos atendeu os requisitos segundo Cobb (2008) e Nicholson et al. (2004) os quais estipulam o intervalo entre 29,00 e 30,00 °C e o intervalo entre 29,00 e 32,00 °C, respectivamente. Avaliando a UR, pode-se observar que os tratamentos T1 e T4 estavam ideais para a criação de aves com 7 dias de idade segundo Cobb (2008) o que indica um intervalo de 40,00 e 60,00 %, para o tratamento T2 que apresentou menor umidade, porém, maior temperatura comparado com os outros tratamentos e o T3 apresentou valor médio de UR de 88,82 % indicando a ineficiência do sistema de aquecimento.

A Var tem valores inseridos na faixa ideal segundo Barnwell e Wilson (2005) (Tabela 53). Em relação à NH_3 , foi obtido concentração de amônia de 18,56 ppm para o tratamento T3 o qual é considerado próximo ao limite máximo adequado pelo Globalgap (2007) e inadequado para Cobb (2008), enquanto que os demais tratamentos estavam dentro do intervalo considerado ideal, com limites de 20 ppm e 10 ppm, respectivamente. A ventilação mínima utilizada foi capaz de realizar a renovação do ar adequadamente em relação à concentração de CO_2 , tendo níveis adequados em relação à Cobb (2008) e Globalgap (2007), com limites de 3000 ppm.

A partir do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, é possível constatar que para a variável Tbs obteve-se normalidade para os tratamentos T2 e T4, a UR apresentou normalidade para os tratamentos T1, T2 e T3, em relação ao atributo NH_3 a normalidade ocorreu em T1 e T4 e para CO_2 ocorreu em T1 e T2 (Tabela 53). De acordo com Little e Hills (1978) em relação aos valores da média e mediana os quais devem ser próximos, nota-se que esses valores próximos ocorreram para a variável Tbs em todos os tratamentos estudados, para a variável UR com exceção do tratamento T4, para a variável Var com a proximidade entre os valores apenas no tratamento T2 e, o atributo NH_3 apresentou proximidade da média com a mediana nos tratamentos T1, T3 e T4 e, a concentração de CO_2 com valores próximos para o tratamento T4.

Outro critério de avaliação é o coeficiente de variação o qual foi classificado por Warrick e Nielsen (1980), em relação a esta classificação pode-se observar que a Tbs e a UR apresentaram baixa variabilidade para todos os tratamentos estudados, enquanto que a variabilidade média ocorreu apenas na concentração de NH_3 em T3 e, a variabilidade alta ocorreu em NH_3 e CO_2 nos tratamentos T4 e T3, respectivamente (Tabela 53). Valores acima de 35% para o coeficiente de variação ocorreram para a variável Var em todos os tratamentos estudados, para o NH_3 nos tratamentos T1 e T2 e para o CO_2 nos tratamentos T1, T2 e T4, o que indica que a série é heterogênea e conseqüentemente a média tem pouco significado. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria et al. (2008) em relação à Var. Os atributos relativos á qualidade do ar são heterogêneos para os tratamentos T1, T2 e T3 pois podem apresentar manejo de cortinas e acionamento cíclico dos exaustores (o que ocorre neste período do dia), fazendo sua distribuição variar conforme a magnitude e direção da velocidade do ar naquele momento em que se fazia a coleta de dados.

Tabela 53. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Tratamentos	Média	Mediana	¹ CV	Curtose	Assimetria	² d
Tbs	T1	22,71	22,80	4,49	-0,83	-0,53	0,11
	T2	24,09	24,00	2,20	-0,26	0,31	0,08 ^{ns}
	T3	22,73	22,89	1,99	-0,68	-0,68	0,16
	T4	18,18	18,14	1,76	-0,20	-0,25	0,09 ^{ns}
UR	T1	41,74	41,80	7,97	-0,19	0,26	0,07 ^{ns}
	T2	31,68	31,80	4,77	0,55	0,18	0,06 ^{ns}
	T3	88,82	88,58	2,74	-0,87	0,11	0,08 ^{ns}
	T4	48,85	47,36	9,13	-1,27	0,04	0,14
Var	T1	0,19	0,24	69,90	-0,80	-0,32	0,19
	T2	0,26	0,27	68,43	0,09	-0,18	0,11
	T3	0,15	0,12	88,46	7,59	2,18	0,15
	T4 ³						
NH ₃	T1	4,16	4,00	43,66	-1,26	0,31	0,10 ^{ns}
	T2	1,73	0,00	149,29	1,76	1,56	0,22
	T3	18,56	19,00	18,94	-1,17	-0,15	0,10
	T4	2,11	2,00	24,68	0,44	0,18	0,06 ^{ns}
CO ₂	T1	638,13	700,00	42,10	0,80	0,48	0,05 ^{ns}
	T2	355,63	400,00	49,72	-0,80	-0,03	0,05 ^{ns}
	T3	1619,03	1525,00	26,34	-1,15	0,21	0,11
	T4	494,38	550,00	42,64	-1,23	0,06	0,12

¹CV = Coeficiente de Variação; ²d = Normalidade; ^{ns} = não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov; ³ = todos os valores da velocidade do ar foram iguais à zero, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4.

Os resultados da análise geoestatística mostraram dependência espacial para todas as variáveis em estudo (Tabela 54). O modelo esférico ajustou-se aos semivariogramas das variáveis Tbs e CO₂ no tratamento T1, para as variáveis UR e NH₃ nos tratamentos T1 e T2 e, para a Var nos tratamentos T1 e T3. O modelo Gaussiano foi ajustado aos semivariogramas relativos à Tbs, UR, NH₃ e CO₂ nos tratamentos T3 e T4. E os semivariogramas ajustados ao modelo exponencial foram para as variáveis Tbs, Var e CO₂ no tratamento T2.

A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou que todas as variáveis em estudo apresentam grau da dependência espacial forte, com exceção das variáveis Tbs, UR e CO₂ para o T2 e Var para o T1 que apresentaram grau de dependência espacial moderado. A distribuição dos atributos térmicos e aéreos no espaço não é aleatória, uma vez que todos os atributos estudados apresentaram grau de dependência espacial forte ou moderado, conforme estabelecido pela

relação $C_0/(C_0+C_1)$. Isso demonstra que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais.

Os valores dos alcances relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, o que pode ser também um indicativo do intervalo entre unidades de mapeamento dos atributos térmicos e aéreos no pinteiro com diferentes dimensões. As variáveis apresentaram diferentes alcances de dependência espacial, variando de 6,0 m para a variável Var no tratamento T3 e de 58,0 m para a UR no tratamento T2. O coeficiente de determinação R^2 apresentou valores maiores que 0,70 para os modelos ajustados, com exceção das variáveis Tbs em T1 e Var em T2.

Tabela 54. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Trat.	Modelo	Efeito				
			Pepita(C_0)	Patamar	1a	$^2C_0/(C_0+C_1)$	$^3R^2$
Tbs	T1	Esférico	0,00	0,96	20,00	0,10	0,72
	T2	Exponencial	0,16	0,32	25,00	50,00	0,97
	T3	Gaussiano	0,00	0,19	7,00	0,00	0,74
	T4	Gaussiano	0,00	0,08	9,00	0,12	0,70
UR	T1	Esférico	0,00	0,96	20,00	0,10	0,96
	T2	Esférico	1,20	2,40	58,00	50,00	0,89
	T3	Gaussiano	0,70	6,64	20,00	10,54	0,99
	T4	Gaussiano	0,01	23,55	14,00	0,04	0,68
Var	T1	Esférico	0,02	0,05	22,00	40,00	0,91
	T2	Exponencial	0,00	0,02	10,00	23,53	0,64
	T3	Esférico	0,00	0,01	6,00	0,07	0,78
	T4 ⁴						
NH ₃	T1	Esférico	0,38	1,98	12,00	19,19	0,87
	T2	Esférico	1,07	8,00	56,00	13,38	0,88
	T3	Gaussiano	0,01	11,29	14,00	0,09	0,97
	T4	Gaussiano	0,00	0,02	8,00	0,50	0,96
CO ₂	T1	Esférico	8200,00	78800,00	16,00	10,41	0,97
	T2	Exponencial	16220,00	32450,00	35,00	49,98	0,76
	T3	Gaussiano	12000,00	175700,00	33,00	6,83	0,97
	T4	Gaussiano	10,00	21620,00	10,00	0,05	0,95

¹a = alcance; ² $C_0/(C_0+C_1)$ = valor percentual do grau de dependência espacial; ³ R^2 = coeficiente de determinação; ⁴ = todos os valores da velocidade do ar foram iguais à zero., Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ – concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4, Trat. – Tratamentos.

4.3.4. Dados referentes ao sétimo dia de idade das aves às 17h00min

A Tabela 55 apresenta a análise estatística descritiva de aves com 7 dias de idade às 17h00min. A partir do cálculo das médias é possível observar para a variável Tbs, que nenhum dos quatro tratamentos atendeu os requisitos segundo Cobb (2008) e Nicholson et al. (2004). Avaliando a UR, pode-se observar que os tratamentos T1, T2 e T4 estavam ideais à criação de aves com 7 dias de idade segundo Cobb (2008) e o tratamento T3 apresentou valor médio de UR de 90,79 % indicando a ineficiência do sistema de aquecimento. Para a variável Var verificou valores acima do limite nos tratamentos T1 e T2 de acordo com os dados de Barnwell e Wilson (2005), indicando que o manejo de exaustores foi capaz de manter índices adequados de CO₂ e NH₃ em relação ao Globalgap (2007) e Cobb (2008), entretanto contribuiu para o decréscimo da temperatura do ambiente em estudo.

A partir do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, observou normalidade para os dados dos atributos UR, NH₃ e CO₂ para todos os tratamentos em estudo e, para a variável Var no tratamento T4 (Tabela 55). Segundo Little e Hills (1978) a normalidade também pode ser observada por meio dos valores da média e mediana os quais devem ser próximos, sendo que as variáveis Var e CO₂ foram as que apresentaram maior distanciamento da média em relação à mediana, ou seja, estas variáveis apresentam dados assimétricos.

Adotando o critério de avaliação proposto por Warrick e Nielsen (1980) para avaliação do coeficiente de variação (CV), verifica-se que as variáveis Tbs e a UR apresentaram baixa variabilidade (Tabela 55), enquanto que a variabilidade média ocorreu apenas na concentração de NH₃ em T2, T3 e T4 e, variabilidade alta foi observada para o NH₃ no tratamento T1 para o CO₂, no tratamento T3 e T4. E valor acima de 35% para o coeficiente de variação ocorreu para a variável Var em todos os tratamentos estudados e, para o CO₂ nos tratamentos T1 e T2, o que indica que a série é heterogênea e conseqüentemente a média tem pouco significado.

Tabela 55. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Tratamentos	Média	Mediana	¹ CV	Curtose	Assimetria	² d
Tbs	T1	26,00	26,00	1,64	-0,24	-0,52	0,11
	T2	23,94	24,00	1,84	-1,36	-0,36	0,18
	T3	24,03	24,11	1,67	-0,47	-0,83	0,21
	T4	22,53	22,60	2,15	19,88	-3,68	0,18
UR	T1	47,25	47,00	4,57	-0,64	0,43	0,07 ^{ns}
	T2	51,36	51,35	2,57	0,80	0,32	0,05 ^{ns}
	T3	90,79	90,46	2,98	-0,22	0,30	0,09 ^{ns}
	T4	42,29	42,03	8,44	-0,94	0,20	0,08 ^{ns}
Var	T1	0,73	0,69	45,74	2,37	1,30	0,13
	T2	0,72	0,48	65,65	0,54	1,14	0,21
	T3	0,13	0,10	75,49	3,79	1,68	0,12
	T4	0,04	0,00	216,60	3,03	2,05	0,08 ^{ns}
NH ₃	T1	3,70	3,00	36,34	-0,15	0,86	0,09 ^{ns}
	T2	3,10	3,00	23,85	-0,26	0,22	0,04 ^{ns}
	T3	19,44	19,00	14,99	-1,06	0,13	0,10 ^{ns}
	T4	3,43	3,00	17,86	-0,46	-0,05	0,06 ^{ns}
CO ₂	T1	188,75	150,00	72,14	-1,32	-1,32	0,07 ^{ns}
	T2	261,25	150,00	59,28	-0,67	-0,67	0,06 ^{ns}
	T3	1508,91	1525,00	32,06	-0,89	-0,89	0,07 ^{ns}
	T4	838,91	800,00	33,08	-0,67	-0,67	0,06 ^{ns}

¹CV = Coeficiente de Variação; ²d = Normalidade; ^{ns} = não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4.

Os resultados da análise geoestatística mostraram dependência espacial para todas as variáveis estudadas (Tabela 56). O modelo esférico ajustou-se aos dados dos semivariogramas da variável Tbs nos tratamentos T1, T2 e T4, da UR e Var nos tratamentos T1, T2 e T3 e, do NH₃ no tratamento T1. O modelo Gaussiano foi ajustado nos semivariogramas relativos à Tbs no tratamento T3, para a UR e Var em T4 e, para o NH₃ e CO₂ nos tratamentos T3 e T4 como ocorreu anteriormente no horário das 9h00min para aves de 7 dias de idade. Os semivariogramas ajustados ao modelo exponencial foram observados para as variáveis NH₃ e CO₂ no tratamento T2, sendo que os dados da variável CO₂ no tratamento 1 ajustaram-se ao modelo linear.

O efeito pepita é um parâmetro importante do semivariograma e indica variabilidade não explicada, considerando a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY e WEBSTER,

1986). Esse parâmetro pode ser expresso como porcentagem do patamar, com o objetivo de facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). Na análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo ($C_0/(C_0+C_1)$) verificou grau de dependência espacial forte para todas as variáveis em estudo, com exceção da Variável Tbs no tratamento T2, que apresentou grau de dependência espacial moderado (Tabela 56).

O alcance é um parâmetro do semivariograma, por meio do qual pode-se determinar a área de representatividade das amostras e a intensidade amostral necessária para o local em estudo (Tabela 56). Pontos localizados numa área de raio igual ao alcance são mais homogêneos entre si do que com aqueles localizados fora dessa área (VIEIRA, 2000). Observa-se que os maiores alcances foram observados para as variáveis NH_3 e CO_2 no tratamento 3 e, os menores ocorreram para as variáveis UR e Var no tratamento 2. O coeficiente de determinação R^2 apresentou valores maiores que 0,83 para todos os modelos ajustados, com exceção das variáveis Tbs em T1, T2 e T3, UR em T2 e Var em T2 e T4.

Tabela 56. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Trat.	Modelo	Efeito Pepita(C_0)	Patamar	¹ a	² $C_0/(C_0+C_1)$	³ R ²
Tbs	T1	Esférico	0,02	0,15	9,00	13,33	0,78
	T2	Esférico	0,08	0,17	37,00	45,58	0,67
	T3	Gaussiano	0,00	0,14	7,00	0,00	0,66
	T4	Esférico	0,046	0,16	30,00	0,70	0,87
UR	T1	Esférico	1,20	6,62	43,00	18,13	0,94
	T2	Esférico	0,00	1,40	5,00	0,07	0,62
	T3	Esférico	0,02	8,29	20,00	0,24	0,97
	T4	Gaussiano	0,76	13,70	15,00	5,55	0,85
Var	T1	Esférico	0,02	0,09	28,00	21,22	0,99
	T2	Esférico	0,00	0,14	4,00	3,51	0,51
	T3	Esférico	0,00	0,00	8,00	0,00	0,81
	T4	Gaussiano	0,00	0,01	9,00	0,00	0,61
NH ₃	T1	Esférico	0,09	1,78	14,45	5,27	0,97
	T2	Exponencial	0,00	0,45	14,00	0,22	0,84
	T3	Gaussiano	3,37	27,09	96,00	12,44	0,96
	T4	Gaussiano	0,00	0,42	11,00	0,24	0,99
CO ₂	T1	Linear	10,00	12440,00	15,00	0,08	0,91
	T2	Exponencial	10,00	14810,00	6,00	0,07	0,83
	T3	Gaussiano	44000,00	499000,00	69,00	8,82	0,98
	T4	Gaussiano	1800,00	47650,00	11,00	3,78	0,95

¹a = alcance; ² $C_0/(C_0+C_1)$ = valor percentual do grau de dependência espacial; ³R² = coeficiente de determinação, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T3 – Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4, Trat. – Tratamentos.

4.3.5. Dados referentes ao décimo quarto dia de idade das aves às 9h00min

A partir dos dados médios da Tabela 57, é possível observar que nenhum tratamento da variável Tbs apresenta-se dentro dos padrões adequados preconizado por Cobb (2008) e por Nicholson et al. (2004), os quais determinam valores entre 27,00 e 28,00 °C e entre 25,00 e 29,00 °C, respectivamente. Estes resultados podem ser justificados pela Tbs externa média durante esses dias de inverno estar em torno de 18,00 °C. A UR está acima do intervalo desejável descrito por Elwinger e Svensson (1996) que afirmaram que a umidade relativa deve estar em torno de 35,00 % enquanto que Cobb (2008) recomenda entre 50,00 e 60,00 %. Pode-se notar que o alto valor de UR do ar no interior dos galpões deve-se também pela alta UR do ar na parte externa registrada pela estação meteorológica, o qual aferiu uma média de 90,00 %, não sendo vantagem ao produtor fazer a renovação de ar para solucionar este quesito e sim

atuar no sistema de aquecimento. A renovação de ar utilizada auxilia de forma positiva no comportamento das aves as quais recebem vento máximo de $0,32 \text{ m s}^{-1}$, auxiliando a manter concentrações de CO_2 e NH_3 abaixo dos limites preconizados pelo Globalgap (2007).

A partir do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, observou-se normalidade para a variável Tbs no tratamento T2, NH_3 nos tratamentos T2 e T3 e para o CO_2 em T4 (Tabela 57). Os valores de assimetria e curtose demonstram distribuições assimétricas para grande parte dos atributos térmicos e aéreos em estudo, segundo Isaaks & Srivastava (1989) o coeficiente de assimetria é mais sensível a valores extremos do que a média e o desvio padrão, uma vez que um único valor pode influenciar fortemente o coeficiente de assimetria, pois os desvios entre cada valor e a média são elevados à terceira potência. Apesar da ocorrência de algumas distribuições assimétricas os valores das medidas de tendência central (média e mediana) são próximos para todos os atributos térmicos e aéreos, com exceção da variável CO_2 .

Pelos limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick & Nielsen (1980) (Tabela 57), observa-se CV baixo ($\text{CV} < 12\%$) para as variáveis Tbs e UR em todos os tratamentos estudados e, variabilidade alta ($\text{CV} > 24\%$) para as variáveis Var, NH_3 e CO_2 , sendo que todos os tratamentos destas variáveis apresentaram CV maior que $35,00\%$ indicando que a série é heterogênea e conseqüentemente a média tem pouco significado, com exceção do tratamento T4 para a variável CO_2 .

Tabela 57. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Tratamentos	Média	Mediana	¹ CV	Curtose	Assimetria	² d
Tbs	T1	21,58	21,95	11,82	7,62	-2,52	0,19
	T2	22,24	22,38	5,05	-0,92	-0,39	0,09 ^{ns}
	T3	19,72	19,93	3,13	-1,05	-0,53	0,16
	T4	21,76	21,70	2,24	16,65	3,27	0,16
UR	T1	72,81	74,75	11,18	11,35	-3,29	0,28
	T2	73,96	73,98	2,99	-1,29	0,04	0,16
	T3	77,54	78,32	7,14	-1,15	-0,01	0,10
	T4	68,87	69,58	4,45	-1,05	-0,31	0,10
Var	T1	0,25	0,23	68,10	-0,34	0,32	0,06
	T2	0,32	0,31	36,03	3,03	0,57	0,10
	T3	0,07	0,05	99,32	4,19	1,95	0,16
	T4 ³						
NH ₃	T1	7,54	7,00	58,81	-0,74	0,55	0,10
	T2	6,25	6,25	55,64	-0,54	0,20	0,07 ^{ns}
	T3	12,73	11,50	47,17	-0,82	0,31	0,10 ^{ns}
	T4	3,75	4,00	39,92	-0,11	-0,73	0,10
CO ₂	T1	607,27	537,50	70,94	0,50	1,04	0,12
	T2	487,81	412,50	55,61	-0,80	0,48	0,10
	T3	361,09	400,00	42,22	-0,29	0,42	0,11
	T4	1341,41	1250,00	29,91	-1,18	0,33	0,10 ^{ns}

¹CV = Coeficiente de Variação; ²d = Normalidade; ^{ns} = não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov; ³ = todos os valores da velocidade do ar foram iguais à zero, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4.

Os resultados da análise geoestatística mostraram que todos os atributos térmicos e aéreos apresentaram dependência espacial (Tabela 58). A análise dos semivariogramas para os atributos em estudo, não indicou nenhuma direção preferencial, ou seja, os dados não possuem anisotropia, a variabilidade espacial dos dados ocorre da mesma maneira em todas as direções (VIEIRA, 2000). Os semivariogramas ajustaram-se ao modelo esférico para as variáveis Tbs e Var nos tratamentos T1 e T3, para a UR nos tratamentos T1 e T2 e, para o NH₃ e CO₂ no tratamento T1. Enquanto que modelo Gaussiano foi ajustado aos semivariogramas da Tbs nos tratamentos T1 e T3, na UR nos tratamentos T3 e T4 e, para o NH₃ e CO₂ nos tratamentos T2, T3 e T4. O semivariograma ajustado ao modelo exponencial foi apenas para a variável Var em T2.

O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros, o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar facilitando, assim, a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (VIEIRA, 2000). A relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou para todos os atributos térmicos e aéreos em estudo dependência espacial forte, com exceção para a Tbs no tratamento T2, para a Var no tratamento 3 e, para o NH_3 e CO_2 no tratamento 1, que apresentaram dependência espacial moderada.

O alcance é um parâmetro do semivariograma, por meio do qual pode-se determinar a área de representatividade das amostras e a intensidade amostral. Pontos localizados numa área de raio igual ao alcance são mais homogêneos entre si do que com aqueles localizados fora dessa área (VIEIRA, 2000). As variáveis em estudo apresentaram diferentes alcances de dependência espacial, variando de 9,0 m para a variável UR no tratamento T2 e de 90,00 m para a Tbs no tratamento T2. O coeficiente de determinação R^2 apresentou valores maiores que 0,83 para os modelos ajustados, com exceção das variáveis Tbs em T1, T2 e T3, UR em T2 e Var em T2 e T4.

Tabela 58. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Trat.	Modelo	Efeito Pepita(C_0)	Patamar	1a	$^2C_0/(C_0+C_1)$	$^3R^2$
Tbs	T1	Esférico	0,36	1,61	10,00	22,36	0,72
	T2	Gaussiano	0,85	1,70	90,00	49,97	0,60
	T3	Esférico	0,02	0,47	21,00	4,26	0,82
	T4	Gaussiano	0,00	0,28	11,00	0,04	0,96
UR	T1	Esférico	0,01	12,02	11,00	0,08	0,69
	T2	Esférico	0,51	4,86	9,00	10,49	0,44
	T3	Gaussiano	0,30	40,60	58,00	0,74	0,98
	T4	Gaussiano	0,18	20,35	78,00	0,88	0,90
Var	T1	Esférico	0,00	0,28	15,00	0,00	0,90
	T2	Exponencial	0,00	0,01	15,00	18,92	0,31
	T3	Esférico	0,00	0,01	23,00	28,57	0,98
	T4 ⁴						
NH ₃	T1	Esférico	1,40	3,81	19,00	36,75	0,95
	T2	Gaussiano	2,45	11,91	99,00	20,57	0,81
	T3	Gaussiano	6,10	73,20	80,00	8,33	0,90
	T4	Gaussiano	0,00	2,30	15,00	0,04	0,61
CO ₂	T1	Esférico	28600,00	88970,00	70,00	32,15	0,95
	T2	Gaussiano	7100,00	146700,00	10,00	4,84	0,95
	T3	Gaussiano	1400,00	639000,00	81,00	0,22	0,90
	T4	Gaussiano	9000,00	329000,00	72,00	2,74	0,96

¹a = alcance; ² $C_0/(C_0+C_1)$ = valor percentual do grau de dependência espacial; ³R² = coeficiente de determinação; ⁴ = todos os valores da velocidade do ar foram iguais à zero, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4, Trat. – Tratamentos.

4.3.6. Dados referentes ao décimo quarto dia de idade das aves às 17h00min

Observa-se que todos os tratamentos apresentam-se abaixo dos padrões adequados preconizado por Cobb (2008) e por Nicholson et al. (2004) para a variável Tbs (Tabela 59). A UR está acima do intervalo desejável para os tratamentos T1, T2 e T3 segundo Elwinger e Svensson (1996) e por Cobb (2008). A baixa concentração de CO₂ e NH₃ obedecendo às indicações de Cobb (2008) e Globalgap (2007) auxiliou na constatação de que a renovação do ar está sendo eficiente para manter a qualidade do ar, porém, está retirando calor do ambiente do pinteiro, sendo que a redução da renovação do ar ou a intensificação do aquecimento auxiliaria para se obter um manejo mais adequado em relação a todos os parâmetros para as aves.

A partir do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, observou-se normalidade

para a variável Tbs no tratamento T4, Var no tratamento T1, para o NH_3 nos tratamentos T1 e T4 e para o CO_2 em T4 (Tabela 59). Os valores de assimetria e curtose demonstram distribuições assimétricas para a UR nos tratamentos T1, T2 e T3, segundo Isaaks & Srivastava (1989) o coeficiente de assimetria é mais sensível a valores extremos do que a média e o desvio padrão, uma vez que um único valor pode influenciar fortemente o coeficiente de assimetria, pois os desvios entre cada valor e a média são elevados à terceira potência. Apesar da ocorrência de algumas distribuições assimétricas os valores das medidas de tendência central (média e mediana) são próximos para todos os atributos térmicos e aéreos, com exceção da variável CO_2 .

De acordo com os valores de CV, é possível constatar que os atributos Tbs e UR apresentaram baixa variabilidade em todos os tratamentos, bem como a alta variabilidade ocorreu nos atributos NH_3 e CO_2 no tratamento T3 (Tabela 59). As demais variáveis em todos os tratamentos estudados apresentaram alta variabilidade com CV maior que 35,00 % indicando que a série é heterogênea e conseqüentemente a média tem pouco significado, indicando que o uso dos exaustores pode provocar a heterogeneidade dos dados, principalmente quando não tem sua vazão controlada, uma vez que ocorreu apenas nos tratamentos que utilizam em seu sistema de ventilação mínima exaustores com acionamento em diferentes estágios, ou seja, com o acionamento de diferentes números de exaustores e intervalos de funcionamento, o que indica a necessidade de re-avaliação de seu uso.

Tabela 59. Estatística descritiva para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Tratamentos	Média	Mediana	¹ CV	Curtose	Assimetria	² d
Tbs	T1	23,15	23,20	2,26	-0,82	-0,38	0,10
	T2	23,22	23,28	4,22	-1,29	-0,06	0,11
	T3	21,95	22,09	1,46	-0,44	-0,75	0,17
	T4	24,05	24,00	1,52	-1,11	-0,09	0,08 ^{ns}
UR	T1	71,82	72,50	8,24	33,13	-5,66	0,35
	T2	71,48	72,13	5,74	23,94	-4,10	0,21
	T3	76,62	78,16	8,52	-1,38	-0,14	0,12
	T4	60,98	61,14	4,62	-0,45	-0,41	0,11
Var	T1	0,52	0,52	50,75	-0,21	0,30	0,08 ^{ns}
	T2	0,54	0,48	60,43	1,95	1,25	0,16
	T3	0,10	0,08	90,36	3,15	1,77	0,17
	T4 ³						
NH ₃	T1	6,50	7,00	42,89	0,04	0,14	0,0 ^{ns}
	T2	3,73	4,00	76,68	0,07	0,67	0,11
	T3	10,77	10,00	41,01	-0,81	0,53	0,11
	T4	4,06	4,00	23,04	3,57	-0,85	0,05 ^{ns}
CO ₂	T1	524,06	550,00	41,62	-0,77	0,08	0,11
	T2	549,06	400,00	72,81	-0,62	0,69	0,15
	T3	200,00	215,00	42,28	0,80	-0,06	0,11
	T4	1325,78	1350,00	28,68	-0,99	-0,16	0,08 ^{ns}

¹CV = Coeficiente de Variação; ²d = Normalidade; ^{ns} = não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov; ³ = todos os valores da velocidade do ar foram iguais à zero, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4.

Os resultados da análise geoestatística mostraram dependência espacial para todas as variáveis em estudo (Tabela 60). Resultados semelhantes foram observados por Miles et al. (2008) o qual avaliou a variabilidade temporal e espacial de compostos de nitrogênio e atributos climáticos para frangos de corte e encontraram dependência espacial para os atributos climáticos. A variável Tbs teve todos os semivariogramas ajustados ao modelo esférico, para a variável UR este modelo ajustou-se aos dados dos tratamentos T1 e T3, para a Var aos tratamentos T1 e T2 e, para o NH₃ e CO₂ ajustou-se ao tratamento T2. O modelo Gaussiano foi ajustado aos semivariogramas da UR no tratamento T2, Var e NH₃ no tratamento T3 e para o CO₂ nos tratamentos T3 e T4. O modelo exponencial ajustou-se aos dados dos semivariogramas das variáveis UR no tratamento T4 e Var nos tratamentos T1 e T4 e o modelo linear ajustou-se ao semivariograma da variável CO₂ no tratamento T1.

O efeito pepita é um parâmetro importante do semivariograma e indica uma variabilidade não explicada considerando a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY & WEBSTER, 1986). Esse parâmetro pode ser expresso como percentagem do patamar e, tem por objetivo facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou que todas variáveis em estudo apresentaram grau de dependência espacial forte, com exceção da variável Var nos tratamentos T1 e T2, que apresentaram grau de dependência espacial moderado, mostrando que a utilização da geoestatística está coerente.

O alcance (a) indica a distância limite entre pontos correlacionados entre si. Pontos coletados com distância maiores que o alcance são independentes e, para sua análise, pode-se utilizar a estatística clássica (VIEIRA, 2000). As variáveis em estudo apresentaram alcances da ordem de 5,00 m para a Tbs no tratamento T2 e 61,0 para o tratamento T2 para a variável CO₂. O coeficiente de determinação R² apresentou valores maiores que 0,82 nos modelos ajustados, com exceção das variáveis Tbs nos tratamentos T1 e T2 e UR em T1.

Tabela 60. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis do ambiente térmico e aéreo nos diferentes tratamentos da ventilação mínima.

Variáveis	Trat.	Modelo	Efeito Pepita(C_0)	Patamar	1a	$^2C_0/(C_0+C_1)$	$^3R^2$
Tbs	T1	Esférico	0,07	0,29	11,00	24,14	0,80
	T2	Esférico	0,00	0,60	5,00	0,17	0,51
	T3	Esférico	0,09	1,02	11,00	8,82	0,79
	T4	Esférico	0,00	0,12	9,00	0,08	0,83
UR	T1	Esférico	0,26	2,58	27,00	10,08	0,71
	T2	Gaussiano	0,30	40,60	58,00	0,74	0,95
	T3	Esférico	0,21	15,15	11,00	1,39	0,99
	T4	Exponencial	0,01	6,86	30,00	0,15	0,85
Var	T1	Esférico	0,03	0,09	55,00	33,33	0,94
	T2	Esférico	4,38	9,25	9,00	47,35	0,98
	T3	Gaussiano	0,00	0,01	9,00	11,11	0,78
	T4 ⁴						
NH ₃	T1	Exponencial	1,87	8,15	51,00	22,94	0,82
	T2	Esférico	0,16	1,78	14,45	0,95	0,96
	T3	Gaussiano	0,01	13,00	9,00	0,08	0,78
	T4	Exponencial	0,12	0,72	15,00	17,25	0,94
CO ₂	T1	Linear	100,00	32700,00	24,00	0,31	0,98
	T2	Esférico	6400,00	75310,00	60,80	0,91	0,96
	T3	Gaussiano	36000,00	765300,00	17,00	4,70	0,93
	T4	Gaussiano	28100,00	318100,00	72,00	8,83	0,96

¹a = alcance; ² $C_0/(C_0+C_1)$ = valor percentual do grau de dependência espacial; ³R² = coeficiente de determinação; ⁴ = todos os valores da velocidade do ar foram iguais à zero, Tbs – temperatura de bulbo seco, UR – umidade relativa, Var – velocidade do ar, L – luminosidade, CO₂ – concentração de dióxido de carbono, NH₃ - concentração de amônia, T1 – Tratamento 1, T2 – Tratamento 2, T# - Tratamento 3 e T4 – Tratamento 4, Trat. – Tratamentos.

4.3.7. Mapeamentos das condições do ambiente térmico e aéreo para os 4 tratamentos

A partir da Figura 35 é possível observar como estão alocados o sistema de ventilação mínima nos 4 tipos de tratamentos.

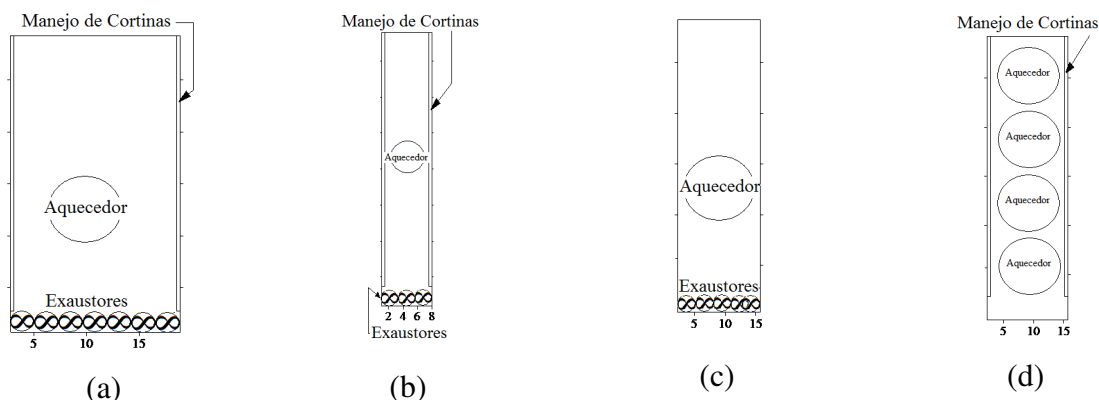


Figura 145. Alocação dos sistemas de ventilação mínima para: (a) Tratamentos 1, (b) Tratamento 2, (c) Tratamento 3 e (d) Tratamento 4.

A Figura 36 ilustra a distribuição e mapa de krigagem para a temperatura de bulbo seco [°C] para aves com 1 dia de idade, o qual se mostrou homogênea na maioria dos casos. A Figura 36 “a”, “c”, “d” e “h” apresenta os maiores valores de temperatura próxima aos aquecedores cujo posicionamento está representado na Figura 35, sendo essas maiores temperatura abaixo do considerado ideal pela literatura, indicando problemas de manejo pré-alojamento, ou seja, antes das aves serem alojadas.

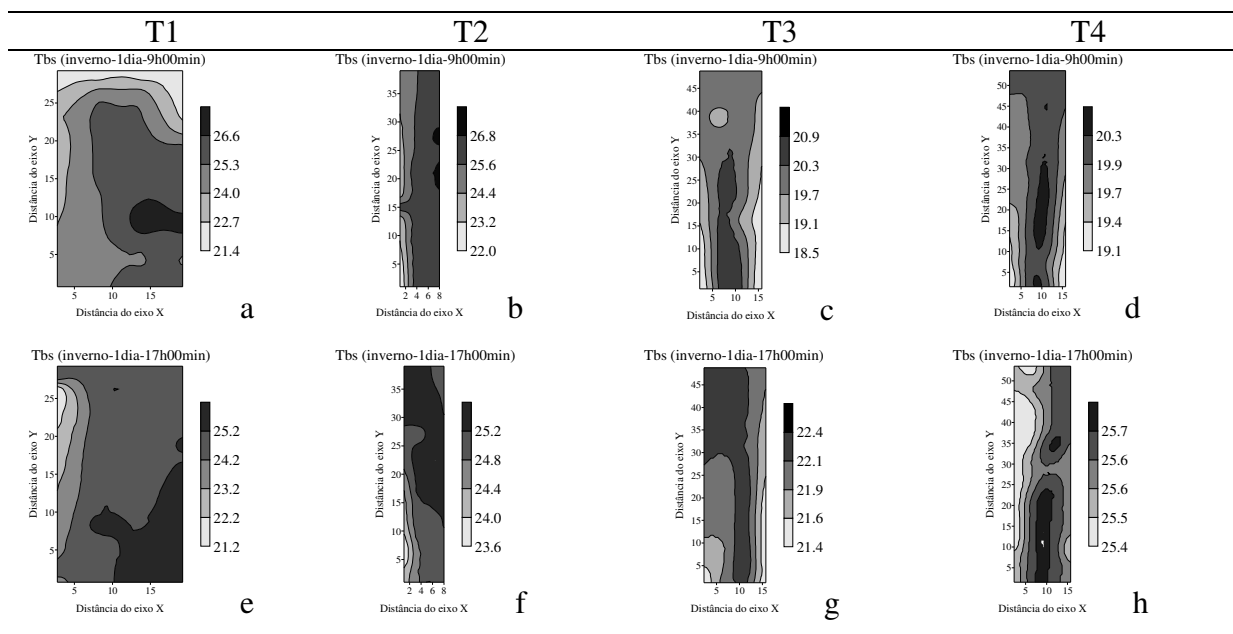


Figura 36. Mapas de krigagem para a variável de temperatura de bulbo seco para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

A Figura 37 “c”, “d”, “e” e “g” apresenta também valores maiores valores de temperatura próximo aos aquecedores, entretanto como o sistema de ventilação mínima é intensificado a partir do sétimo dia de idade, pode-se notar maiores valores também próximo aos exaustores (Figura 37 - b).

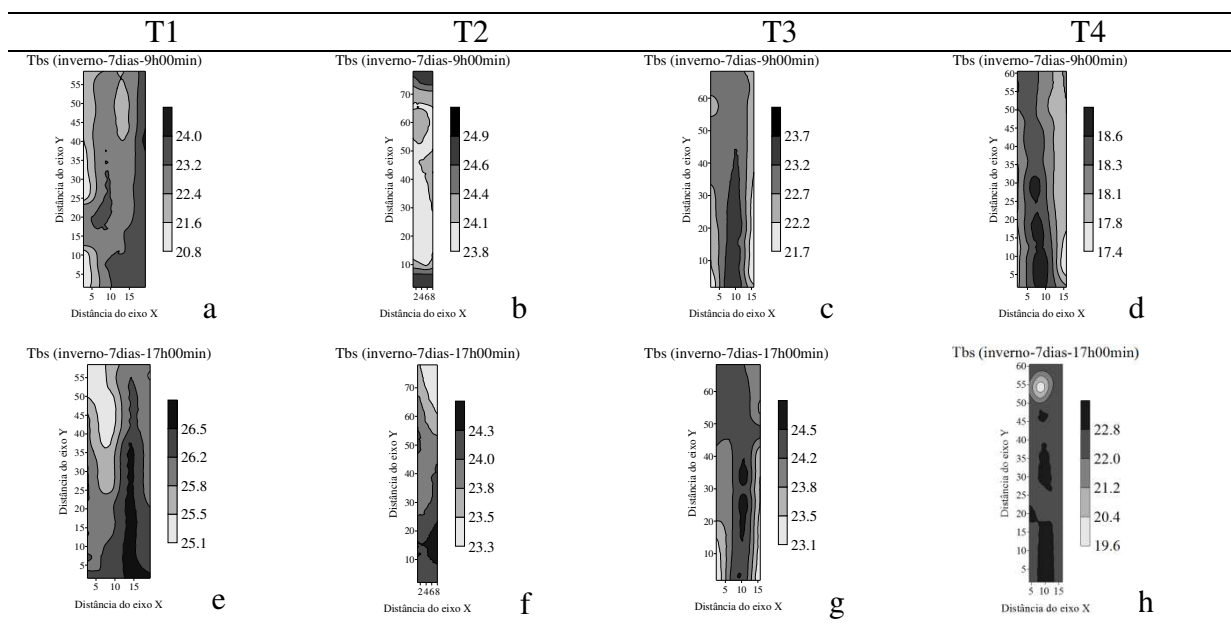


Figura 37. Mapas de krigagem para a variável de temperatura de bulbo seco para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

A distribuição da temperatura apresenta-se com valor menor do lado oposto aos exaustores onde ocorre a entrada de ar externo e maior valor próximo aos exaustores (Figura 38 – “b” e “e”) pela intensificação do sistema de ventilação mínima. O manejo de cortinas e a menor vedação no pinteiro, com aves de 14 dias de idade, feito no tratamento 4 faz com que a temperatura seja menor nas laterais.

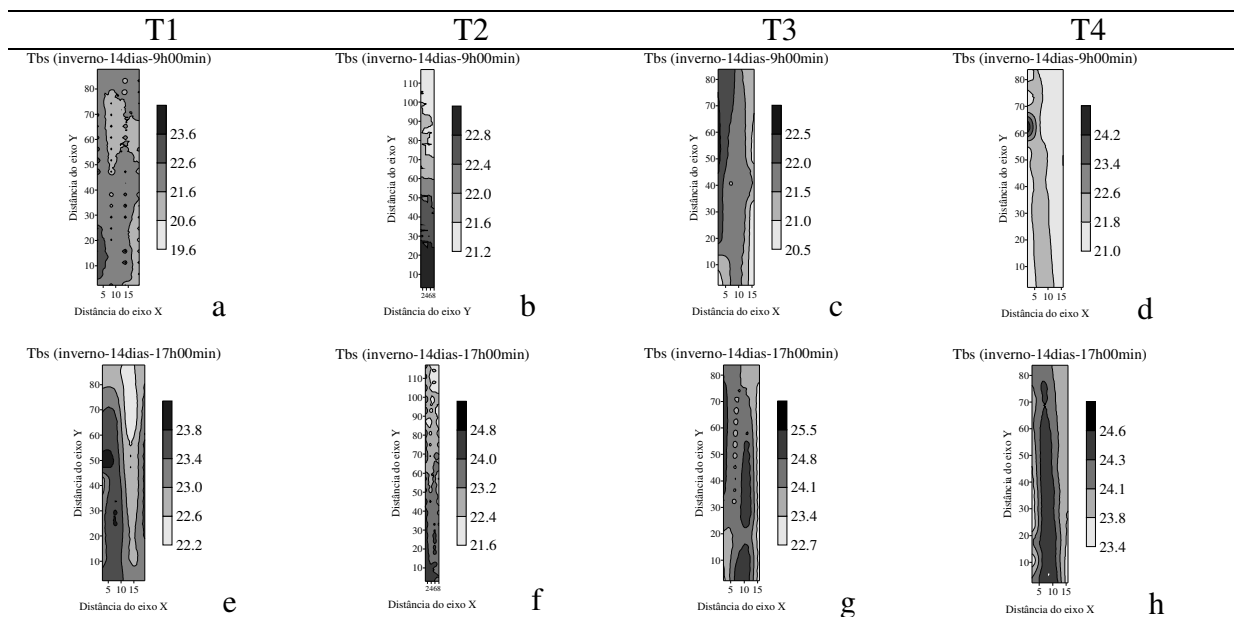


Figura 38. Mapas de krigagem para a variável de temperatura de bulbo seco para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

A Figura 38 “c” apresenta valores de Tbs abaixo do limite considerado ideal, este desconforto é possível notar, através da análise observacional, na Figura 39 o qual ilustra a distribuição destas aves. Comparativamente, a Figura 40 apresenta as mesmas aves, no mesmo tratamento às 17h00min com Tbs média igual à 21,95°C, esse pequeno aumento refletiu na temperatura superficial da cama, fazendo com que a distribuição das aves seja mais homogênea, denotando maior conforto térmico.

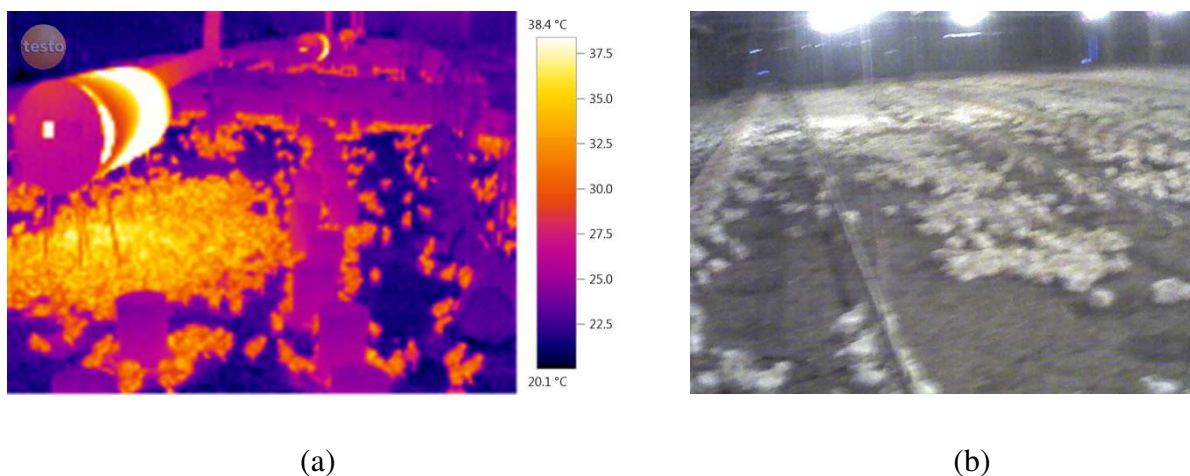


Figura 39. Galpão relativo ao tratamento 3 (a) Imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 9h00min.

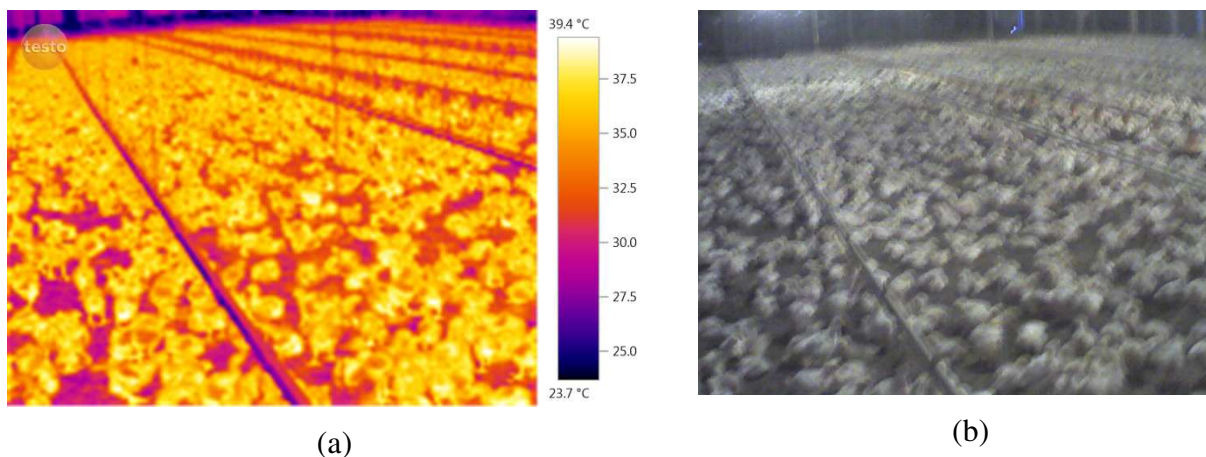


Figura 15. Galpão relativo ao tratamento 3 (a) Imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 17h00min.

Já a Figura 41 está relacionada com a Figura 38 “d” com aves de 14 dias de idade às 9h00min no T4, o qual obteve Tbs média igual a 21,76°C, média considerada fora do ideal (COBB, 2008). A partir disso, é possível notar, através de uma análise observacional da Figura 129, que as aves estão todas juntas, a fim de se aquecerem pelo próprio calor. Comparativamente, a Figura 42 apresentou aves mais dispersas, ou seja, com maior conforto térmico, uma vez que a média da Tbs tem valor de 24,05°C, quando as aves estavam nas mesmas condições, porém às 17h00min.

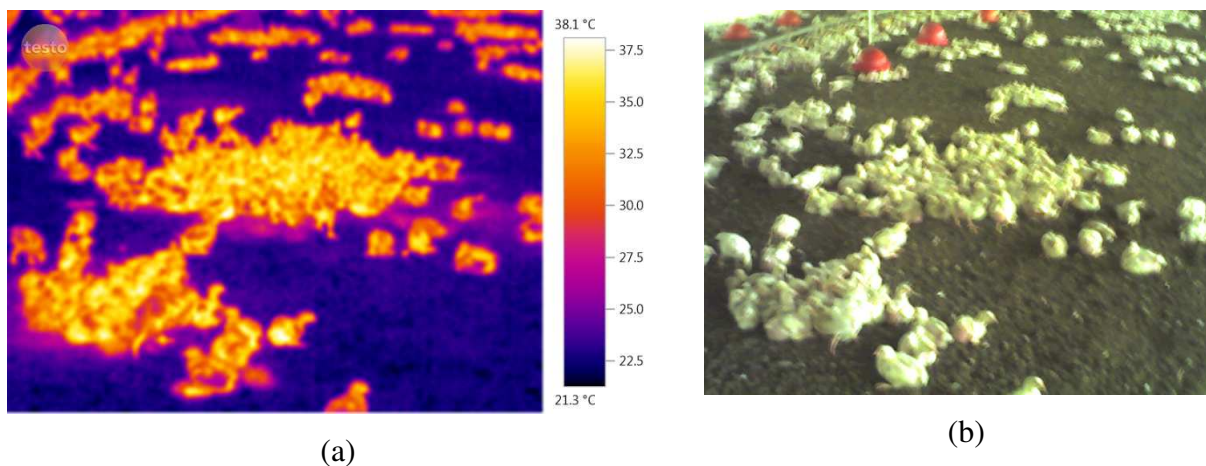


Figura 16. Galpão relativo ao tratamento 4 (a) Imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 9h00min.

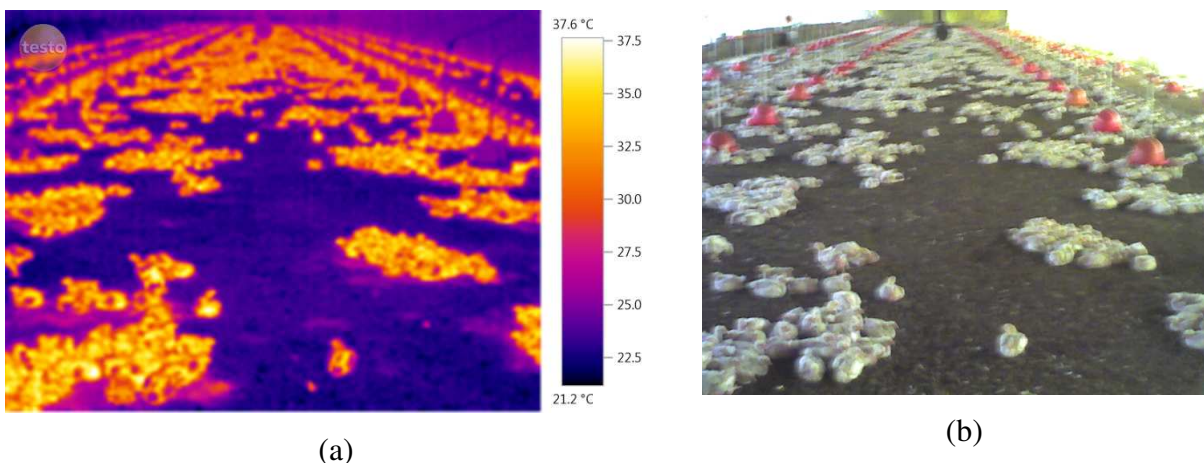


Figura 17. Galpão relativo ao tratamento 4 (a) Imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 14 dias de idade às 17h00min.

A umidade relativa do ar [%] comportou-se de maneira oposta à temperatura de bulbo seco como era de se esperar, entretanto é possível observar na Figura 43, 44 e 45 onde a umidade relativa encontra-se baixa, é onde se localiza a temperatura mais alta. A concentração da umidade relativa foi maior nos galpões relativos aos tratamentos T1 e T3, sendo que o primeiro é justificado pela largura do galpão ser de 22,0 m fazendo com que a renovação de ar seja ineficiente pelo maior volume de ar ali presente e o segundo por ser o sistema *Dark House* o qual o galpão apresenta-se totalmente fechado tendendo a agravar a questão da umidade relativa alta dentro dos galpões no período de inverno.

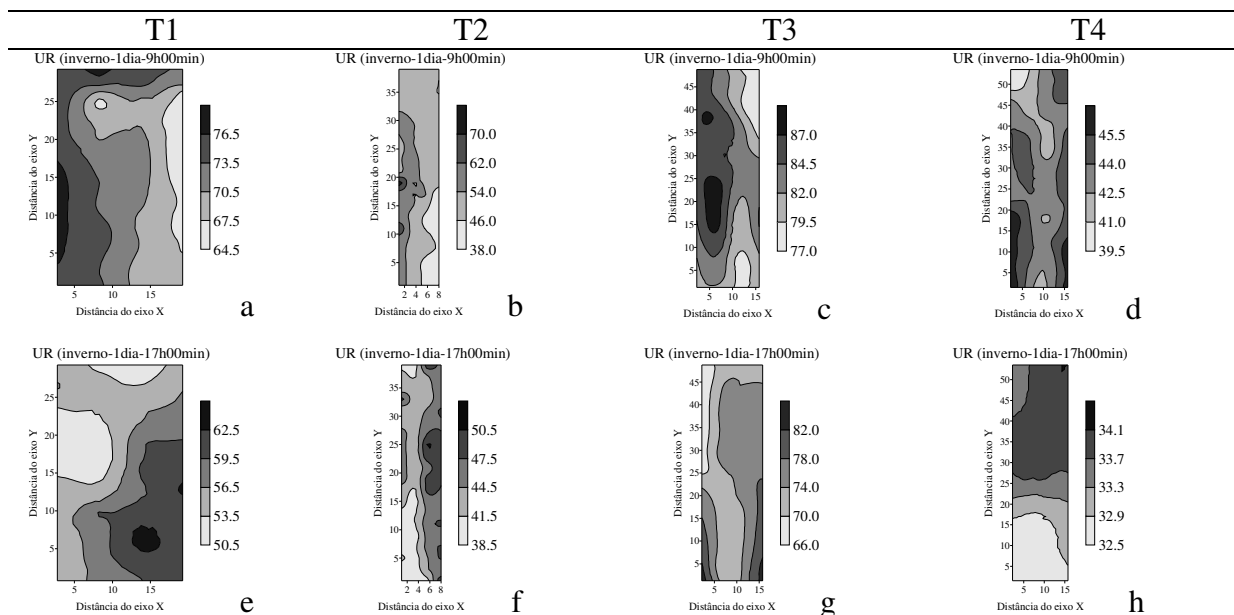


Figura 18. Mapas de krigagem para a variável de umidade relativa para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

As Figuras 43 “c” e “h”, 44 “h” e 45 “h” apresentam os menores valores de temperatura próximo aos exaustores, onde ocorre os maiores valores de temperatura.

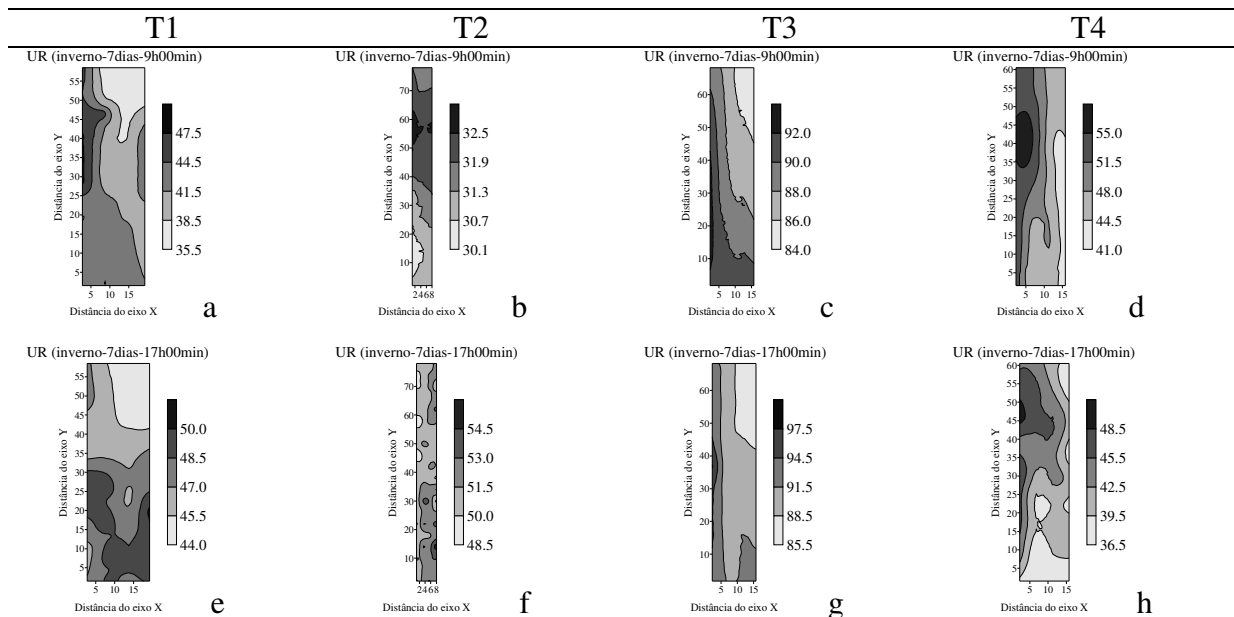


Figura 19. Mapas de krigagem para a variável de umidade relativa para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

Os maiores valores de UR foram encontrados nos galpões relativos ao tratamento 1 e 3 os quais apresentam maior vedação comparado com os outros aviários, essa maior concentração de umidade relativa requer maior atenção dos produtores pois influencia na qualidade da cama o qual poderá volatilizar amônia ao ambiente aéreo e apresenta o risco de condensação dentro dos pinteiros no período da manhã.

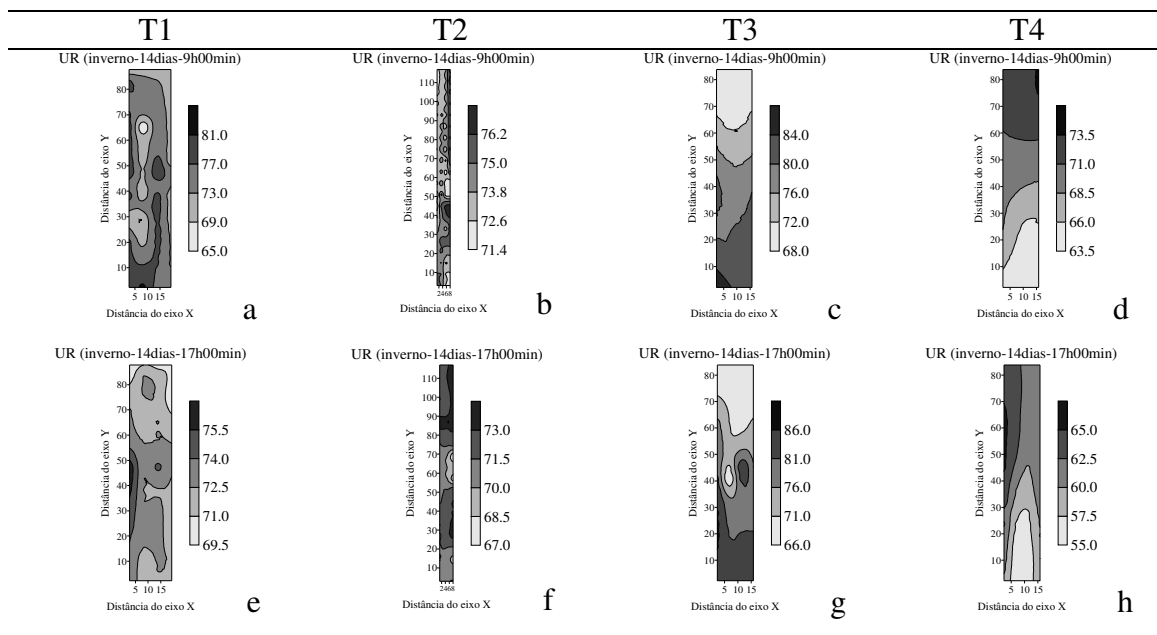


Figura 20. Mapas de krigagem para a variável de umidade relativa para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

O mapeamento na velocidade do ar mostrou-se aleatória no interior dos galpões, da mesma forma que ocorreu com Faria et al. (2008), como foi ilustrado na Figura 46 (f), indicando problemas na uniformidade da renovação de ar, como também foi comprovado na estatística clássica que há variabilidade maior em relação às outras variáveis.

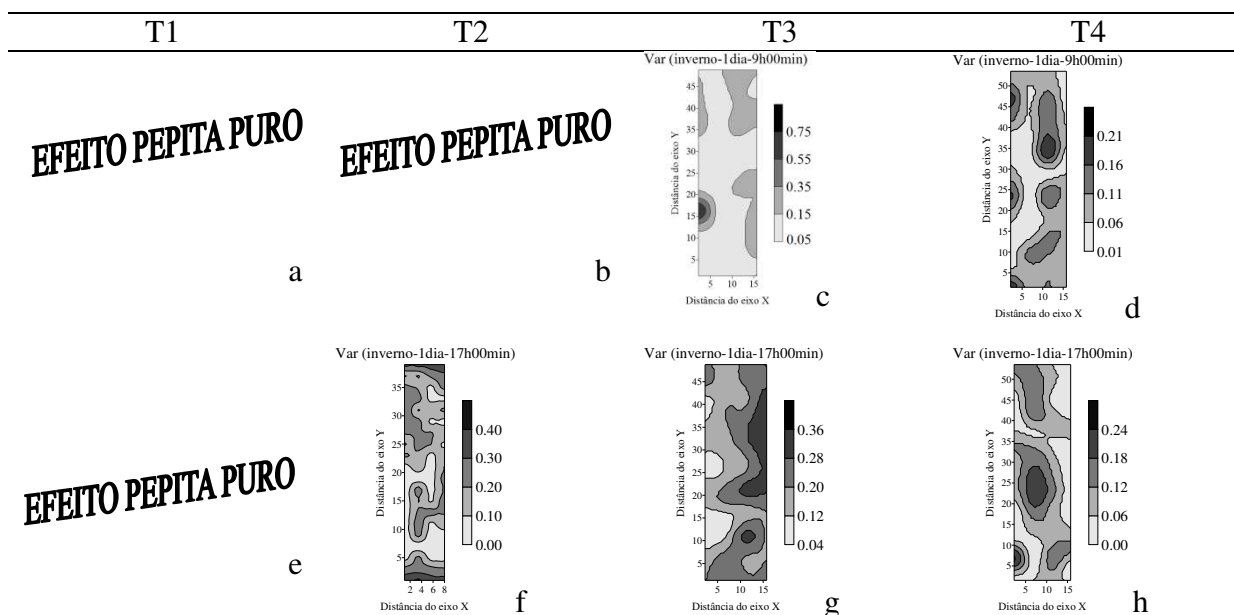


Figura 21. Mapas de krigagem para a variável de velocidade do ar para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

Da mesma maneira à Figura 46, a Figura 47 “b” e “g” também apresentou alta variabilidade, e maiores valores da Var próximo aos exaustores

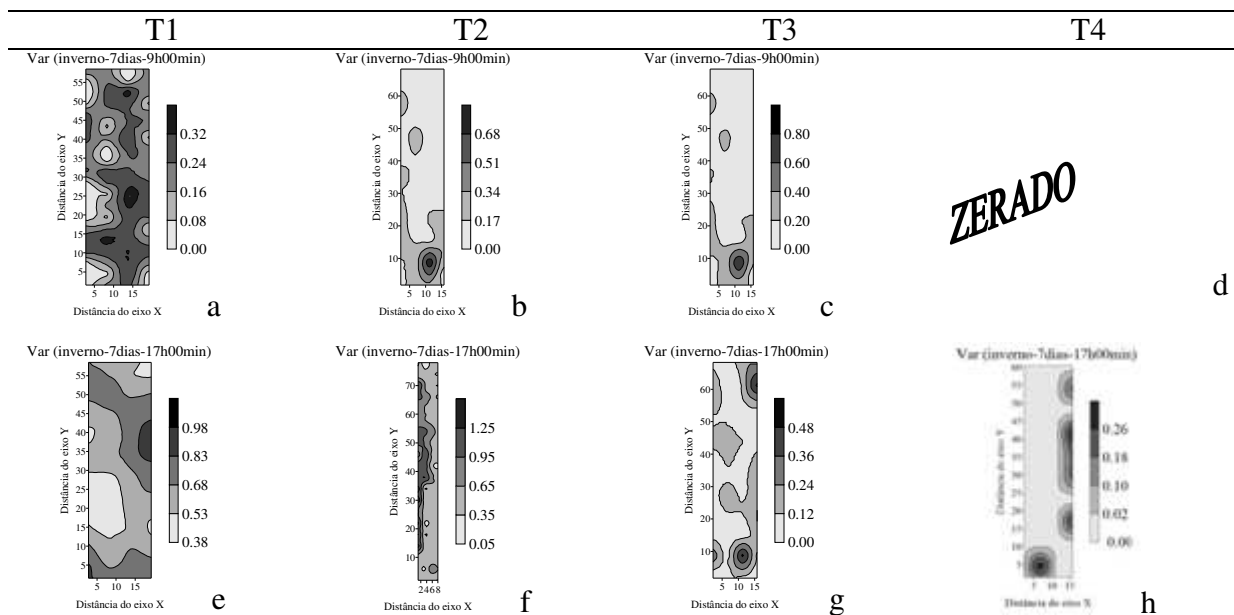


Figura 22. Mapas de krigagem para a variável de velocidade do ar para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

A Figura 48 “f” apresenta valores maiores na face direita do aviário em detrimento do manejo de cortinas no tratamento 2.

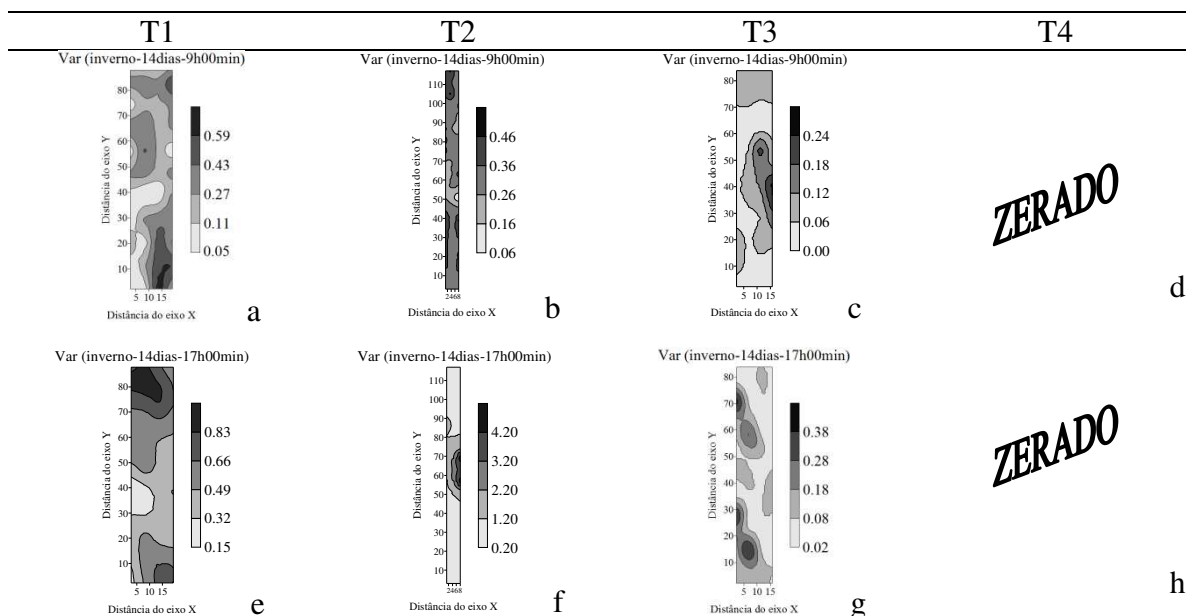


Figura 23. Mapas de krigagem para a variável de velocidade do ar para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

A concentração de CO₂ apresentou-se maior no tratamento 1 e 3 pelo maior isolamento e largura destes aviário ilustrada na Figura 49 “a” e “a”.

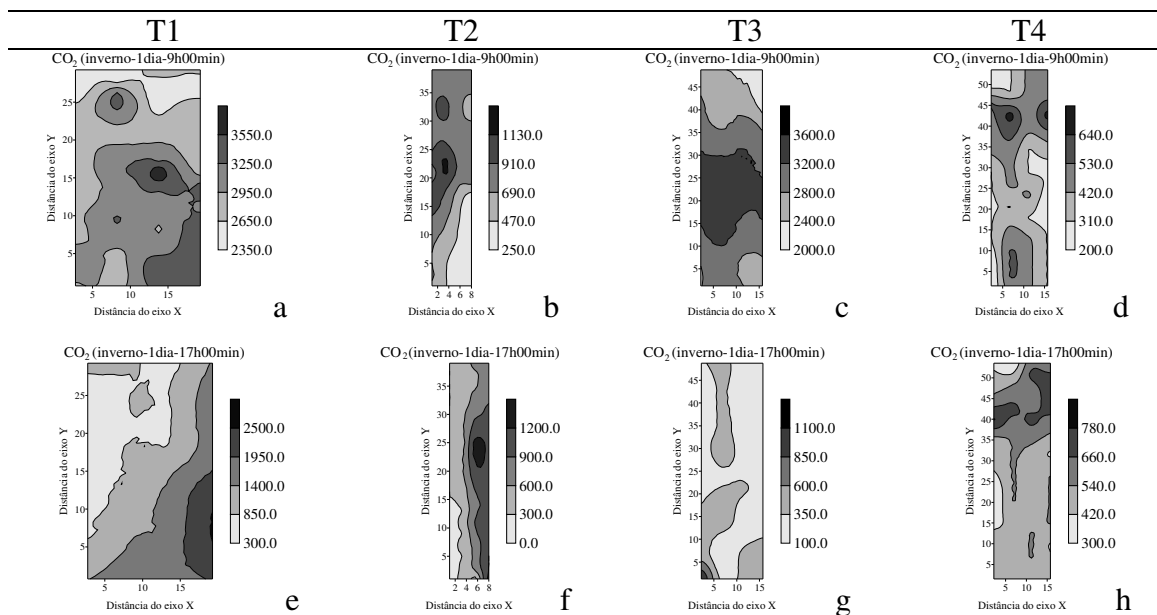


Figura 49. Mapas de krigagem para a variável de concentração de dióxido de carbono para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

Também é possível observar que os maiores valores estão concentrados próximo aos exaustores a partir do sétimo dia de idade das aves (Figura 50 “c” e “g”, Figura 51 “c” e “e”), quando estes são intensificados.

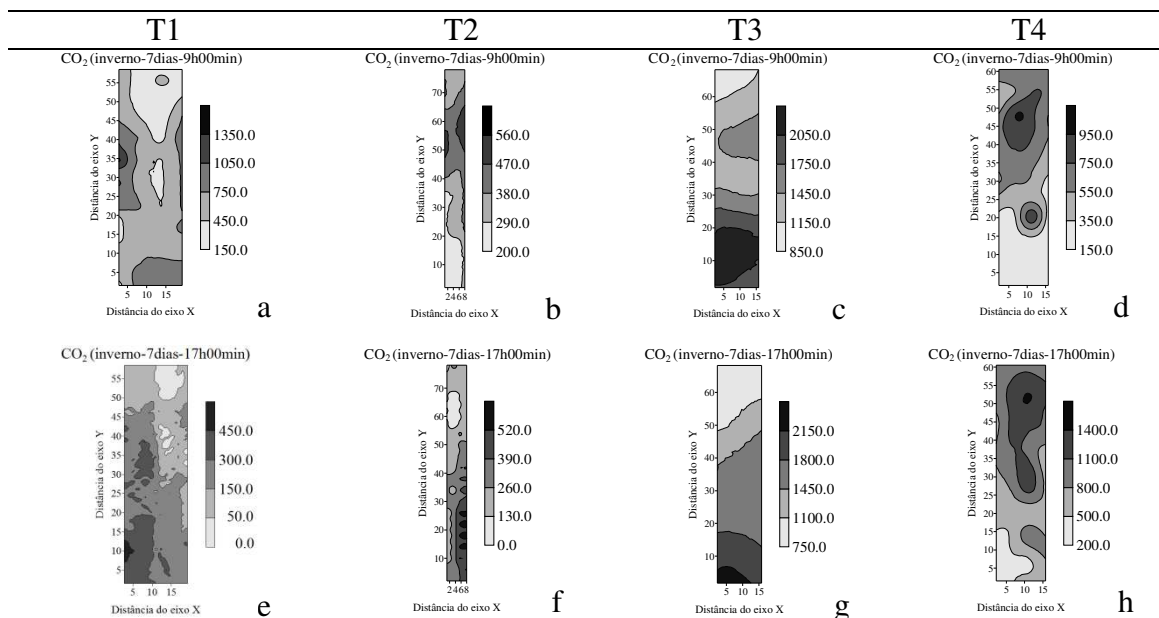


Figura 24. Mapas de krigagem para a variável de concentração de dióxido de carbono para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

Foi possível observar durante as coletas de dados que a concentração de dióxido de carbono era maior quando havia mais aves no local como era de se esperar, já que o CO₂ é produzido pela respiração das aves. A imagem do pinteiro - Figura 52 ilustra esta afirmação em relação à Figura 49 (h).

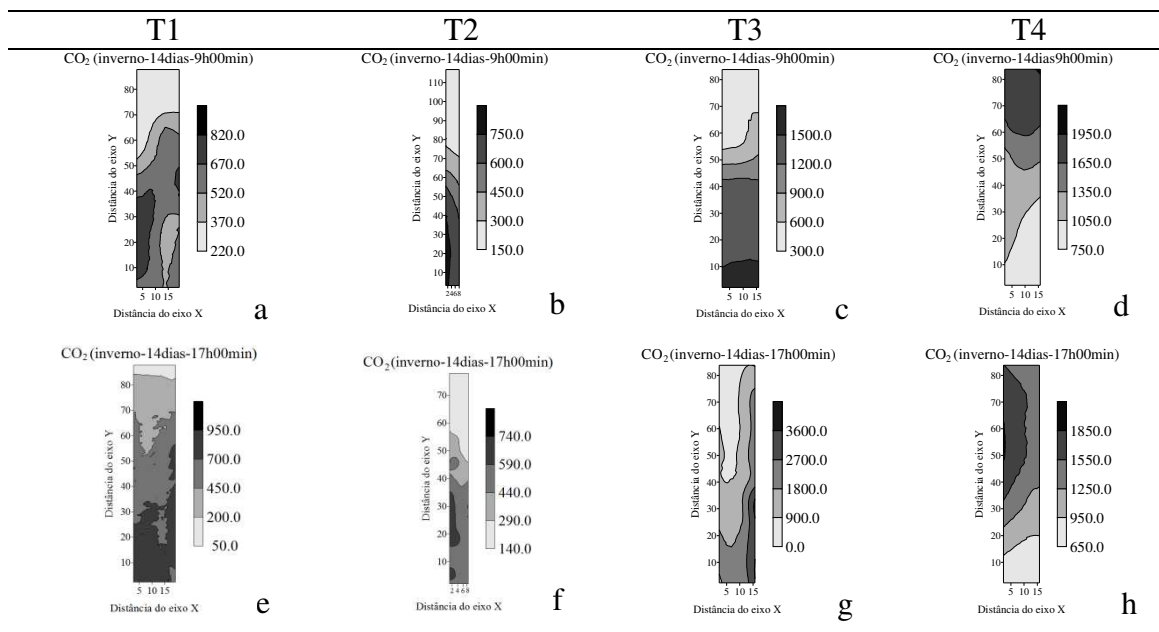


Figura 25. Mapas de krigagem para a variável de concentração de dióxido de carbono para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

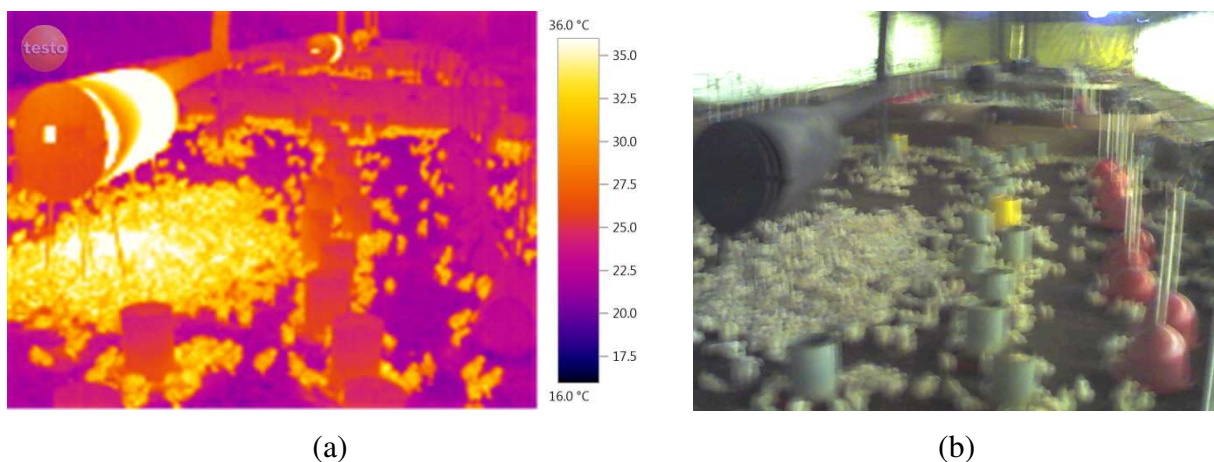


Figura 262. Galpão relativo ao T4 (a) Imagem termográfica e (b) e convencional do pinteiro com aves de 1 dia de idade às 17h00min.

O mapeamento da variável concentração de amônia NH₃ ilustrada nas Figuras 53, 54 e 55, o qual é possível observar que os maiores valores estão concentrados próximo aos exaustores a partir do sétimo dia de idade das aves, quando estes são intensificados, como também ocorreu com a amônia. Os mesmos resultados foram obtidos por Miragliotta (2005) analisando aviários com pressão negativa com aves já próximas ao abate.

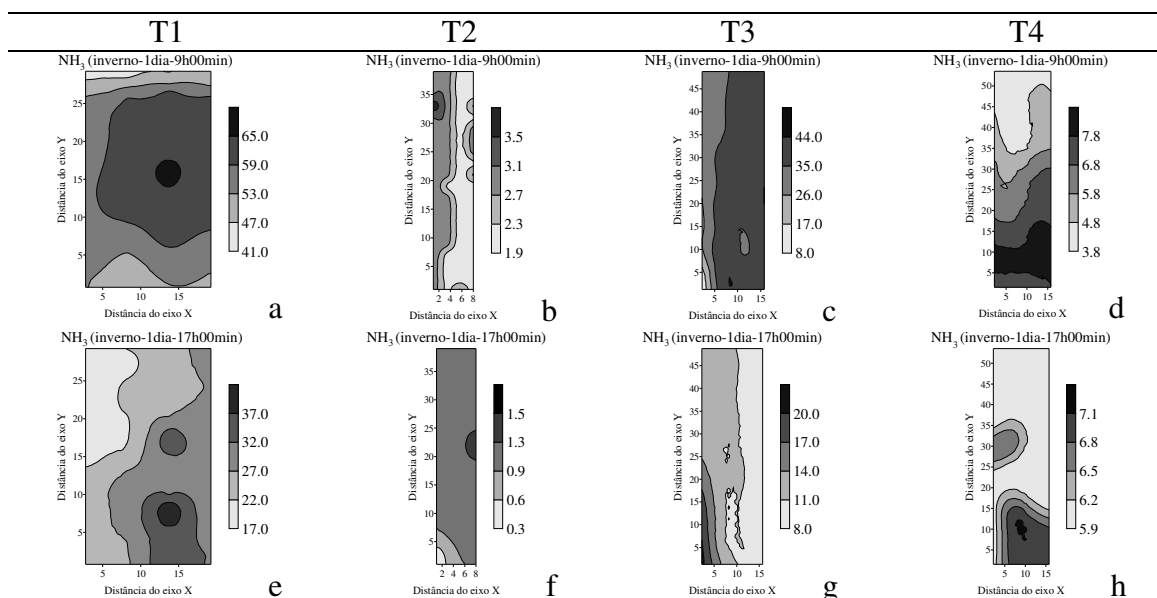


Figura 27. Mapas de krigagem para a variável de concentração de amônia para aves de 1 dia de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

Os aviários relativos aos tratamentos 1 e 3 apresentaram maiores concentrações de amônia pelo mesmo motivo da UR e dióxido de carbono.

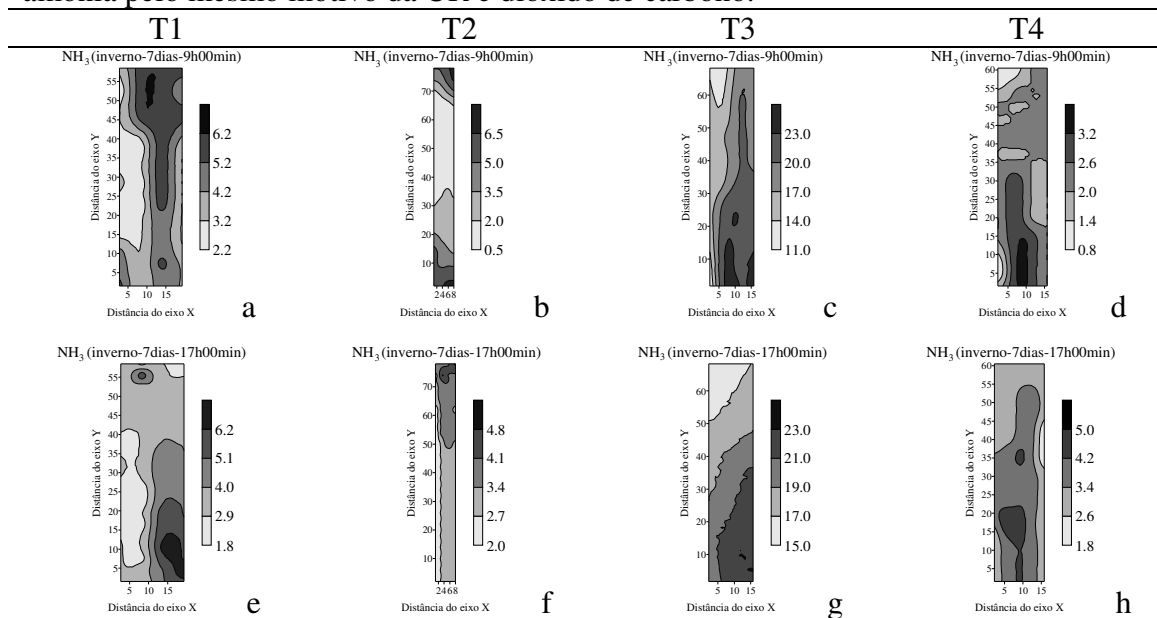


Figura 28. Mapas de krigagem para a variável de concentração de amônia para aves de 7 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

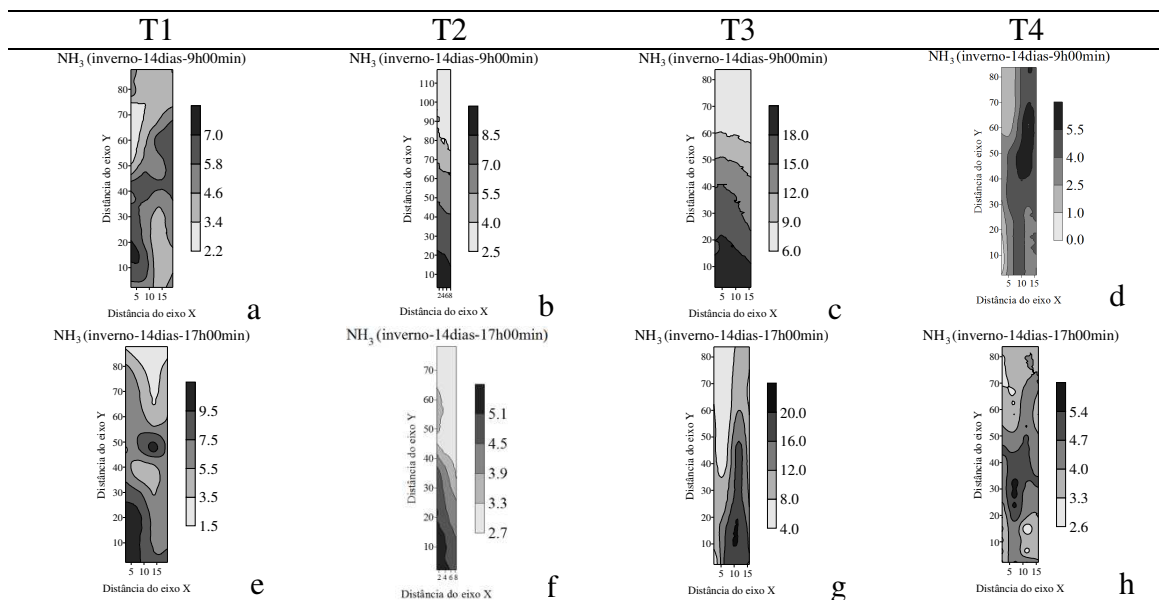


Figura 29. Mapas de krigagem para a variável de concentração de amônia para aves de 14 dias de idade para os tratamentos 1 (a, e), 2 (b, f), 3 (c, g) e 4 (d, h) às 9h00min e às 17h00min, respectivamente.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos possibilitaram averiguar que sistema utilizado de ventilação mínima influencia fortemente no conforto térmico, na qualidade do ar e da cama na fase de aquecimento, ou seja, entre 1 e 14 dias de idade das aves. Como também ocorreu forte influência do sistema de aquecimento em relação ao conforto térmico o qual deve estar de acordo com o volume de ar a ser aquecido a fim de se manter o ambiente em condições adequadas, sendo que todos os tratamentos apresentaram o aquecimento aquém do necessário.

A eficiência do sistema de ventilação mínima utilizado é função do volume de ar renovado, desta forma galpões do tipo *Dark House*, ou com larguras acima de 15,0 m tendem a apresentar maior concentração de gases e a concentrar mais a umidade relativa, indicando necessidade de adequação e dimensionamento dessas novas tendências. O sistema de ventilação mínima no aviário *Dark House* estudado não foi eficiente em termos de conforto térmico, qualidade do ar e da cama, durante a primeira semana de idade (entre 1 e 7 dias de idade).

As melhores condições de conforto térmico e a qualidade do ar foram obtidas nos pinteiros com menor volume de ar combinado com o uso do sistema de exaustão, sendo considerado como melhor manejo da ventilação mínima o tratamento 2. Já o sistema de ventilação mínima com manejo de cortinas (tratamento 1) promove uma boa qualidade do ar, porém não é capaz de controlar adequadamente a temperatura e umidade relativa.

A velocidade do ar apresentou uma alta variabilidade na análise geoestatística indicando um controle insatisfatório em todos os sistemas de ventilação mínima estudados, independentemente do uso ou não de exaustores.

Através da técnica de mineração de dados encontraram-se novos parâmetros para avaliar o bom manejo, sendo a velocidade do ar ideal igual ou menor a $0,35 \text{ m s}^{-1}$ na altura das aves e a umidade da cama ideal seria 34,18 %.

O período do inverno apresentou valores mais críticos em relação à qualidade do ar, conforto térmico e qualidade da cama de frango, necessitando um melhor controle, dimensionamento e manejo do sistema de ventilação e do sistema de aquecimento na fase inicial de criação de frangos de corte. Enquanto que durante o período de verão o sistema de ventilação mínima e de aquecimento deve ser intensificado no período noturno.

Os resultados permitiram comprovar que a hipótese foi verdadeira em relação ao

manejo adequado da ventilação mínima e que as técnicas utilizadas auxiliaram na compreensão e descoberta de novos parâmetros mais precisos comparado com a literatura. E a metodologia para mensurar o bem-estar das aves a partir do consumo de água não foi adequada.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G. Modelos de Aquecimento. In: Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 4, 2003, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. p. 65-77.

ACP - ASSURED CHICKEN PRODUCTION. The Standards 2005-2006.

ALGERS, B.; BERG, C. 2001 Monitoring Welfare on Commercial Broiler Farms in Sweden. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 51, n.1 , p. 88-92, 2001.

ALGERS, B.; SVENBERG, J. Effects of atmospheric ammonia and litter status on broiler health. In: European Symposium On Poultry Welfare, 3, 1989, France. **Proceedings...** France: Tours, 1989. p. 237-241.

ALMEIDA, M. A. C. Fatores que afetam a umidade da “cama”. **Avicultura Industrial**, São Paulo, v.76, n. 919, p. 06-18, 1986.

AVILA, V. S. et al. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.2, p.273-277, 2008.

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

BARATO, F. B. et al. Metodologia para avaliação eficiente do ambiente térmico de galpões de postura. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 20, 2008, São José dos Campos. **Anais...** [S.I.:s.n], 2008. p. 1-10.

BARNWELL, B.; WILSON, M. Importance of minimum ventilation. **Technical Focus Cobb**, v. 1, 2005. Disponível em: < www.cobb-vantress.com/Publications/documents/focus_tech_1-05.pdf>. Acesso em: 15 out. de 2008.

BARNWELL, R.; ROSSI, A. Maximização da performance em períodos quentes. **Avicultura Industrial**, v.11, p.72-80, 2003.

BATTYE, R. et al. Development and Selection of ammonia emission factors. **Final report of US EPA** (Environmental Protection Agency), 111p, 1994. Disponível em: <www.sraproject.org/wp-

content/uploads/2007/12/developmentandselectionofammoniaemissionfactors.pdf>. Acesso em: 20 mai. de 2008.

BORGES, S. A .B. et al. 2002. Consumo de água em frangos de corte suplementados com bicarbonato de sódio ou cloreto de potássio na ração. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, n. 31, p. 89-96, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise da qualidade e produtividade**. Brasília: [s.n], 1992.

BROADBENT, L.; PATTISON, M. 2003 Winter ventilation – Minimum Ventilation for good air quality. **Poultry World**.

BUTCHER, G. D.; JACOB, J. P., MATHER, F. B. Common Poultry Diseases. Gainesville: IFAS (The Institute of Food and Agricultural Sciences) Extension, University of Florida, 1999, n. PS-47, 20p. Fact Sheet. Disponível em: <edis.ifas.ufl.edu/pdf/PS/PS04400.pdf> Acesso em: 03 fev. de 2008.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in Central IOWA soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CAMERINI, N. L. et al. Análise de variáveis ambientais em modelos reduzidos de instalações agropecuárias com forro de resíduo de EVA. **Revista eletrônica de materiais e processos**, v. 4, p. 40-47, 2009.

CARLOMAGNO, G. M.; DE LUCA, L. Infrared thermography in heat transfer. In WEY-JEI, I. (ed). **Handbook of Flow Visualization**. 1st ed. New York: Hemisphere Publishing Corp, 1989. Part 4, p. 531–554.

CARVALHO, T. M. R. et al. Software para avaliação do impacto de redução gradual de temperatura no comportamento de pintinhos no alojamento inicial. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2006, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2006. p.11

CAVALCHINI, L. G. 1985 **El Pavo**: cría, incubación, patologia. 1 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1985. 308 p.

CHAPMAN, P. et al. **CRISP-DM 1.0**: Step-by-step data mining guide, 2000. 78p. Disponível em: <www.crisp-dm.org/CRISPWP-0800.pdf> Acesso em: 20 set. de 2008.

CHEPETE, H. J.; XIN, H. Cooling laying hens by intermittent partial surface sprinkling. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 4, p. 965-971, 2001.

CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.; TSHEKO, R. Production performance and temperature-humidity index of Cobb 500 broiler reared in open-sided naturally ventilated houses in Botswana. In: International Symposium, 7., 2005, Beijing. Proceedings... [S.I.:s.n], 2005. Paper n. 701P0205.

CHEVILLON, P. O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e o atordoamento. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.152-168. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/index.php?ids=Sn6l70p1l&idl=&pg=0&tipo=8> Acesso em: 12 mar de 2008.

CIGR – Internacional Commission of Agricultura Engineering. **Aerial environment in animal housing**: concentrations in and emissions from farm buildings. Dublin: CIGR Working Group, 1994, 116 p. Report. Disponível em: <cigr.org/documents/CIGR-workinggroupreport1994.pdf>. Acesso em: 14 mar de 2008.

CIGR - Internacional Commission of Agricultura Engineering. Climatization of animal houses. Aberdeen: CIGR Working Group, 1989, 72p. Report. Disponível em: <www.cigr.org/documents/CIGR-Workinggroupreport1984.pdf>. Acesso em: 16 ago de 2008.

CLINE, M. G. Principles of soil sampling. **Soil science**, v. 58, n. 2, p. 257-288, 1944.

COBB - VANTRESS, INC. Cobb - Vantress Brasil, LTDA. **Manual de Manejo de Frangos de Corte**. 2008, 66p. Disponível em: <www.granjaplanalto.com.br/Manual%20Frango%20Corte_20_03_09.pdf>. Acesso em: 25 abr. de 2009.

COBB 500. **Management manual**. 1995 revision. 1995.

COENEN, M. et al. Effect of different housing condicions (stocking density) on performance of broilers and the composition of litter. **Deutscher tierärztliche wochenschrift**, v. 103, n. 3, p. 79-83, 1996. CD-Rom - CAB Abstrats 1996-4/98.

CRRP - Cooperative Regional Research Project . **W-195: Water Quality Issues in Poultry Production and Processing**. 2005. 62p. Disponível em: < www.p2pays.org/ref/13/12944.pdf>. Acesso em: 28 jan. de 2008.

CZARICK, M. **Poultry Housing Tips: Minimum Ventilation Rates**. Athens: Cooperative Extension Service - College of Agriculture and Environmental Science, University of Georgia, 2007, v. 19, n. 1. Newsletter. Disponível em: <<http://poultryventilation.engr.uga.edu/tips/2007/vol19n1.pdf>> Acesso em: 03 fev. de 2008.

CZARICK, M.; LACY, M. P. **Poultry Housing Tips: Keep birds warm with propane and feed**. Athens: Cooperative Extension Service - College of Agriculture and Environmental Science, University of Georgia, 2001, v. 13, n. 2. Newsletter. Disponível em <<http://poultryventilation.engr.uga.edu/tips/2001/vol13n2.pdf>> Acesso em: 03 fev. de 2008.

CZARICK, M. **Poultry Housing Tips: The importance of uniform bird distribution during cold weather**. Athens: Cooperative Extension Service - College of Agriculture and Environmental Science, University of Georgia, 2001, v. 13, n. 9. Newsletter. Disponível em: <<http://poultryventilation.engr.uga.edu/tips/2001/vol13n9.pdf>>. Acesso em: 03 fev. de 2008.

CZARICK, M.; LACY, M. P.; DOZIER, B. **Poultry Housing Tips: Water usage and broiler performance**. Athens: Cooperative Extension Service - College of Agriculture and Environmental Science, 2001, v. 13, n. 5. Report. Disponível em: <<http://poultryventilation.engr.uga.edu/tips/2001/vol13n5.pdf>> Acesso em: 03 fev. de 2008.

DAWKINS, M.S. From an animal's point of view: motivation, fitness, and animal welfare. **Behavioural and Brain Science**, v. 13, n. 1, p. 1-61, 1990.

DEFRA - Department for Environment, Food and Rural Affairs. **Meat Chickens and Breeding Chickens: Code of recommendations for the welfare of livestock**. London, 2002, 25p. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/foodfarm/farmanimal/welfare/onfarm/documents/meatchkscode.pdf>> Acesso em: 23 mar. de 2008.

DOZIER, W. A.; DONALD, J. **The Alabama Poultry Engineering and Economics Newsletter: Keys to successful brooding**. Alabama: Alabama Cooperative Extension System, Auburn University, 2001, n. 14. Newsletter.

DWI - Drinking Water Inspectorate. **Annual Report**, 2006. Disponível em: <www.dwi.gov.uk/pubs/annrep05/contents.shtm> Acesso em 28 nov. de 2007.

EKSTRAND, C. **Effects of stocking density on the health, behavior and productivity of broilers: A literature review**. Skara: Faculty of Veterinary Medicine, 1993. 46 p. Rapport 32.

ELLIOT, H. A.; COLLINS, N. E. Chemical methods for controlling ammonia release from poultry manure. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 83, n. 4521, 17p, 1983.

ELWINGER, K.; SVENSSON, L. Effect of dietary protein content, litter and drinker types on ammonia emission from broiler house. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 64, p. 197-208, 1996.

FARIA, F. F. et al. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p.2498-2505, 2008.

FREITAS, V. A. **Análise de dados espaciais por meio de semivariogramas**. 2000. 30f. TCC (Graduação) - Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2000.

FROTA, A. B.; SHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 2ª. ed. São Paulo: Nobel, 1995. 244p.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de Frangos de corte. In. Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 7., Chapecó, 2006. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. p. 104-135. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/index.php?ids=Sn6l70p1l&idl=&pg=1&tipo=8>. Acesso em: 12 dez. de 2006.

GALLO, B. B. Penumbra: A tecnologia Dark House e suas características. **A Revista do Avisite**, n. 26, junho de 2009, p. 30. Disponível em: <www.avisite.com.br/revista/edicant.asp> Acesso em: 01 ago. de 2009.

GATES, R. S.; TARABA, J. I.; FERGUSON, N. S. e TURNER, L. W. A technique for determining ammonia equilibrium and volatilization rates from broiler litter. In: ASAE International Meeting, 08, 1997, Minneapolis. **Proceedings...** ASAE Paper No. 974074, 1997.

GERRITZEN, A. M. et al. Note on behaviour of poultry exposed to increasing carbon dioxide

concentrations. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 108, n. 1, p. 179-185, 2006.

GLOBALG.AP. **V.3.0-2_Sep07**: Pontos de Controle e Critérios de Cumprimento: Garantia Integrada da Fazenda - Aves. 2007. 22p.

GOMES, A. K. **Análise do conhecimento extraído de classificadores simbólicos utilizando medidas de avaliação e de interessabilidade**. 2002. 127p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências e Matemática e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GONZÁLES, E.; SALDANHA, E. S. P. B. 2001 Os primeiros dias de vida do frango e a produtividade futura. In: ZOOTEC - Congresso Brasileiro De Zootecnia, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: AZEG/ABZ, 2001. p.312-313.

GORDON, S. H. The effect of broiler stocking density on bird welfare and performance. British. **Poultry Science**, v. 33, p. 1120-1121, 1992.

GRANDIN, T. **Poultry Slaughter Plant and Farm Audit**: Critical Control Points for Bird Welfare, 2005. Disponível em: <www.grandin.com/poultry.audit.html> Acesso em: 5 abr. de 2007.

GRANJA PLANALTO, LTDA. **Manual do Frango de Corte**. 2006, 60p.

GREENE, J. A.; MCCracken, R. M.; EVANS, R. T. A contact dermatitis of broilers – clinical and pathological findings. **Avian Pathology**, v. 14, p. 23-158, 1985.

GROOT KOERKAMP, P. W. G. et al. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 79-95, 1998.

GUIZIOU, F.;BELINE, F. In situ measurement of ammonia and green house gas emissions from broiler houses in France. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 203-207, 2005.

HAN, J; KAMBER, M. **Data Mining**: concepts and techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2001. 550p.

HARMES, R. H., DAMRON, B. L., SIMPSON, C. F. Effect of wet litter and supplemental biotin and/or whey on the production of foot pad dermatitis in broilers. **Poultry Science**, v. 56

p. 291-296, 1977.

HEIER, B. T., HOGASEN, H. R., JARP, J. Factors associated with mortality in Norwegian broiler flocks. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 53, p. 147-158, 2002.

HILLIGER, H.G. **Stallgebäude, Stallluft und Lüftung (Livestock Building, Indoor Air and Ventilation)**. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1990.

HYNST, J. et al. High fluxes but different patterns of nitrous oxide and carbon dioxide emissions from soil in a cattle overwintering area. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, n. 2-4, p.269–279, 2007.

IBARRA, J. G. et al. Cooked and raw chicken meat: emissivity in the mid-infrared region. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 16, n. 2, p. 143-148, 2000.

IPPC BREF. **Guidance on the control of energy on poultry units** <<http://eippcb.jrc.es/->>, 02/01/2008.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

JAFARI, R. A., FAZLARA, A., GOVAHI, M. An investigation into Salmonella and fecal coliform contamination of drinking water in broiler farms in Iran. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 5, p. 491-493, 2006.

JOURNEL, A. G. Geostatistical for conditional simulation of orebodies. **Economic Geology**, v. 69, p. 673-687, 1974.

KESTIN, S. C.; GORDON, S.; SU, G.; SORENSON, P. Relationships in broiler chickens between lameness, live-weight growth rate and age. **Veterinary Rec.**, v.148, p.195–197, 2001

KORHONEN, H; HARRI, M. Heat loss of farmed raccoon dogs and blue foxes as evaluated by infrared thermography and body cooling. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 84, n. 2, p. 361-364, 1986.

LAVRAC, N.; FLACH, P.; ZUPAN, B. Rule evaluation measures: a unifying view. In: DZEROSKI, S.; FLACH, P. (Ed.) *Proceedings of the 9th International Workshop on Inductive Logic Programming*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, v. 1634, p.174-185, 1999.

LIMA, M. G. F. **Árvore de decisão aplicada a bancos de dados de incubatório de matrizes de postura**. 2007. 80f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. **Agricultural experimentation: Design and Analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 368p.

LOTT, B.D. et al. Water flow rates in commercial broiler houses. **Poultry Science**, v. 82, p. 102, 2003.

MACARI, M. **Água na avicultura industrial**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 128p.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1994. 296p.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Bem-estar dos suínos. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Gessuli, 2000. p. 70-105.

MANNING, G. L., BAINES, R. N.; CHADD, S. A. Key performance indicators for food safety in broiler production. **British Food Journal**, v. 108, n. 8, p. 605-621, 2006.

MANNING, L.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. Key health and welfare indicators for broiler production. **Poultry Science**, v. 63, p. 63-68, 2007a.

MANNING, L.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. Water consumption in broiler chicken: a welfare indicator. **Poultry Science**, v. 63, p. 63-68, 2007b.

MARTLAND, M. F. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: the effect of wet litter. **Avian Pathology**, v. 14, p. 353-364, 1985.

MAY, J. D.; LOTT, B. D.; SIMMONS, J. D. The effect of air velocity on broiler performance and feed and water consumption. **Poultry Science**, v. 79, p. 1396-1400, 2002.

McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil

properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v. 37, n. 4, p. 617-639, 1986.

MCILROY, S. G.; GOODALL, E. A.; MCMURRAY, C. H. A contact dermatitis of broilers – epidemiological findings. **Avian Pathology**, v. 16, p. 93-105, 1987.

MEIRA, C. A. A. **Processo de descoberta de conhecimento em bases de dados para a análise e o alerta de doenças de culturas agrícolas e sua aplicação na ferrugem do cafeeiro**. 2008. 198f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MENDES, A. S. **Efeito do manejo da ventilação natural no ambiente de salas de maternidade para suínos**. 2005. 89f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MHS - Meat and Hygiene Service. **Chapter 1 - Introduction**: MHS Manual for Official Controls. United Kingdom, 2006. 27p. Disponível em:
<www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/mhsmanualch1.pdf> Acesso em 14 set. de 2006.

MILES, D. M.; BRANTON, S. L.; LOTT, B. D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. **Poultry Science**. v. 83, n. 10, p. 1650-1654, 2004.

MILES, D. M.; ROWE, D. E.; OWENS, P. R. Winter broiler litter gases and nitrogen compounds: Temporal and spatial trends. **Atmospheric environment**, v. 42, n 14, p. 3351-3363, 2008.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte, com ventilação e densidade diferenciados**. 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação das Condições do Ambiente Interno em dois Galpões de Produção Comercial de Frangos de Corte, com Ventilação e Densidade Populacional Diferenciados**. 2005. 244f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MOHLER, F. S.; HEATH, J. E. Comparison of IR thermography and thermocouple measurement of heat loss from rabbit pinna. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v.

254, n. 2, p. 389-395, 1988.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirement of poultry**, 9th ed. Washington: National Academy Press, 1994. 176p.

NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.; WALKER, A. W. Ammonia Emissions from Broiler Litter and Laying Hen Manure Management Systems. **Biosystems Engineering**, v. 89, n. 2, p. 175–185, 2004.

OLIVEIRA, M. C., CARVALHO, I. D. Rendimento e lesões em carcaças de frangos de corte criados em diferentes camas e densidades populacionais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1076-1081, 2002.

PAIN, B. F. et al. A new inventory for ammonia emissions from UK agriculture. **Atmospheric Environment**, v. 32, p. 309-313, 1998.

PERDOMO, C. C. Controle do ambiente e produtividade de frangos de corte. 2001 In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, Piracicaba. **Anais...** [S.I.:s.n], 2001. 1 CD-ROM.

RAJ, A. B. M.; GREGORY, N. G. Welfare implications of the gas stunning of pigs 1 - Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon. **Animal Welfare**, v. 4, n. 4, p. 273–280, 1995.

REVISTA PORTUÁRIA. **Avicultura Brasileira será a maior do planeta**. 2009. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=CNSTq&t=avicultura-brasileira-ser-maior-planeta>> Acesso em: 01 dez de 2009.

ROBERTSON, G.P. GS+: Geostatistics for the environment sciences – GS+ User's Guide Version 5. Plainwell, Gamma Design Software, p.200, 2000.

RONCHI, C. 2004 Principais práticas de manejo para aves recém-nascidas. **Ave World**, p. 26-30, 2004 Disponível em: <www.alltech.com/Brasil/artigos/Pics/artigo02.pdf> Acesso em: 21 jan. de 2008.

ROSS 1999 Ross Broiler Management Manual. **Ross Breeders**.

RSPCA - The Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals. **Z3053: Behind Closed doors – The Truth About Chickens Bred for Meat**. UK: RSPA Campaigns, 2002. 43p.

Disponível em:

<www.agrowebcee.net/fileadmin/user_upload/faw/doc/reports2/RSPCA%20REPORT%20ON%20WELFARE%20OF%20BROILERS.pdf> Acesso em: 29 set. de 2008.

SCAHAW. European Commission – SCIENTIFIC COMMITTEE on ANIMAL HEALTH and WELFARE. **The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers)**. Brussels, 2000. 149p. Report.

SCHEFFERLE, H. E. The decomposition of uric acid in built up poultry manure. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 28, p. 412-420, 1965.

SEEDORF, J et al. A survey of ventilation rates in livestock buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 39-47, 1998.

Symposium of the CIGR- New trends in Farm Buildings. Évora-Portugal : **Universidade de Évora**, 2004. v. 1 p.1-6.

SURFER. SURFER 7.0 – Countoring and 3D surface mapping for scientists and engineers. User's guide. New York, Golden Software, Inc., p. 619, 1999.

TAO, X.; XIN, H. Temperature-Humidity-Velocity Index for market-size broilers. Proceedings of the 2003 **ASAE Annual International Meeting**. Paper n. 034037. Nevada-USA.

TERZICH, M. A amónia dos galpões avícolas e o pH da cama. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1997, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo:

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, 2001. Disponível em:

<www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2001000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 03 fev. de 2007.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, n.1, p.45-93, 1985.

TUNÇ, I. P., TURUT-AS-İK, S., AKBOSTANCI, E. CO₂ emissions vs. CO₂ responsibility: An input–output approach for the Turkish economy. **Energy Policy**, v. 35, p. 855-858, 2006.

VALE, M. M.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; OLIVEIRA, S. R. M. ; RODRIGUES, L. H. A. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, p. 335-339, 2008.

VAN OUWERKWERK, E. N. J.; PEDERSEN, S. Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluated ventilation rates in livestock houses. In: World Congress in Agricultural Engineering, 12., Milano, 1994. Proceedings...[S.I.:s.n], , 1994. p. 516-529.

VANNI, S. M. **Modelos de Regressão: Estatística Aplicada**. São Paulo: Legmar Informática & Editora, 1998. 177p.

VEST, L. R. **Environmenal factors to consider when brooding chicks**. Athens: Cooperative Extension Service - College of Agriculture and Environmental Science, University of Georgia, 1997. Bulletin 855

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, n. 1, p.1-75, 1983.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.

WARRISS, P. D. **Meat Science: An Introductory Text**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. 310p.

WATHES, C. M.; CHARLES, D. R. **Livestock Housing**. Wallingford (UK): CAB International, 1994. 448p.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data Mining: practical machine learning tools and techniques**. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005. 525p.

XIN, H. **Surface temperature distribution of commercial electrical heat mats for farrowing creep heating**. Ames: ISU Extension, Iowa State University, n. ASL-R 1582, 1998. Report. Disponível em: < www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1582.pdf > Acesso em: 23 out. de 2008.

YAHAV, S. et al. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environment conditions. **Poultry Science**, v. 83, p. 253:258, 2004.