

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Barce

Este exemplar corresponde a redação final da tese de doutorado defendida por Daniella Jorge de Moura e aprovada pela Comissão Julgadora em 01 de dezembro de 1998. Campinas, 25 de fevereiro de 1999.


Presidente da Banca

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE INSTALAÇÕES AVÍCOLAS COM
DIFERENTES ORIENTAÇÕES, SOMBREAMENTO E VENTILAÇÃO**

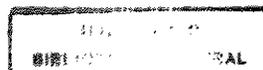
*Daniella Jorge de Moura
Engenheira Agrônoma*

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a Irenilza de Alencar Nääs.

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de *Doutor em Engenharia Agrícola*, Área de Concentração: *Construções Rurais e Ambiente*.

Campinas - SP.
Dezembro de 1998.

9907275



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
V.	Es
TEMPO BC/	37 339
PROC.	229/99
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	23/04/99
N.º CPD	

CM-00122472-5

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

M865a Moura, Daniella Jorge de
Avaliação da eficiência térmica de instalações avícolas com diferentes orientações, sombreamento e ventilação / Daniella Jorge de Moura.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientadora: Irenilza de Alencar Nääs.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Conforto Térmico. 2. Aves - Criação. 3. Construções rurais. I. Nääs, Irenilza de Alencar. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

*" Ao meu filho William,
que compartilhou cada dia desta jornada, e com toda certeza, é a razão
deste trabalho.*

*A minha mãe Nicéia, e meu pai Humberto,
que fixeram o possível e o impossível para me dar coragem,, força e o amor
verdadeiro e necessário para que eu nunca desistisse, e sempre buscasse mais
e mais.*

*Aos meus avós, Hilda e Gentil,
pela eterna preocupação que tudo desse certo, e pelo muito que sempre
representaram em minha vida.*

*Aos meus avós, Vô Moura e Vô Creuxa (in memoriam),
que mesmo em uma outra dimensão, estiveram sempre por perto,
protejendo e desejando o melhor.*

*" Aos que viveram esta jornada,
direta ou indiretamente, não vou
esquecer nunca. Foi um tempo de
estudo, trabalho, tentativas, erros,
acertos, mas principalmente, tempo de
estar junto... Dedico "*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é apenas uma pequena parte de todos os ensinamentos, as oportunidades, as lições de vida e a profunda amizade que minha orientadora **Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs** me dedicou por todo este tempo. Realmente é difícil agradecer a pessoas tão especiais como ela.

Agradeço ao **Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva**, da Esalq, que sem seu incentivo, seus ensinamentos e amizade, jamais teria chegado até aqui.

Ao **Prof. Dr. Hugo Ghelfi Filho**, que acreditou em meu trabalho desde o início de minha carreira acadêmico – científica.

À nossa equipe de trabalho do **Econta - Equipe de Conforto Térmico Animal**:

Os estagiários que me auxiliaram na coleta de dados desde o início deste projeto, **Fernando e Alemão**.

Um agradecimento especial à estatística **Fabiana Vitória Patrícia Palumbo**, pela indispensável ajuda na análise estatística desta tese.

À minha amiga, colega de graduação e pós graduação, **Kelly Botigielli Sevegnani**, pelos esforços sem medida para me ajudar, além do profundo apoio moral a mim dedicado.

Aos meus amigos **Luís Antônio Laloni, Patrícia de Souza, Maria Eugenia Aradas e Yamília Barrios**, pela cooperação e principalmente pela amizade.

Às minha amigas **Christine Laganá e Regina Reis**, pelo apoio e amizade, mesmo à distância.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pelos ensinamentos, em especial às professoras e amigas *Mariângela Amendola e Maria Cecília da Silva*.

Aos funcionários do Departamento de Construções Rurais da FEAGRI, *Vanessa, Deise, Marivone, Tuca* pelo constante apoio e amizade.

Aos funcionários do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, sob a coordenação do *Prof. Antônio Ludovico Beraldo*, pela constante ajuda na realização deste trabalho.

À *Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP*, pela oportunidade de Ter realizado esse curso.

À *Fundação de Amparo ao Ensino e à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP*, pela concessão da bolsa de estudos.

Principalmente, agradeço a *Deus*, que sem sua vontade, nada disso seria possível.

SUMÁRIO

	PÁGINA
SUMÁRIO	v
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. Estresse térmico em frangos de corte.....	9
3.1.1. Zona de termoneutralidade.....	9
3.1.2. Efeitos do estresse térmico em frangos de corte.....	12
3.1.3. Efeitos da amplitude térmica no desempenho das aves.....	20
3.2. A radiação solar.....	21
3.2.1. Cálculo da carga térmica de radiação.....	28
3.2.2. Cálculo do Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	30
3.3. Balanço térmico em instalações avícolas.....	30
3.4. Orientação das Instalações.....	37
3.5. Sombreamento das instalações.....	41
3.6. Controle ambiental dos aviários por meios mecânicos.....	48
4. MATERIAIS E MÉTODO	51

4.1. Modelos em escala reduzida e distorcida	51
4.1.1. Localização dos modelos	51
4.1.2. Dimensões dos modelos	51
4.1.3. Simulação da produção de calor e umidade nos modelos	54
4.1.4. Sombreamento dos modelos	55
4.1.5. Ventilação forçada	57
4.1.6. Coleta de dados.....	60
4.1.7. Registro de dados meteorológicos externos.....	61
4.1.8. Análise dos dados.....	62
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
5.1. Análise de Variância.....	65
5.1.1. Resultados obtidos para o período de verão.....	65
5.1.1.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo	66
5.1.1.2. Análise para todos os horários de coleta de dados.	68
5.1.1.2.1. Temperatura de Globo	68
5.1.1.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	70
5.1.1.2.3. Umidade Relativa	72
5.1.1.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	73
5.1.1.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR).....	75
5.1.1.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados de verão.....	77
5.1.1.3.1. Temperatura de Globo	77
5.1.1.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	79
5.1.1.3.3. Umidade Relativa	79

5.1.1.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	80
5.1.1.3.5. Carga Térmica de Radiação	81
5.1.2. Resultados obtidos para o período de inverno.....	82
5.1.2.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo	82
5.1.2.2. Análise para todos os horários de coleta de dados.	85
5.1.2.2.1. Temperatura de Globo	85
5.1.2.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	88
5.1.2.2.3. Umidade Relativa.....	90
5.1.2.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	91
5.1.2.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR).....	93
5.1.2.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados de inverno.....	95
5.1.2.3.1. Temperatura de Globo	95
5.1.2.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	96
5.1.2.3.3. Umidade Relativa.....	97
5.1.2.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	97
5.1.2.3.5. Carga Térmica de Radiação	98
5.1.3. Resultados obtidos para o período de primavera.....	99
5.1.3.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo	99
5.1.3.2. Análise para todos os horários de coleta de dados.	102
5.1.3.2.1. Temperatura de Globo	102
5.1.3.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	103
5.1.3.2.3. Umidade Relativa.....	105
5.1.3.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	107

5.1.3.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR).....	108
5.1.3.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados de primavera.....	110
5.1.3.3.1. Temperatura de Globo.....	110
5.1.3.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	111
5.1.3.3.3. Umidade Relativa.....	112
5.1.3.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	113
5.1.3.3.5. Carga Térmica de Radiação.....	113
5.1.4. Resultados obtidos para o período de outono.....	114
5.1.4.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo.....	114
5.1.4.2. Análise para todos os horários de coleta de dados.....	117
5.1.4.2.1. Temperatura de Globo.....	117
5.1.4.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	120
5.1.4.2.3. Umidade Relativa.....	121
5.1.4.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	122
5.1.4.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR).....	124
5.1.4.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados de outono.....	126
5.1.4.3.1. Temperatura de Globo.....	126
5.1.4.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.....	127
5.1.4.3.3. Umidade Relativa.....	128
5.1.4.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	128
5.1.4.3.5. Carga Térmica de Radiação.....	129
5.2. Análise dos dados de produção.....	129
5.2.1. Influência da orientação, ventilação e sombreamento nos dados de produção.....	130

5.2.1.1. Análise dos dados de produção para o período de verão.....	130
5.2.1.2. Análise dos dados de produção para o período de inverno.....	132
5.2.1.3. Análise dos dados de produção para o período de primavera.....	133
5.2.1.2. Análise dos dados de produção para o período de outono.....	134
5.3. Análise de Regressão.....	136
5.3.1. Análise para o período de verão.....	136
5.3.2. Análise para o período de inverno.....	140
5.3.3. Análise para o período de primavera.....	144
5.3.4. Análise para o período de outono.....	147
6. CONCLUSÕES.....	151
6.1. Comparando a eficiência térmica de instalações avícolas com as orientações leste – oeste e norte – sul.....	151
6.2. Influência da ventilação forçada no comportamento térmico dos aviários, considerando as orientações leste – oeste e norte – sul.....	152
6.3. Eficiência do sombreamento de telhados com cumeeira voltada para a direção norte – sul.....	152
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154
8. ABSTRACT.....	162
9. ANEXOS.....	163

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1.1. Evolução da produção brasileira de carne de frango, mil t, 1970-1998.....	2
1.2. Evolução no consumo <i>per capita</i> de carnes no Brasil, 1970-1998	2
1.3. Exportações brasileiras de carne de frango e seu valor, 1975-1997	3
2.1. Produção de calor <i>versus</i> temperatura ambiente	12
2.2. Trajetória do sol nos solstícios e equinócios	38
2.3. Translação da terra e localização dos trópicos.....	41
2.4. Carta solar.....	44
4.1. Planta baixa, corte transversal e a fachada dos modelos em escala reduzida e distorcida	53
4.2. Lâmpadas simulando a produção de calor nos modelos, e cama de maravalha.	54
4.3. Modelo em escala com orientação norte - sul sombreado, dia 21/12/97, 15:00 horas	56
4.4. Modelos leste – oeste sem sombreado, dia 21/12/97, 8:00 horas	56
4.5. Ventilação forçada no interior do modelo em escala	58
4.6. Esquema da disposição dos tratamentos na área experimental	59
4.7. Posicionamento dos equipamentos de coleta de dados nos modelos em escala	61
5.1. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de verão.	66
5.2. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de verão.	66
5.3. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de verão.	67
5.4. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de verão.	67
5.5. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de verão.	68

5.6. Temperatura de Globo (Tg) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.....	69
5.7. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.....	71
5.8. Umidade Relativa (UR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.....	73
5.9. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.....	75
5.10. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.....	76
5.11. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de inverno.....	83
5.12. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de inverno.....	83
5.13. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de inverno.....	84
5.14. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de inverno.....	84
5.15. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de inverno.....	85
5.16. Temperatura de Globo (Tg) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.....	87
5.17. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.....	89
5.18. Umidade Relativa (UR), nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.....	91
5.19. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.....	93
5.20. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.....	94
5.21. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de primavera.....	99
5.22. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de primavera.....	100
5.23. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de primavera.....	100

5.24. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de primavera. .	101
5.25. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de primavera. .	101
5.26. Temperatura de Globo (Tg) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.	103
5.27. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.	105
5.28. Umidade Relativa (UR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.	106
5.29. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.	108
5.30. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.	109
5.31. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de outono.	115
5.32. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de outono.	115
5.33. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de outono.	116
5.34. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de outono.	116
5.35. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de outono.	117
5.36. Temperatura de Globo (Tg) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de outono.	119
5.37. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de outono.	121
5.38. Umidade Relativa (UR), nos diferentes modelos para os horários em estudo no período de outono.	122
5.39. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de outono.	123
5.40. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de outono.	125

5.41. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de verão.....	132
5.42. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de inverno.....	133
5.43. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de primavera.....	134
5.44. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de outono.....	135

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
1.1. Balanço da produção, consumo, exportação e importação de carnes no mundo, 1997, % sobre o total.....	1
1.2. Balanço das carnes no mundo: crescimento médio anual, 1993-1998,%.....	1
1.3. Produção de carne de aves, 1000t, 1993-1998, por país: os 10 maiores e total.....	4
1.4. Evolução Relativa (%) do alojamento estadual e regional de pintos de corte, 1981, 1985, 1989, 1993, 1997.....	5
1.5. Evolução do Frango de Corte ao longo do anos.....	5
3.1. . Efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a perda evaporativa de calor em aves adultas.....	16
4.1. Dimensões dos modelos em escala real e distorcida.....	52
5.1. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.....	69
5.2. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, de verão.....	71
5.3. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.....	73
5.4. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.....	74
5.5. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.....	76
5.6. Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de verão.....	78
5.7. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.....	87

5.8. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, de inverno.	89
5.9. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.....	91
5.10. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.....	92
5.11. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.	94
5.12 Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de inverno.....	96
5.13. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.	102
5.14. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, de primavera.....	104
5.15 Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.....	106
5.16. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.....	107
5.17. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.....	109
5.18 Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de primavera.	111
5.19. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.....	118
5.20. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, de outono.....	120
5.21. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.....	122

5.22. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.	123
5.23. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.	125
5.24. Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de outono	127
5.25. Ganho de peso de lotes mistos da linhagem Arbor – Acres ao longo das semanas de criação.	130
5.26. Tratamentos utilizados na análise de regressão	131

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar a eficiência térmica de instalações para frangos de corte com duas diferentes orientações: leste - oeste e norte - sul. Também foi verificada a influência do uso de ventilação forçada no comportamento térmico dos aviários, além de ter sido observada a eficiência do sombreamento de árvores em telhados orientados, em seu maior comprimento na direção norte - sul. O trabalho foi realizado em modelos em escala distorcida, representando aviários, localizados na Área Experimental do Departamento de Construções Rurais da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, latitude de 22° 54-S, longitude de 47° 05-N e altitude de 674 metros. Foram construídos cinco modelos em escala, dois com orientação leste - oeste e três modelos com orientação norte - sul. Os abrigos voltados para a orientação norte - sul, tiveram seus telhados sombreados por árvores plantadas nas suas laterais, com a finalidade de reduzir a carga térmica de radiação, que incide nos diferentes planos das instalações: paredes e cobertura. Em um dos abrigos de cada orientação utilizada, leste - oeste e norte - sul, foram instalados ventiladores, para que seu desempenho térmico fosse comparado com abrigos sem ventilação forçada. A partir dos dados meteorológicos coletados, foi calculado o balanço térmico de cada abrigo, e também a carga térmica de radiação incidente. Com a finalidade de observar se houve diferenças significativas, em termos de conforto térmico entre os modelos com diferentes orientações, foi feita uma análise estatística de comparação de médias, entre os dados de produção simulados através de um *software* de simulação, e também, entre os dados de carga térmica e de balanço térmico, obtidos nos modelos em escala reduzida. Concluiu-se que as instalações com orientação norte - sul quando sombreadas e ventiladas artificialmente, apresentaram o mesmo desempenho térmico que as instalações com orientação leste - oeste ventiladas artificialmente, nas estações mais quentes do ano (primavera e verão). Nas estações mais frias do ano (outono e

inverno), as instalações com orientação norte – sul sombreadas e ventiladas artificialmente, apresentaram um desempenho térmico superior às instalações com orientação leste – oeste.

1. INTRODUÇÃO

A grande expansão do consumo protéico - animal, verificada nos últimos vinte anos tem alcançado níveis explosivos nos últimos dez, devido fundamentalmente à carne de aves, que se tornou ao longo dos anos mais abundante, mais acessível, mais segura e conveniente ao consumidor.

A carne suína continua na liderança de produção e consumo mundial, sendo seguida pela carne de aves, que se encontra em primeiro lugar nas exportações mundiais. Em terceiro lugar em termos de produção e consumo, se encontra a carne bovina, como pode-se observar na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Balanço da produção, consumo, exportação e importação de carnes no mundo, 1997, % sobre o total.

	Carne			
	Suínos	Aves	Bovinos	Ovinos
Produção	42,31	28,32	25,64	3,72
Consumo	42,88	27,90	25,59	3,63
Exportação	16,89	41,65	35,85	5,61
Importação	17,55	43,29	35,54	3,63

Fonte: Censo Avícola 1997.

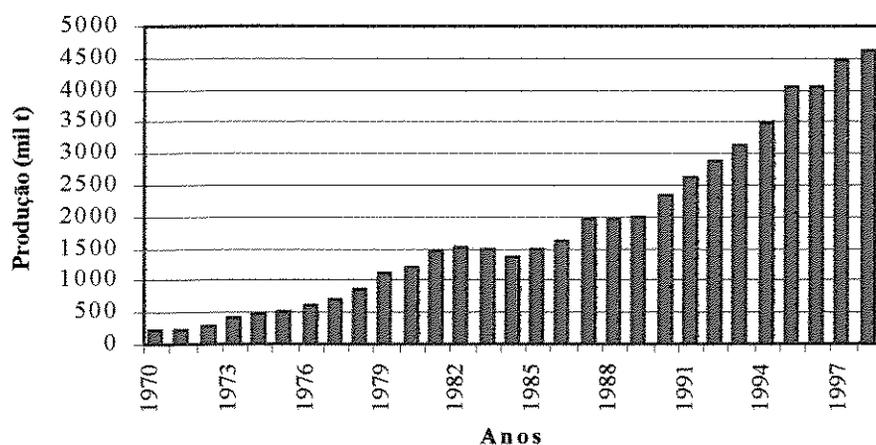
Nos últimos cinco anos, a carne de aves foi a que atingiu o maior crescimento médio em produção, consumo, exportação e importação no mundo, como se pode observar na Tabela 1.2.

Tabela 1.2. Balanço das carnes no mundo: crescimento médio anual, 1993-1998,%

	Carne				
	Suínos	Aves	Bovinos	Ovinos	Total
Produção	3,80	6,77	1,22	1,87	3,76
Consumo	3,76	6,66	1,32	2,00	3,74
Exportação	6,28	20,27	0,97	0,76	7,26
Importação	6,19	22,94	2,85	0,57	9,11

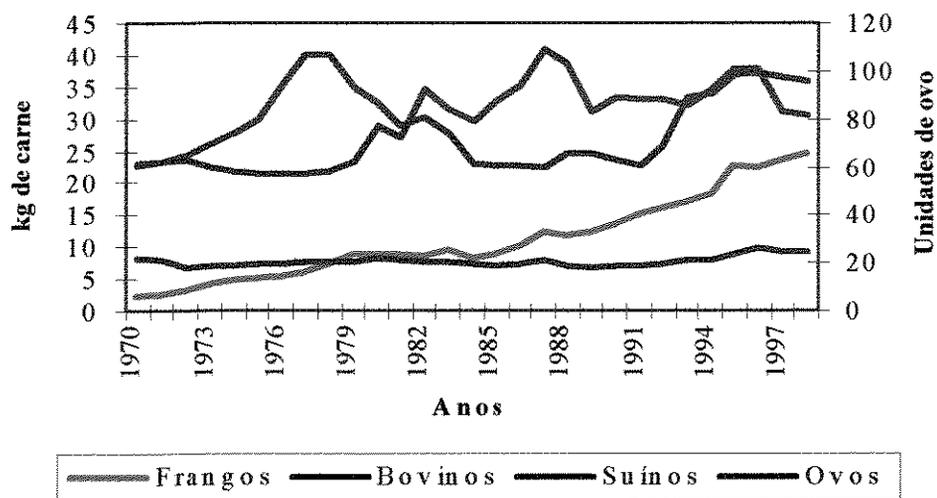
Fonte: Censo Avícola 1997.

Nas Figuras 1.1 e 1.2 pode-se observar o aumento na produção de carne de frango brasileira, assim como na evolução do consumo da carne de frango ao longo dos anos, comparado ao consumo de outros tipos de carne e ovos.



Fonte: Censo Avícola 1997.

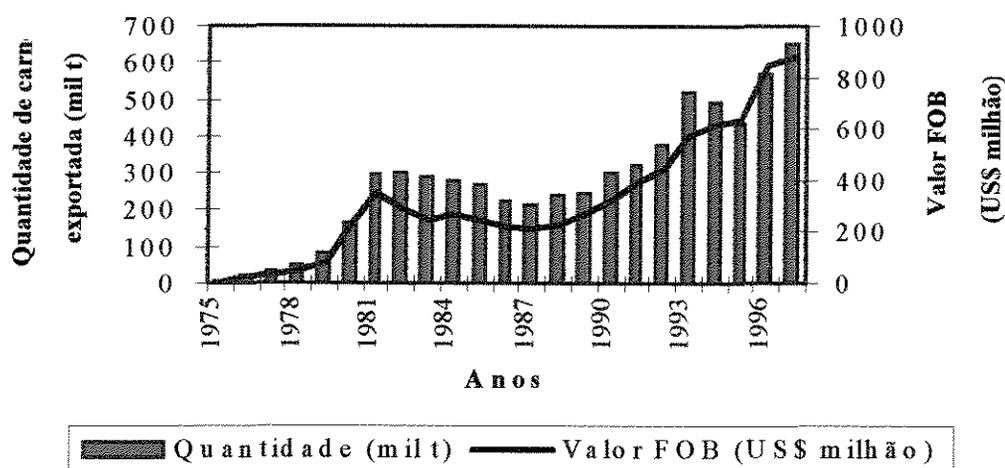
Figura 1.1. Evolução da produção brasileira de carne de frango, mil t, 1970-1998.



Fonte: Censo Avícola 1997.

Figura 1.2. Evolução no consumo *per capita* de carnes e ovos no Brasil, 1970-1998.

Ao longo dos anos observa-se um aumento significativo na exportação de carne de frango, com forte crescimento das exportações de partes em detrimento das exportações de frangos inteiros. Em 1997, o Brasil atingiu novo recorde histórico nas vendas externas de carne avícola, chegando a praticamente 650 mil t de carnes exportadas, como pode-se observar na Figura 1.3.



Fonte: Censo Avícola 1997.

Figura 1.3. Exportações brasileiras de carne de frango e seu valor, 1975-1997.

No Brasil, o maior alojamento de pintos de corte está nos estados do sul e sudeste, onde Santa Catarina e São Paulo são os estados de maior produção, respectivamente. Em 1997, o estado de São Paulo alojou 21,08% dos pintos de corte alojados no país, e Santa Catarina 18,54%. A Tabela 1.4 mostra a evolução relativa do alojamento regional de pintos de corte.

Pode-se observar na Tabela 1.4 que nos últimos anos, a produção de frangos de corte tem crescido na região centro – oeste, grande produtora de grãos, onde estão sendo instaladas filiais das grandes empresas integradoras de frangos do país.

Tabela 1.3. Produção de carne de aves, 1000t, 1993-1998, por país: os 10 maiores e total.

Países	Anos					
	1993	1994	1995	1996	1997	1998*
EUA	12.396	13.206	13.786	14.522	15.021	15.943
China	5.736	7.550	9.347	10.746	12.500	14.000
Brasil	3.211	3.491	4.140	4.144	4.441	4.710
França	1.875	1.961	2.083	2.206	2.307	2.340
México	1.422	1.1.483	1.554	1.600	1.680	1.750
Reino Unido	1.294	1.358	1.394	1.443	1.477	1.509
Japão	1.368	1.258	1.282	1.249	1.235	1.225
Itália	1.061	1.084	1.123	1.151	1.170	1.170
Tailândia	685	740	825	890	975	1.020
Espanha	840	880	910	950	955	960
Total	40.534	43.852	47.654	50.531	53.842	56.998

Fonte: Censo Avícola 1997.

O estado de São Paulo produz em média 53 milhões de frangos/mês, sendo que a capacidade instalada é de 67,5 milhões de cabeças/mês. Segundo o Censo Avícola de 1997, 91 % das granjas produtoras de frango do estado de São Paulo têm capacidade de alojamento limitada a 50 mil aves, portanto, os pequenos produtores são a grande maioria dos avicultores paulistas. O estado de São Paulo, de acordo com o Censo, possui 2.984 estabelecimentos produtores de frangos de corte.

Devido à revolução tecnológica pela qual a exploração avícola tem passado, as atuais granjas podem ser caracterizadas como verdadeiras “fábricas” de produção de proteína animal.

A Tabela 1.5 mostra o resultado do melhoramento genético, que tem buscado, ao longo dos anos, uma ave cada vez mais pesada, com uma melhor conversão alimentar, em um menor tempo de alojamento.

Tabela 1.4. Evolução Relativa (%) do alojamento estadual e regional de pintos de corte, 1981, 1985, 1989, 1993, 1997.

Região	Anos				
	1981	1985	1989	1993	1997
SE	43,20	35,96	34,06	33,96	32,08
S	45,5	53,84	53,97	50,97	51,64
CO	1,22	1,44	0,53	3,16	6,55
NE	0,36	0,45	0,32	0,46	0,40
N	1,15	1,16	1,27	1,49	1,27
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Censo Avícola 1997.

Tabela 1.5. Evolução do Frango de Corte ao longo do anos.

Ano	Peso do Frango	Conversão Alimentar	Idade de Abate
1930	1.500	3,50	15 semanas
1940	1.550	3,00	14 semanas
1950	1.800	2,50	10 semanas
1960	1.600	2,25	8 semanas
1970	1.800	2,00	7 semanas
1980	1.700	2,00	7 semanas
1984	1.860	1,98	45 dias
1989	1.940	1,96	45 dias
2001*	2.240	1,78	41 dias

* Peso estimado

Fonte: Censo Avícola 1997.

O conforto térmico no interior de instalações avícolas é fator altamente importante, já que condições climáticas inadequadas afetam consideravelmente a produção de frangos de corte. O excesso de frio e principalmente, o excesso de calor, para nossa condição de país tropical, revertem em uma menor produtividade das aves, afetando seu crescimento e sua saúde, o que pode levar a situações extremas, como o acréscimo da mortalidade dos lotes.

Os animais domésticos geneticamente desenvolvidos, como é o caso do frango de corte, possuem em geral uma capacidade moderada para se proteger do calor intenso. A maioria desses

animais, em fase de produção, tem seu potencial de termorregulação melhor desenvolvido para reagir ao frio. Conseqüentemente, em ambientes onde a temperatura é crítica para a ave, torna-se importante reduzi-la, através do controle do ambiente da edificação.

É necessário que ocorra uma modificação das construções para que os ambientes se adequem a uma máxima produtividade, minimizando os problemas gerados pelo excesso de calor, na criação intensiva de aves. Desta forma serão alcançados benefícios para o acréscimo da produtividade das aves e conseqüentemente, benefícios econômicos aos produtores.

Para que isso ocorra, o ambiente térmico das instalações deve ser bem dimensionado em seu projeto inicial, levando-se em conta os materiais de construção, a localização da estrutura na propriedade, sua geometria, orientação em relação ao sol, além da previsão da necessidade e instalação de equipamentos de resfriamento eficientes, que sejam utilizados de maneira adequada, e economicamente viáveis.

Muitos são os fatores construtivos de uma edificação que podem afetar o conforto térmico de frangos de corte em criação intensiva. Entre eles, encontra-se o tipo de orientação das edificações.

A orientação leste - oeste é recomendada atualmente por técnicos envolvidos na área de construções rurais, com a finalidade de evitar a incidência direta de radiação solar nas aves. Porém, ainda não foi cientificamente comprovado se a orientação no sentido leste - oeste é realmente a mais indicada para nossas condições de país tropical e subtropical. Nos países de clima temperado, nos anos 50, recomendava-se utilizar a orientação norte - sul nos aviários com a finalidade de que a entrada de sol pelas laterais da instalação auxiliasse na desinfecção da cama.

Atualmente nos países de clima temperado, se preconiza a orientação leste - oeste nas instalações avícolas, porém é comum o uso de isolamento nos telhados e paredes, o que diminui

substancialmente a carga de radiação direta que incide sobre a instalação, reduzindo o calor que é transmitido para o interior do abrigo via condução.

As instalações orientadas na direção leste - oeste em seu maior comprimento permitem que a incidência do calor total radiante provindo do sol se concentre durante todo o decorrer do dia sobre o telhado. A utilização de forro em coberturas aumenta sua inércia térmica, retardando ou impedindo a entrada de calor por condução no ambiente. No Brasil, o uso de forros é antieconômico, e muitas vezes não é recomendado em regiões onde predominem altas taxas de umidade relativa, por facilitar a ocorrência de condensação de umidade do ar no próprio material poroso do forro, que troca o ar, responsável pelo isolamento, por água. Isso que torna o forro apenas mais uma barreira física para a entrada do calor de radiação solar.

Os galpões com orientação norte - sul e sombreados podem ser uma solução para evitar a entrada de sol através das laterais das instalações, além de reduzir a carga térmica de radiação incidente, através do sombreamento da cobertura. Neste caso, o telhado, possuindo um sombreamento bem dimensionado, permite a incidência de radiação solar direta, somente quando o sol estiver “a pino”, o que ocorre num espaço pequeno de tempo: entre as 11:00 e 13:00 horas da tarde, o que provavelmente pode reduzir a concentração de calor no interior dos aviários.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi comparar a eficiência térmica de instalações para frangos de corte com diferentes orientações: leste - oeste e norte - sul.

Como objetivos específicos, tem-se:

1. Comparar a eficiência térmica de instalações avícolas com duas diferentes orientações: leste - oeste e norte - sul, em modelos em escala reduzida, tendo como parâmetros de comparação a carga térmica de radiação incidente nos abrigos e o cálculo de seu balanço térmico total, além dos dados de produção dos frangos de corte obtidos através de um programa de simulação.

2. Verificar a influência da ventilação forçada no comportamento térmico de aviários, construídos em duas diferentes orientações: norte - sul e leste - oeste.

3. Quantificar a eficiência do sombreamento de telhados com cumeeira voltada para a direção norte - sul no desempenho térmico de instalações avícolas, e seu reflexo no desempenho produtivo dos frangos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Estresse térmico em frangos de corte

3.1.1. Zona de termoneutralidade

A produtividade ideal, na avicultura de corte, pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como para acionar seu sistema de refrigeração, a fim de resistir ao calor ambiental.

Quando os fatores combinados de temperatura e umidade relativa ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental das aves, denominada de “zona termoneutra”, sua habilidade de dissipar calor é reduzida. A porcentagem de energia ingerida pelas aves que é destinada ao ganho de peso é da ordem de apenas 20%. É imprescindível atingir um microclima ideal dentro do galpão, a fim de atingir-se uma eficiência alimentar ótima, segundo TEETER, (1993).

De acordo com MACARI et al (1994), o pinto recém nascido possui uma grande relação entre área e volume corporal, o que ocasiona dificuldades na retenção do calor corporal. Além disso, sua capacidade de termorregulação ainda não está bem desenvolvida até 10 a 15 dias após nascimento. As aves jovens necessitam, portanto, de uma fonte externa de calor para manter a temperatura ambiente em aproximadamente 35°C, mantendo sua temperatura corporal constante, entre 39 e 40°C. Com o desenvolvimento de seu sistema termorregulador e o aumento de sua

reserva energética, sua temperatura crítica superior passa de 35°C para 24°C em quatro semanas chegando a 21°C na sexta semana de vida, já próximo ao abate. Nesta fase, a temperatura corporal dos frangos adultos na zona termoneutra é de 41°C.

Comparando-se a temperatura interna das aves com a de outros mamíferos, observa-se que, além de ser mais alta, é mais variável, podendo, quando adultas, variar de 41 a 42°C. Tais variações se dão de acordo com a idade das aves, peso corporal, sexo, atividade física, consumo de alimentos e ambiente térmico no qual a ave está inserida (NORTH e BELL, 1990).

Pesquisas demonstraram que o aumento da temperatura corporal das aves é função da velocidade da elevação da temperatura ambiente. BOONE (1968) observou que a temperatura corporal das aves começa a aumentar quando a temperatura ambiente atinge rapidamente 30°C. Caso a temperatura suba gradativamente, a temperatura corporal das aves é mantida constante até a temperatura ambiente atingir 33°C (BOONE e HUGHES, 1971).

A literatura comenta que a faixa ideal de temperatura para um ótimo ganho de peso das aves não corresponde à faixa recomendada para uma eficiência alimentar ideal. KAMPEN (1984) observou em seus experimentos que a máxima taxa de ganho de peso para frangos de corte ocorre entre 10 e 22°C. Entretanto, a máxima eficiência alimentar ocorre aos 27°C. A taxa ótima de eficiência alimentar depende da relação entre o custo do produto final e o custo da ração.

ESMAY (1982), pesquisando o conforto térmico de frangos de corte, observou que, a partir da quinta semana de vida, são recomendáveis temperaturas oscilando entre 22 a 24°C e umidade relativa na faixa de 50 a 70%, para promover um ambiente termicamente confortável.

Já em CIGR (1992), afirma-se que aves adultas com cinco semanas de idade toleram temperaturas acima de 27°C, sem problemas com o nível de umidade relativa ao qual estão sendo

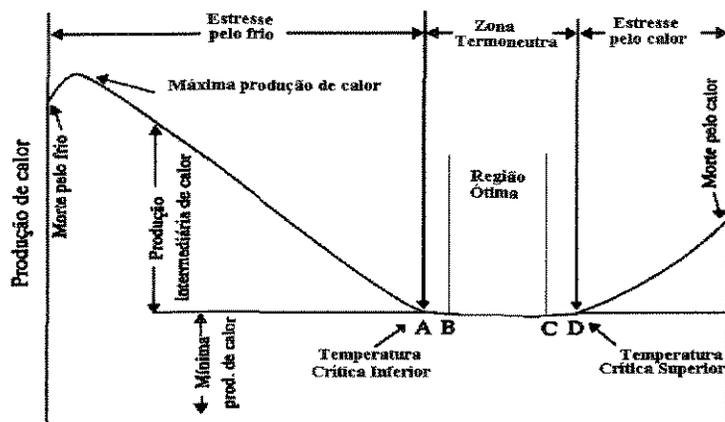
submetidas. Sob temperaturas ambientais maiores que 32°C e altas taxas de umidade relativa (acima de 75%) as aves são severamente estressadas.

WINN e GODFREY (1968) descrevem que níveis de umidade relativa acima de 80%, causam problemas com o aumento de fezes aquosas que ocasionam escurecimento das penas e aumentam a concentração de gases e odores nos aviários. Níveis de umidade relativa abaixo de 40%, são comuns de ocorrer na fase inicial de aquecimento dos frangos, devido ao excesso de calor gerado pelos aquecedores, que consomem o oxigênio e que reduzem excessivamente a umidade relativa, na altura das campânulas, aumentando a concentração de poeira dentro do aviário, o que favorece a disseminação de vírus e bactérias.

DEATON et al (1968), anteriormente observaram que frangos de aproximadamente cinco semanas de vida expostos a temperaturas acima de 26,7°C por um período de meia hora ou mais, tinham seu ganho de peso significativamente reduzido, em comparação a aves de mesma idade, submetidas a temperaturas menores que 26,7°C. Os autores constataram uma pior conversão alimentar para aves adultas, submetidas a temperaturas variando ciclicamente de 23,9 a 35°C, quando comparadas a aves em microclima estável de 21,1°C. Sabendo-se que o arraaçoamento das aves, principalmente em termos energéticos, representa até 75% do custo total de produção, maior ênfase deve ser dada ao microclima a que estas aves estão sendo alojadas, a fim de se evitar perda, tanto em mortalidade como na produtividade, pois em condições de extremo estresse térmico as perdas econômicas são altamente significativas.

A Figura 2.1 abaixo mostra a curva de produção de calor *versus* temperatura ambiental, onde pode-se identificar a faixa de termoneutralidade, na qual a ave desperdiça o mínimo de energia para se defender do calor ou frio. A posição desta faixa varia conforme a temperatura

ambiente, tamanho do animal, manejo, aspectos nutricionais e estrutura física da instalação, (FREEMAN, 1988)



T_A = Temperatura de conforto (mínimo calor metabólico produzido)

T_B = Temperatura crítica máxima

T_C = Temperatura crítica mínima

T_D = Temperatura de estresse térmico (máximo calor metabólico produzido)

Figura. 2.1. Produção de calor *versus* temperatura ambiente.

3.1.2. Efeitos do estresse térmico em frangos de corte

Dependendo da magnitude e da duração do estresse térmico por calor sofrido pelas aves, podem ocorrer desde pequenos decréscimos no ganho de peso até prostração e morte. Esses efeitos podem resultar de um fracasso no mecanismo fisiológico de termorregulação das aves, numa tentativa de compensar os efeitos do estresse térmico a que as aves são submetidas, segundo MITCHELL (1987).

As aves tentam, por sua vez, compensar sua reduzida habilidade de dissipar calor latente, em condições de estresse térmico, ativando os processos fisiológicos responsáveis pela dissipação de calor e pela diminuição da produção de calor interno. Para aumentar a liberação de calor para o ambiente

externo, as aves adotam um comportamento diferenciado, abrindo suas asas e mantendo-as afastadas do corpo. O sangue das aves migra para a superfície corporal, a fim de facilitar a dissipação do calor, segundo BOTTJE et al (1983).

RUTZ (1994) observou em seus estudos que, quando o ambiente térmico encontra-se acima da zona termoneutra, a atividade física é reduzida, diminuindo a produção interna de calor das aves. Desta forma, a ave passa a maior parte do tempo parada, prostrada e com as asas abertas. A vasodilatação que ocorre, quando estão submetidas a altas temperaturas, faz com que as cristas e barbelas aumentem de tamanho, participando com grande importância na perda de calor sensível por condução.

As pernas e os pés das aves possuem um sistema vascular bem desenvolvido, responsáveis pela perda de calor sensível para o ambiente, o que é facilitado pela ausência de penas (OTTEN et al, 1989).

Entre os meios que as aves possuem para liberar calor, WOLFENSON et al (1986) também se referem às cristas e barbelas, que, por serem áreas bem vascularizadas, contribuem no processo de perdas de calor sensível das aves. A perda de calor através de cristas e barbelas é maximizada em temperaturas ambientais acima de 30°C, através do aumento da migração do fluxo de sangue para a periferia do corpo do frango, facilitando a liberação do calor ao ambiente.

O meio mais efetivo para liberação de calor da ave para o ambiente é o evaporativo, que ocorre principalmente através do incremento na taxa respiratória das aves. Esse processo está diretamente ligado ao meio físico externo em que as aves estão inseridas. Quanto maior for a pressão de vapor do ambiente, maior é a dificuldade de liberação de calor por meios evaporativos, de acordo com MACARI et al (1994).

Estudos realizados por LINSLEEY e BERGER (1964) demonstram que para cada grama de água evaporada, são liberadas aproximadamente 55Kcal para o ambiente. Em condições de estresse térmico, as aves podem aumentar sua taxa respiratória de 25 movimentos respiratórios/min para 250 movimentos respiratórios/min.

Quando as aves são expostas a altas temperaturas, imediatamente aumentam seu consumo de água, enquanto que a redução no consumo de alimentos leva algumas horas para iniciar, após a temperatura ambiente atingir níveis acima de sua temperatura de termoneutralidade. A sobrevivência das aves em ambientes termicamente estressantes depende em grande parte do consumo de grandes volumes de água, o que aumenta o período de sobrevivência das aves, segundo FOX (1980). O acréscimo do consumo de água está diretamente relacionado ao aumento da demanda de água destinada ao processo de perda de calor por meios evaporativos. Em condições de estresse calórico, a água tem papel fundamental nos mecanismos de perda de calor, seja através do processo evaporativo, respiratório. O alto calor específico da água faz com que ela atue como “tampão de calor”, fazendo com que a temperatura corporal permaneça constante frente a flutuações ocorridas na temperatura ambiente.

Segundo MACARI (1996), o *turnover da água*, isto é, a troca de água no organismo das aves, é tanto maior quanto menor a ave. Isto implica no fato de que aves jovens também podem sofrer pelo calor, pois estão mais expostas à desidratação que as aves maiores. No caso da exposição a 35°C por quatro horas, pintos de sete dias perderam 12% de peso corporal, enquanto que frangos com 42 dias perderam 4 a 5% de seu peso corporal.

A quantidade de água ingerida pelo frango depende da idade da ave, além de outros fatores como temperatura ambiente e quantidade de sal adicionado à ração. NORTH e BELL (1990)

mostraram que em resposta à elevação da temperatura, as aves diminuem seu consumo de ração e aumentam o consumo de água. Para que o equilíbrio hídrico seja mantido, nas condições de estresse calórico crônico, aumenta a excreção de água pela urina e pelas vias respiratórias. A relação urina excretada/água ingerida é então mantida mesmo sob estresse calórico (BELAY e TEETER, 1993).

Deve-se ter um cuidado especial no manejo da água, associado com a qualidade e com a temperatura da mesma, mantendo os canos de distribuição sob o solo, caixa d'água protegida da radiação solar direta, e, se possível, isolada além de manter a vazão em níveis adequados, evitando o aquecimento para que as trocas de calor animal - água ingerida sejam mais efetivas. Sabe-se que a resposta das aves a altas temperaturas da água é desencadeada no nervo lingual, quando a temperatura da água ultrapassa os 24°C. A atividade nervosa deste nervo aumenta em até 10 vezes quando a temperatura atinge os 36°C. Desta forma conclui-se que são desejáveis temperaturas de água iguais ou menores que 24°C (MACARI, 1996).

A velocidade de perda de calor das aves é influenciada pela temperatura ambiental. Quando esta estiver em níveis próximos a 21°C, as aves perdem até 75% de calor através dos meios sensíveis: radiação, condução e convecção. Porém, quando a temperatura ambiental aproxima-se de sua temperatura corporal, em média 41°C, seu meio principal de perda de calor passa a ser a liberação de calor latente, através da evaporação, resultando em respiração ofegante. O ofego somente é eficiente, como meio de liberação de calor latente, quando a umidade relativa ambiental se encontra em níveis relativamente baixos, isto é, menores que 70%, de acordo com LASIEWSKI et al (1966).

De acordo com RUTZ (1994), a umidade relativa passa a ter importância no conforto térmico das aves, quando a temperatura ambiental atinge 25°C. Altas taxas de umidade relativa, associadas a temperaturas altas, fazem com que menos umidade seja removida das vias aéreas, tornando a respiração cada vez mais ofegante. A ave pode não ter capacidade suficiente para manter uma frequência respiratória alta o bastante para remover o excesso de calor interno, causando hipertermia, seguida de prostração e morte.

Na Tabela 3.1. pode-se visualizar o efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a perda evaporativa de calor em aves adultas.

Tabela 3.1. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a perda evaporativa de calor em aves adultas¹.

Clima	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Perda Evaporativa de Calor (%)
Normal, seco	20	40	25
Normal, úmido	20	87	25
Quente e seco	24	40	50
Quente e úmido	24	84	22
Muito Quente, seco	34	40	80
Muito Quente e úmido	34	90	39

¹ROMIJN e LOKHORST (1966)

Em experimentos realizados com frangos de corte, FABRÍCIO (1994) observou que aves adultas submetidas à temperatura e umidade relativa acima das faixas termoneutras aumentaram em até 10 vezes o número de movimentos respiratórios por minuto. A hiperventilação pulmonar leva a perdas significativas de CO₂, fazendo com que ocorram perturbações no equilíbrio ácido - básico sanguíneo das aves. Esse fato, dependendo do tempo de exposição das aves ao estresse, pode levá-las a óbito.

Na literatura, há pesquisas que indicam o momento em que as aves iniciam o processo de ofego. NORTH e BELL (1990) afirma que as aves começam a ofegar quando a temperatura

ambiente atinge 29°C. WANG et al (1989), em seus experimentos, observaram que as aves aumentam sua taxa respiratória quando expostas por 60 minutos a uma temperatura de 37°C e a uma umidade relativa de 45%. Entretanto, acredita-se que a uma temperatura de 32°C e umidade relativa de 50 a 60% as aves atinjam sua habilidade máxima de liberar calor por meios evaporativos (WILSON, 1948).

Segundo WANG et al (1989), o ofego ocasiona o aumento da perda de dióxido de carbono pelos pulmões, reduzindo a pressão parcial de dióxido de carbono e bicarbonato do plasma sanguíneo. Em consequência, a reduzida concentração de íons de hidrogênio no plasma ocasiona um aumento do pH sanguíneo, o que é comumente denominado de alcalose respiratória. Pesquisas indicam que a alcalose sanguínea em frangos inicia-se quando a temperatura ambiente atinge 35°C, o que pode levá-los a óbito.

A exposição das aves a altas temperaturas está associada ao declínio na pressão sanguínea e ao incremento na taxa de batimentos cardíacos. Porém, quando as aves permanecem por muito tempo submetidas à condição de estresse, a pressão sanguínea começa a aumentar e a taxa de batimentos cardíacos vai voltando ao normal, significando uma espécie de “adaptação” à condição contínua de estresse. Durante uma condição aguda de estresse térmico, o sistema cardiovascular das aves distribui sangue principalmente para as funções relacionadas com a termorregulação, reduzindo em até 44% a distribuição de sangue para funções secundárias como por exemplo a digestão (DARRE e HARRISSON, 1987).

A alimentação aumenta o metabolismo e, conseqüentemente, a quantidade de calor corporal, pois a digestão e a absorção de nutrientes geram energia, que liberada em forma de calor é chamada de "incremento calórico". Frente às variações de temperatura, há mecanismos de

compensação fisiológica, ou seja, existe uma redução de atividades, de forma a reduzir a produção de calor. As aves, de forma a maximizar a área de superfície externa corpórea, eriçam as penas e abrem as asas, para que haja perda de calor nas superfícies isoladas. Além disso, nota-se o aumento da perda evaporativa através da respiração e o aumento da excreção de urina e fezes (PEREIRA, 1991).

A redução do consumo de alimentos é uma das formas para diminuir a produção interna de calor (PEREIRA, 1991). Dietas desbalanceadas, onde o excesso de nutrientes oxidado ou eliminado, contribuem para o incremento da produção de calor, portanto a composição nutricional da ração tem influência direta na produção de calor metabólico.

De acordo com MATHER (1984), a temperatura do ar ao redor da ave, ou seja, seu microclima, é extremamente importante, porque afeta a energia requerida para sua manutenção. A energia da dieta requerida para manutenção do organismo tem relação inversa com a temperatura ambiente.

Ainda quanto à energia ingerida, deve-se ressaltar que, em geral, o nutricionista procura superalimentar as aves numa tentativa de superar os fatores do meio responsáveis pela baixa ingestão de alimento, principalmente no caso de temperaturas elevadas ou incidência de doenças. A literatura é bastante intensa em trabalhos sobre formulações com níveis elevados de determinados nutrientes, sendo os resultados, na maioria das vezes, conflitantes (CAMPOS, 1995).

A exigência energética é o principal fator regulador de consumo da ave, isto é, quando a temperatura ambiente aproxima-se de sua temperatura basal, a dissipação de calor corporal é minimizada, como já foi citado anteriormente, porém reduz-se também sua exigência energética. As

aves passam a consumir menos alimentos, reduzem seu ganho de peso e pioram sua conversão alimentar, (RUTZ, 1994).

Segundo REECE et al (1972), estas perdas econômicas provocadas pelo calor são especialmente importantes, pois ocorrem freqüentemente quando os frangos estão próximos de serem comercializados.

CAMPOS et al (1995), realizaram pesquisas com relação à perda de calor por radiação em idades diferentes. Sabendo-se que a perda de calor por radiação é função do diferencial das temperaturas entre a superfície corporal da ave e o ambiente, elevadas à quarta potência, torna-se relevante esse mecanismo de perda de calor, especialmente se forem adotadas medidas que o favoreçam.

Os autores observaram que independentemente da idade, a maior temperatura de superfície de frangos de corte se dá no pico mais elevado do sol, ou seja, quando o frango tem menor capacidade de dissipação de calor por radiação, enquanto que a menor temperatura superficial se dá antes do nascer do sol, quando a capacidade de perda de calor por radiação é máxima. Esses autores então, sugerem que o arraçoamento de frangos deve ser feito em períodos em que a ave tenha maior capacidade de dissipação de calor, pois terá seu apetite normal, sem sobrecarga térmica associada à ingestão, digestão e à absorção dos nutrientes da ração, culminando em uma menor taxa de mortalidade do lote.

3.1.3. Efeitos da amplitude térmica no desempenho das aves

Segundo SILVA (1995), a zona termoneutra das aves está relacionada com um ambiente termohigrométrico ótimo, onde a amplitude térmica é bem estreita e onde as aves encontram condições perfeitas para expressão de seu potencial produtivo.

A quantidade de energia radiante que atinge um plano horizontal determina as variações anuais de temperatura. Nas regiões localizadas próximo ao eixo do equador, as diferenças entre temperaturas máximas e mínimas são muito pequenas. À medida que se distancia do equador, as temperaturas máximas tendem a se elevar, e as mínimas a abaixar, o que culmina em uma maior amplitude térmica na região sul do país. Observa-se, então, que a maior incidência de altas amplitudes térmicas, está relacionada tanto com a época do ano, como também com a localização geográfica dos aviários.

O fato das instalações avícolas normalmente possuírem um baixo isolamento térmico, principalmente na cobertura, e a ventilação natural ou forçada ser o meio mais utilizado pelos avicultores para a redução de altas temperaturas nos aviários faz com que as condições ambientais internas se mantenham altamente sensíveis às variações diárias na temperatura externa, favorecendo a ocorrência de altas amplitudes térmicas diárias (ALBRIGHT, 1989).

MACARI e GONZALES (1990) constataram que o aumento na incidência de doenças metabólicas, como ascite e morte súbita, atualmente tem sido correlacionado mais diretamente com as flutuações da temperatura ambiente do que com problemas de falta de ventilação adequada. Quando foram comparados o desempenho de frangos mantidos a temperaturas constantes de 21 a 22°C com outros submetidos a flutuações de 17 a 35°C, observou-se que os índices de produtividade foram melhores para os frangos mantidos em temperatura constante, o

que resultou em menor incidência de doenças respiratórias e síndromes. Torna-se então de extrema importância o equilíbrio ambiental dos aviários, a fim de evitar o estresse ocasionado pelas flutuações de temperatura, comuns de ocorrer nas chamadas meias estações de outono e primavera, que aumentam a incidência de tais síndromes, culminando em um incremento na taxa de mortalidade ocorrida nos lotes.

3.2. A radiação solar.

A caracterização das estações do ano está ligada diretamente à inclinação do eixo da terra em relação ao posicionamento do sol. Desta forma, a orientação de uma instalação qualquer é afetada pela intensidade de radiação que atinge as diversas faces do prédio, ao longo das horas do dia (OLGYAY, 1992). No inverno, a uma latitude de 40° sul, a face norte de uma instalação recebe em média três vezes mais radiação solar que a soma da radiação que atinge as faces leste e oeste juntas. Já no verão, as faces norte e sul juntas, recebem somente metade da radiação recebida pelas faces leste e oeste. Em latitudes menores, como é o caso do estado de São Paulo, essas diferenças são mais pronunciadas, e, em caso de invernos atípicos, como é comum ocorrer nessas condições, a face norte de uma instalação será a mais afetada em termos de radiação incidente.

A ação direta do calor de radiação solar sobre a superfície terrestre ocasiona o seu aquecimento, ocorrendo concomitantemente o aquecimento do ar por convecção. A temperatura ambiente de um abrigo depende de seu balanço energético, que é função do calor incidente de radiação solar, do coeficiente de absorção, da condutividade e da capacidade térmica da superfície receptora. Tais variáveis físicas determinarão a transmissão e perda de calor através dos processos de condução, evaporação, radiação e convecção. Este processo faz com que a temperatura varie

de forma cíclica durante o dia e durante o ano. No transcorrer do dia, a temperatura ambiente atinge um valor máximo em torno de duas horas da tarde e um valor mínimo antes do nascer do sol.

Segundo OLGYAY (1992), a importância do calor solar para os abrigos varia de acordo com as regiões e estações do ano. Durante o inverno, o calor de radiação é desejável nos horários em que a temperatura ambiente é mais baixa, o que, em condições de clima tropical e subtropical, ocorre pela manhã, e pela tarde, após às 16:00 horas. Porém, na maior parte do ano, em que as altas temperaturas predominam, deve-se evitar ao máximo o efeito negativo da radiação solar excessiva que atinge os abrigos.

As três maiores fontes de calor em uma instalação avícola são: a radiação solar, o calor total produzido pelos próprios animais e a radiação emitida pelos arredores da instalação. O calor de radiação solar direta representa 75% do total de calor na forma de radiação que atinge uma instalação. Os fatores a serem considerados para reduzir o calor que chega na instalação via radiação solar direta, segundo SKEWES (1989), citado por MORGAN (1990), são o material do telhado, a orientação do prédio, a presença ou não de forro e a vegetação presente nos arredores da instalação.

Os animais, quando são abrigados em um ambiente sombreado, protegidos da radiação solar direta, tem o total de calor recebido reduzido. Porém, os locais sombreados são fontes de radiação de menor intensidade em termos de calor transmitido. Segundo GARRET et al (1967), um animal protegido da radiação solar direta, sob condições de estresse térmico, recebe 26% de radiação térmica difusa do solo exposto ao sol, 21% do horizonte, 14% do céu aberto, 18% do solo sombreado sob o abrigo e 21% de sua própria sombra.

MORGAN (1990), em estudos sobre a quantidade de radiação que atinge as instalações avícolas, observou que os valores variam com a época do ano, localização da instalação e outras particularidades do clima. A radiação solar atua com maior intensidade no telhado nas horas mais quentes do dia, possuindo um fluxo de calor 5 vezes maior que o calor gerado internamente na instalação. Em climas cujo verão é mais significativo que as estações frias, o telhado deve ser projetado de modo a não ser o maior responsável pelo ganho de calor do edifício. Sendo assim, NÄÄS (1992) sugere o uso de materiais de cobertura com maior inércia térmica, bem como o uso de um sistema de ventilação adequado e de isolamento térmico.

Aviários abertos, segundo CAB INTERNATIONAL (1995), são comumente orientados em seu maior comprimento na direção leste - oeste, tendo como objetivo aproveitar-se a radiação solar que entra pelas aberturas laterais na época de inverno. Porém, em climas nos quais a temperatura ambiente média se encontra acima dos 10°C, não há vantagem em orientar a instalação baseando-se somente no posicionamento do sol no inverno. Deve-se neste caso, considerar a direção predominante do vento na época mais quente do ano, e orientar a instalação perpendicularmente à mesma. Tratando-se de aviários totalmente fechados, com ambiente interno controlado pelo uso de ventilação forçada, deve-se levar em conta a direção predominante do vento para determinar a melhor orientação a ser dada ao galpão. Neste caso, deve-se evitar que o sistema de exaustão do ar fique voltado para a direção predominante dos ventos, o que prejudicaria a eficiência do processo de saída do ar.

BARRINGTON et al (1994) estudaram, na província de Ontario, Canadá, a melhor orientação para uma instalação totalmente aberta de suínos, tendo como base de comparação a melhor taxa de ventilação de verão obtida nas diferentes orientações utilizadas. A orientação

determinada como ideal foi aquela que apresentou um maior número de horas de ventilação de verão acima da vazão recomendada de $13,6 \text{ m}^3/\text{s}$. As orientações de 30° e 60° em relação ao norte foram as que apresentaram uma pior taxa de ventilação. Já a orientação de 150° a partir da direção norte foi a que apresentou uma melhor performance em termos de ventilação. As condições de experimentação foram de temperaturas entre 20° e 30°C .

Muitas teorias foram desenvolvidas para determinar-se a orientação ideal de um abrigo com base na incidência de radiação solar: REY et al (1931) determinaram um valor “heliotérmico” em sua teoria de orientação de abrigos. Esse valor consiste no produto da duração da insolação e da temperatura média predominante durante esse período de insolação. Calculando esse valor para várias insolações, os autores chegaram a uma orientação ideal de 19° leste, a partir do eixo norte, para o hemisfério norte, a qual, para as condições de hemisfério sul, poderia ser traduzida para 19° oeste, a partir do eixo norte. Neste caso, o sol da tarde durante o verão atingiria por um menor tempo a face oeste da instalação.

MARBOUTIN (1931) calculou a intensidade de radiação solar incidente nas fachadas de um abrigo, em várias orientações, e chegou às seguintes conclusões: para o hemisfério sul, a melhor solução, aproveitando-se do calor do inverno e evitando-se o calor no verão, seria orientar as fachadas principais para o norte. As fachadas orientadas para noroeste ou sudeste, oferecem a vantagem de regular melhor a insolação no interior do prédio, porém são mais frias no inverno e mais quentes no verão que a fachada norte. As fachadas orientadas para leste ou oeste são mais quentes no verão e mais frias no inverno que as demais. Analisando essa afirmação, observa-se que só é válida para latitudes maiores que 30° , onde o frio de inverno realmente é um problema. Neste caso, a fachada norte é a que recebe maior intensidade de radiação no solstício de inverno e menor intensidade de radiação no

solstício de verão. Estas teorias não consideram a variação da temperatura durante o dia, não levando em conta as temperaturas mais altas ocorridas no período da tarde.

Segundo OLIVEIRA (1993), os efeitos das orientações de prédios no hemisfério sul podem ser resumidos nas seguintes observações: a) a face orientada para o norte implica em maiores temperaturas no inverno, menor umidade e maiores ganhos em radiação e luminosidade; b) as faces orientadas para nordeste e noroeste, apresentam os mesmos efeitos da orientação norte porém em menor intensidade; c) a face com orientação leste, apresenta temperaturas menores no inverno, temperaturas altas no verão, umidade média, ganhos de radiação variável com máximos pela manhã; d) a face com orientação oeste proporciona ao abrigo temperaturas menores no inverno e altas no verão, umidade média e ganhos de radiação variáveis, com máximos pela tarde; e) a face com orientação sul, apresenta temperaturas menores no inverno e no verão, umidade mais alta e ganhos de radiação muito baixos no inverno.

No Brasil, as instalações mais utilizadas possibilitam o acesso controlado dos animais às áreas descobertas, segundo um critério estabelecido pelo criador, entretanto, sem parâmetros precisos de avaliação das condições ambientais, que caracterizam o desconforto térmico sofrido pelos animais (BRAY et al, 1994).

ERNST (1995), em suas pesquisas sobre produção de aves no Oriente Médio, atenta para o fato de que, durante o período quente do dia, a radiação sobre o telhado é extremamente elevada, o que aumenta a temperatura radiante dentro do galpão, diminuindo a capacidade de perda de calor por radiação. Sugere como alternativa para minimizar o problema a pintura do telhado com tinta branca (maior reflexão), uso de forro (maior isolamento) e a colocação de

folhagens, grama seca ou qualquer outro material que possa atuar como isolante térmico sobre o telhado.

Segundo BOTTCHEER et al (1990), as características de emissão e absorção de radiação térmica (onda longa) ou radiação solar (onda curta) são diferentes para as diversas superfícies, nestas duas regiões do espectro. A taxa de transmissão de calor inerente à radiação solar para os galpões no período em que o sol está “a pino” é geralmente muito maior que a transferência de calor por outras formas. Torna-se importante então a reflexão da radiação solar, que, logicamente, somente oferecerá benefícios diretos durante as horas de luz.

PARKER (1963), estudando o efeito de transmissão de calor em 14 combinações de materiais de cobertura expostos à radiação solar, verificou uma diferença significativa entre os efeitos obtidos pelos telhados com e sem forro. Os últimos apresentaram maiores índices de radiação logo abaixo das telhas. Entre as telhas sem forro, os materiais que apresentaram maior conforto térmico, minimizando a intensidade da radiação solar no interior de abrigos foram aço pintado de branco, folhas de alumínio cobertas com plástico branco e folhas novas de alumínio.

O pé direito também é fator preponderante na carga térmica de radiação resultante dentro de um abrigo GARRET et al (1967) verificaram que em locais com céu aberto, altas temperaturas e baixa umidade relativa, as instalações com 4,0m de pé direito tiveram uma Carga Térmica de Radiação (CTR) menor que instalações com pé direito de 2,0m. Em estudos da mesma natureza, ESMAY (1979) observou que instalações com pé direito de 1,83m reduziram a carga térmica de radiação em 9% no interior do abrigo, quando comparada com o ambiente externo. Com um pé direito de 3,66m, houve uma redução de 15% na carga térmica.

A dimensão de beirais é fator preponderante no sombreamento do interior de abrigos. Dentre alguns trabalhos feitos até então, pode-se citar HARDOIM e LOPES (1993), que puderam concluir que, em instalações com pé direito de 3 m, fachadas com orientação norte e com beiral de 1,80m, não haverá problemas com insolação no seu interior. Já as fachadas sul poderiam ter beirais menores variando de 1 a 1,40m, conforme a latitude varia de 18 a 34°C. RODRIGUES e ARAÚJO (1995), em seus estudos sobre dimensionamento de beiral em instalações avícolas orientadas na direção leste - oeste, na latitude de 22° 47' S, concluíram que o uso de coberturas com maiores inclinações (20 a 30%) ocasiona melhores condições de conforto térmico no interior dos abrigos. A melhor dimensão obtida pelos autores foi a de 2,0m. Dimensões maiores não ocasionariam melhoria significativa nas condições de conforto.

Em estudos realizados por NEUBAUER et al (1966a, 1966b, 1968 e 1969) no hemisfério norte, com a finalidade de verificar a influência das dimensões, formato e orientação de instalações para abrigo de animais, observou-se que quando um abrigo com formato retangular é orientado em seu maior comprimento na direção leste - oeste, a temperatura ambiente do interior do abrigo é menor que a temperatura obtida em abrigos com o mesmo formato, orientados em seu maior comprimento para a direção norte - sul. Observou-se que, mesmo pintando o telhado do abrigo orientado na direção norte - sul com tinta refletiva branca, sua temperatura interna continua sendo maior que a do abrigo orientado na direção leste - oeste, sem pintura no telhado.

BUFFINGTON e SKINNER, (1980) estudaram o efeito da radiação solar e da velocidade do vento no balanço térmico de uma instalação típica para abrigo animal (com forma retangular), simulando quatro diferentes orientações, em sete diferentes localizações dos Estados Unidos da América, com latitudes variando de 30° a 46°N. Os resultados indicam que orientar o prédio em

relação ao posicionamento do sol é mais efetivo durante o verão do que orientá-lo favoravelmente à entrada de ventos dominantes, quando se deseja reduzir o ganho total de calor na instalação. Verificou-se que, no período de primavera - verão, o prédio orientado na direção nordeste - sudoeste foi o que apresentou maior ganho de calor em seu interior, porém não diferindo muito do prédio com orientação norte - sul. O prédio com orientação leste - oeste foi o que obteve menor ganho de calor em todas as localidades durante todas as estações do ano.

BOND et al (1976) realizaram um estudo na Califórnia com finalidade de verificar a efetividade de sombras originadas de coberturas com várias inclinações em várias localidades dos Estados Unidos. As coberturas possuíam uma área de $2,4\text{m}^2$, altura de 1,8m do piso e eram cobertas com telha de alumínio pintadas de branco na face superior e de preto na face inferior. Não se observou diferença entre as cargas térmicas radiantes obtidas sob as coberturas com diferentes inclinações e orientações, em todos os locais de estudo. Observou-se porém que, em todos os locais de estudo, as sombras provenientes de telhados inclinado foram mais eficientes, principalmente em termos de área sombreada, do que as sombras obtidas sob telhados planos. Os autores atentaram para o fato de que, na região da Califórnia, o sombreamento de animais chega a reduzir 230 W/m^2 na superfície de pele dos animais exposta ao sol.

3.2.1. Cálculo da carga térmica de radiação

Nos climas tropicais e subtropicais, os telhados de abrigos para aves não são adequadamente isolados e, geralmente, apresentam pé-direito baixo. Mesmo que a temperatura ambiente não seja excessiva, a radiação que passa pelo telhado, por condução, para o interior da instalação faz com que

aumente a temperatura total do ambiente, resultando em queda no ganho de peso e na eficiência alimentar das aves (GRIFFIN e VARDAMAN, 1971).

BOND et al (1976) sugerem duas maneiras de quantificar o calor de radiação presente no interior de determinado ambiente. Uma delas é a denominada temperatura média radiante, (TMR), definida como a temperatura uniforme de um meio com superfícies negras, dentro do qual um objeto qualquer troca a mesma quantidade de energia por radiação que trocava em um ambiente real qualquer. Outro meio seria o cálculo da carga térmica de radiação (CTR), que é definida como sendo o total de radiação recebida por um objeto, proveniente do ambiente ao seu redor. Os autores sugerem a equação 3.1 para a obtenção da TMR.

$$TMR = 100 \cdot [2,51 \cdot (\sqrt{vv} \cdot (tg - tbs)) + (tg/100)^4]^{0,25}, \text{ em K.} \dots\dots\dots \text{eq. (3.1)}$$

onde :

tg = temperatura de globo, K.
 tbs = temperatura de bulbo seco, K.
 vv = velocidade do vento, m/s.

A carga térmica de radiação pode ser determinada pela equação 3.2.

$$CTR = \sigma * TMR^4 \dots\dots\dots \text{eq. (3.2)}$$

onde:

σ = constante de Stefan - Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W. K}^4/\text{m}^2$)

A temperatura de globo, utilizada na determinação tanto da temperatura média radiante como da carga térmica de radiação, é obtida através da utilização do termômetro de globo. Este equipamento foi desenvolvido por Vernon em 1932, e consiste em uma esfera oca de cobre com 150mm de diâmetro, recoberta com tinta preta fosca, com um sensor térmico no seu centro (NÄÄS, 1989).

O termômetro de globo permite obter com segurança e continuamente a temperatura média radiante de um ambiente qualquer, fornecendo dados para avaliar a efetividade de sombras, indicando os efeitos combinados da energia radiante, da temperatura do ar e da velocidade do vento, que são três importantes indicadores do estresse térmico animal (ESMAY, 1982).

3.2.2. Cálculo do Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

Muitos índices tem sido utilizados para expressar o conforto animal em relação a dado ambiente, dentre as quais está o Índice de Temperatura de Globo e Umidade “ITGU” que foi desenvolvido por BUFFINGTON et al (1981), sendo dado pela seguinte equação:

$$ITGU = T_g + 0,36T_{po} + 41,5 \dots \dots \dots \text{eq. (3.3)}$$

onde:

T_g = temperatura de globo negro, (°C)

T_{po} = temperatura de ponto de orvalho, (°C)

O ITGU é um índice de conforto térmico animal que leva em conta a temperatura de globo, indicadora tanto da temperatura ambiente como da temperatura radiante, também sendo influenciada pela velocidade do vento, devido à própria geometria esférica do termômetro de globo. O ITGU também leva em conta para seu cálculo a umidade relativa ambiental, que no caso é expressa pela temperatura de orvalho.

3.3. Balanço térmico em instalações avícolas.

Em estudos arquitetônicos sobre a orientação de edificações no meio urbano, OLGAYAY (1992) observou que o calor do ar que entra em um abrigo age em conjunto com a radiação solar

incidente sobre ele, proporcionando sensação de conforto ou desconforto ao corpo humano. Extrapolando estes estudos à zona rural, o cálculo do efeito da radiação térmica que incide sobre uma instalação animal deve considerar o calor que entra e sai da edificação por convecção, através do efeito da ventilação, no cálculo do calor total produzido, além de sua habilidade de manter os níveis internos de temperatura próximos à zona de conforto.

ALBRIGHT (1989), calculando o balanço térmico de uma instalação, considera, além do calor que atinge o abrigo via radiação solar, outras formas de calor que entram e saem de uma instalação. São eles: calor sensível e latente liberado pelas próprias aves, calor gerado por equipamentos e luzes em geral, calor que entra e sai via ventilação natural ou forçada, calor que entra na instalação via condução através do piso, paredes, janelas, cortinas e do próprio telhado, calor latente produzido pela evaporação da cama, dos excrementos e de qualquer forma líquida presente na instalação, além do calor de radiação que entra na instalação provindo dos seus arredores. O importante, para que a instalação forneça condições de conforto às aves, é que seu balanço térmico seja igual a zero. O calor gerado no interior da instalação, somado ao calor recebido do meio ambiente externo, deve ser igual ao calor perdido através das trocas térmicas por radiação, convecção, condução e evaporação. Caso contrário, as aves necessitam defender-se do meio estressor provocado pelo acúmulo positivo de calor, ativando seus mecanismos termorreguladores.

Para a condição ideal de conforto térmico em uma instalação animal qualquer, a equação geral de balanço térmico pode ser expressa por:

Ganho de calor - perda de calor = 0, isto é, Ganho de calor = perda de calor

Em uma instalação sob condição de estresse térmico, a equação geral de balanço térmico, é expressa por:

$$\text{Ganho de calor} - \text{perda de calor} = x$$

onde:

x = concentração de calor no interior da instalação.

O ganho de calor é expresso por:

$$q_s + q_m + q_{so} + q_a + q_{vi}$$

onde:

q_s = fluxo de calor sensível liberado pelas aves, W.

q_m = fluxo de calor sensível produzido por motores, equipamentos e luzes, W.

q_{so} = fluxo de calor de radiação solar direta e difusa, entrando na instalação via radiação e condução, através do telhado, paredes, muretas e piso, W.

q_a = fluxo de calor produzido por sistemas de aquecimento, W.

q_{vi} = fluxo de calor entrando na instalação através da ventilação, W.

A perda de calor é expressa por:

$$q_{ve} + q_c + q_p + q_e$$

onde:

q_{ve} = fluxo de calor que sai da instalação via ventilação, W.

q_c = fluxo de calor que eventualmente sai da instalação por condução, via paredes e piso, W.

q_p = fluxo de calor sensível transferido para a área delimitada pelo perímetro de solo da instalação, W.

q_e = fluxo de calor latente produzido pela evaporação de água produzida pela respiração, excrementos e fermentação da cama, W.

A taxa de produção de calor sensível produzido pelas aves, q_s , é expressa em Watts, sendo calculado em função da temperatura ambiente. O calor total gerado em uma instalação é dado pela

multiplicação do número de animais presente, pelo calor em Watts produzido por uma única ave. O calor sensível produzido pelas aves é um subproduto da energia utilizada para a manutenção, o crescimento, produção e trabalho realizado pelas aves. No processo de utilização da energia consumida na forma de alimentos, ocorre geração de calor no corpo das aves e, dependendo da temperatura ambiente, esse excesso de calor é liberado para fora do corpo das aves em maior ou menor quantidade, por meio de processos de radiação, condução ou convecção. A equação 3.4 expressa a produção de calor sensível pelas aves.

$$q_s = \text{SHP} \cdot P \cdot n \dots\dots\dots \text{eq. (3.4)}$$

onde:

- q_s = produção de calor sensível pelas aves, W.
- SHP = produção de calor por kg de peso, W/kg.
- n = número de aves alojadas.
- P = peso das aves, kg

Já a taxa de calor sensível produzido por motores, equipamentos e luzes, q_m , expresso em Watts, também deve ser levado em conta no balanço térmico de instalações. As luzes incandescentes produzem calor em valor aproximadamente igual à sua potência instalada em Watts. Já as lâmpadas fluorescentes produzem mais calor que sua potência instalada, devido à presença do reator que gera mais 25% do calor total gerado pela lâmpada. No caso de motores, considera-se como produção de calor cerca de 60% da potência nominal dos aparelhos elétricos (FROTA e SHIFFER, 1995).

A taxa ganha de radiação solar, q_{so} , expressa em Watts, pode ser absorvida, refletida ou transmitida. Dependendo das características térmicas e da espessura do material de construção da instalação e principalmente do telhado, a instalação vai receber uma quantidade maior ou menor

de calor por radiação. A intensidade de radiação solar que atinge um abrigo é função da latitude, da época do ano, da altitude, da nebulosidade, da poluição, da orientação e inclinação do ângulo de incidência da superfície.

O ganho de calor solar advindo da energia solar incidente em uma instalação, é proporcional à área da superfície que está atingindo, e pode ser expressa pelas equações 3.5 e 3.6.

$$q_{so} = q_{op} \cdot A_t \dots\dots\dots \text{eq. (3.5)}$$

$$q_{op} = \alpha \cdot K / h_c \cdot I_g + K \cdot (t_e - t_i) \dots\dots\dots \text{eq. (3.6)}$$

onde:

q_{so} = calor total de radiação solar incidente, W.

q_{op} = quantidade de calor radiante que atinge uma superfície opaca, W/m.

α = coeficiente de absorção solar.

K = coeficiente global de transmissão de calor, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$.

h_c = coeficiente de condutância térmica superficial, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$.

I_g = intensidade global de radiação solar, W/m^2 .

A_t = área da superfície receptora, m^2 .

t_e = temperatura externa, $^\circ C$.

t_i = temperatura interna, $^\circ C$.

O calor produzido por sistemas de aquecimento, q_a , expresso em Watts, pode ser considerado como 100% da potência nominal produzida pelo sistema de aquecimento.

Estudos conduzidos por FROTA e SHIFFER (1995), e CROISSET (1974) demonstram que ocorrem trocas no volume total de ar do interior de uma instalação, e estas trocas são função das temperaturas internas e externas ao abrigo. Desta forma, a ventilação pode retirar ou adicionar calor ao abrigo, o que vai depender do diferencial de temperatura interna e externa. O calor que entra e sai da instalação através da ventilação, q_{vi} e q_{ve} , respectivamente, pode contribuir ou não para o aumento da carga térmica do interior da instalação. O balanço térmico de ventilação, segundo ASHRAE (1985), pode ser expresso pelas equações 3.7, 3.8 e 3.9:

$$Q_v = (\pm q_{ve} \pm q_{vi}) \dots \dots \dots \text{eq. (3.7)}$$

onde:

$$q_{ve} = F \cdot \delta \cdot c \cdot (t_e - t_i) \dots \dots \dots \text{eq. (3.8)}$$

$$F = E \cdot A \cdot V \dots \dots \dots \text{eq. (3.9)}$$

na qual:

q_{ve} = total de calor transmitido pelo ar de ventilação à instalação, W.

F = fluxo do ar de ventilação, m³/s.

E = eficiência das aberturas.

A = área das aberturas, m².

V = velocidade do vento, m/s.

δ = densidade do ar, kg/ m³.

c = calor específico do ar, J/kg°C.

t_e = temperatura do ar externo, °C.

t_i = temperatura do ar interno, °C.

Neste modelo, a eficiência de aberturas utilizada é:

$E = 0,5$ a $0,6$ para direcionamento do vento perpendicular às aberturas.

$E = 0,25$ a $0,35$ para direcionamento do vento em outros ângulos diferentes de 90° das aberturas.

O calor removido da instalação pela ventilação é dado pela equação 3.10.

$$q_{vi} = \varepsilon \cdot N \cdot V \cdot (t_i - t_e) \dots \dots \dots \text{eq. (3.10)}$$

onde:

ε = constante experimental, W/m³°C.

N = número de renovações de ar por minuto.

V = volume do prédio, m³.

t_e = temperatura do ar externo, °C.

t_i = temperatura do ar interno, °C.

Segundo NÄÄS (1986), o número de renovações de ar por minuto, varia de 0,1 a 1,0, dependendo da velocidade do vento. Para velocidades menores que 0,3m/s, $N=0,1$; para

velocidades entre 0,3 e 1,0m/s, $N=0,3$; para velocidades entre 1,0 e 3,0m/s, $N=0,4$; e para velocidades maiores que 3,0m/s, $N=1,0$.

A perda de calor por condução via paredes, telhados, e piso, q_c em Watts, também é função do diferencial de temperatura interna e externa ao abrigo, além de ser diretamente dependente da resistência térmica dos materiais em questão. É dada pela equação 3.11.

$$q_c = \sum_n \cdot (A / R)_n \cdot (t_i - t_e) \dots\dots\dots \text{eq. (3.11)}$$

onde:

- n = superfícies trocando calor
- A = área de transferência, m^2 .
- R = resistência térmica dos materiais, $m^2\text{°C/W}$
- t_e = temperatura do ar externo, °C .
- t_i = temperatura do ar interno, °C .

O calor sensível transferido para o perímetro de solo da instalação, q_p , em Watts, segundo ALBRIGHT (1989), pode ser calculado pela equação 3.12.

$$q_p = F \cdot P \cdot (t_i - t_e) \dots\dots\dots \text{eq. (3.12)}$$

onde:

- F = fator pré determinado de perda de calor (1,4 a 1,6 W/m K)
- P = perímetro da instalação, m.
- t_e = temperatura do ar externo, °C .
- t_i = temperatura do ar interno, °C .

O calor latente é produzido pela evaporação de água produzida pela respiração, excrementos e fermentação da cama, cuja taxa é expressa por q_e , em Watts, os quais são processos de conversão de calor sensível em calor latente, sendo considerados como meios de perda de calor para o ambiente.

3.4. Orientação das Instalações

Ao longo dos anos, poucos estudos foram realizados com o objetivo de verificar especificamente qual orientação deve ser usada na construção de uma instalação avícola. Existem recomendações baseadas em dados empíricos em observações feitas ao longo do tempo.

A localização de uma instalação, em termos de orientação quanto aos pontos cardeais, é fator de extrema importância na construção, tanto urbana como rural. Dependendo da época do ano, alguma face da instalação receberá maior índice de insolação, tanto em termos de radiação solar direta como difusa, de acordo com a trajetória do sol. Este fato irá influenciar na carga térmica total, que é transmitida para o interior da instalação. A carga térmica incidente em um abrigo a ser construído, segundo GHELFI FILHO et al (1988), poderá ser reduzida, utilizando-se uma orientação adequada em relação ao sol. A Figura 2.2. mostra as diferentes trajetórias do sol, nos solstícios e nos equinócios.

A orientação leste - oeste para construções é recomendada universalmente, a fim de minimizar a incidência direta do sol sobre os animais através das laterais da instalação; porém, em certos locais, este tipo de orientação pode prejudicar a ventilação natural, podendo ser a orientação norte - sul mais recomendável, quando se faz o cálculo do balanço térmico total do abrigo. SMITH (1981) sugere que a radiação incidente nas laterais do abrigo pode ser amenizada através do uso de beirais maiores, além do plantio de árvores e arbustos ao redor da instalação.

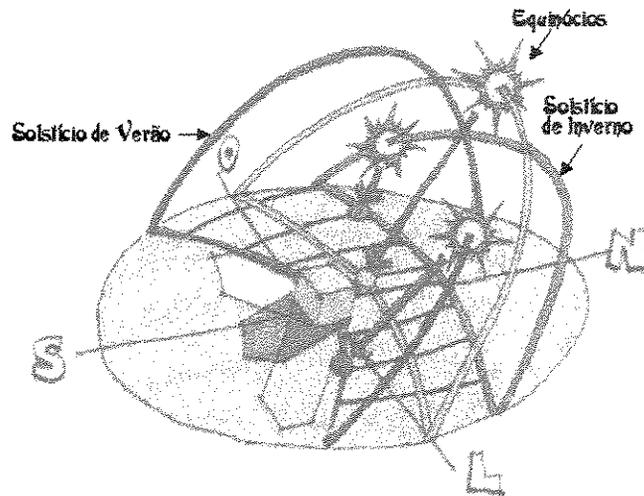


Figura 2.2. Trajetória do sol nos solstícios e equinócios. (Fonte: LAMBERTS et al, 1997).

TEETER e BELAY (1993) sugerem que as instalações devem possuir orientação leste - oeste, de forma a impedir a insolação direta sobre os animais. Os autores recomendam que a instalação seja totalmente aberta e que obstruções como árvores e arbustos sejam removidas das laterais da instalação, com a finalidade de que a ventilação seja otimizada em seu interior.

Nos anos cinquenta, os galpões construídos para abrigar bovinos leiteiros nos locais mais quentes da Califórnia geralmente possuíam orientação norte - sul, a fim de permitir a entrada de radiação solar através de suas laterais, facilitando a secagem das excreções dos animais. Porém KELLY

et al (1950) observaram que os galpões voltados para a orientação leste - oeste, onde a radiação solar não atingia diretamente o interior dos abrigos, apresentavam temperaturas internas menores.

Em estudos sobre a melhor orientação a ser utilizada em edificações para as condições de latitude 0 a 30°S, GHELFI FILHO et al (1988) chegaram à conclusão que, para uma geometria clássica de instalação animal a carga térmica de radiação incidente no abrigo com orientação leste - oeste em seu maior comprimento chegou a ser 74% menor que a carga obtida no mesmo abrigo, com orientação norte - sul. Torna-se importante salientar que as cargas térmicas obtidas são referentes à radiação total incidente, sendo que os valores de radiação absorvida não foram calculados.

Estudando a geometria de ambientes a partir da análise de seu desempenho térmico, ALUCCI et al (1986) levaram em conta a orientação das edificações e o sistema construtivo empregado para condições climáticas típicas de uma região quente e úmida do estado de São Paulo, no período de verão. Os autores obtiveram como conclusão que o aumento no volume do prédio reduz a temperatura do ar interior. Dentre os abrigos analisados, nas fachadas onde houve incidência de radiação solar direta, a fachada norte, no verão, foi a que recebeu a maior incidência de radiação solar direta, em comparação às fachadas sul, leste e oeste.

Com o objetivo de avaliar a influência da orientação em relação ao sol no conforto térmico de uma instalação típica para aves de corte, RODRIGUES e ARAÚJO (1995), em condições de verão, na região de Itaguaí - RJ, localizada à uma latitude de 22°47'S e longitude de 43°40'W, verificaram que, nos horários de maior temperatura externa, as instalações com eixo orientado leste - oeste apresentaram menores valores de temperatura interna, quando comparadas ao desempenho térmico de aviários orientados na direção norte - sul, sudoeste - nordeste e noroeste -

sudeste. Para todas as instalações testadas, o calor dissipado pelos frangos em estágio adulto foi fator preponderante na determinação do conforto ambiental interno, onde as temperaturas mantiveram-se de 1 a 4°C acima das temperaturas externas. Em instalações desocupadas, o diferencial de temperaturas internas e externas foi de no máximo 2°C.

A inclinação de 23°27' do eixo de rotação da terra faz com que o nascer do sol ocorra no leste e se ponha no oeste exatamente passando pela linha do equador, nos dias 23 de setembro e 21 de março, que são os equinócios. Esta trajetória tem seu plano deslocado paralelamente para o norte até 22 de junho (solstício de inverno), e para o sul, até dia 22 de dezembro (solstício de verão), conforme mostra a Figura 2.3. Uma instalação disposta no sentido leste - oeste, terá sempre sua face voltada para o norte, mais ensolarada que a voltada para o sul, sendo esta condição maximizada em 22 de junho e 22 de dezembro para o hemisfério sul.

O cálculo da radiação solar que atinge um abrigo, pode ser feito contabilizando-se o montante de radiação que chega nas várias faces do edifício. Desta forma podem ser confeccionadas curvas que demonstrem a variação diurna do fluxo de calor que atinge a instalação por unidade de área, em suas diferentes orientações (OLGYAY, 1992).

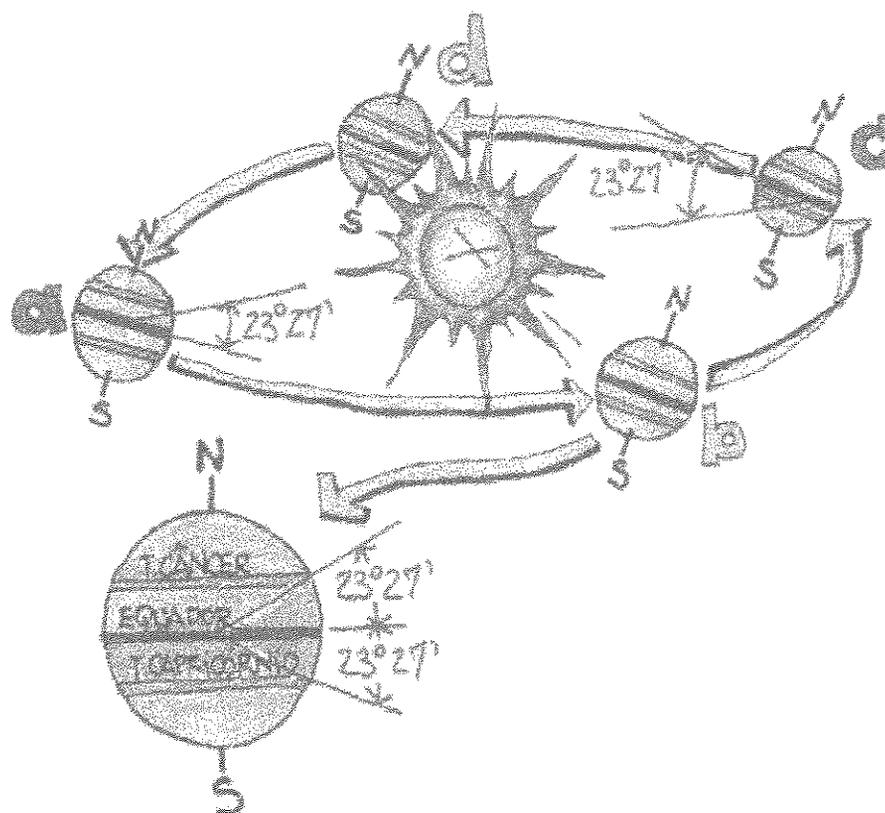


Figura 2.3. Translação da terra e localização dos trópicos. (Fonte: LAMBERTS et al, 1997).

Onde: a = solstício de inverno; c = solstício de verão; b = equinócio de primavera; d = equinócio de outono.

3.5. Sombreamento das instalações

A carga térmica de radiação que incide sobre um abrigo pode ser reduzida sombreando-se o mesmo através do uso de árvores e arbustos. Árvores capazes de sombrear as paredes e o telhado são mais vantajosas para abrigos com orientação norte - sul, pois a radiação solar somente atinge o telhado quando o sol estiver “a pino”, o que ocorre em um espaço curto de tempo. O processo de

evapotranspiração da folhagem das árvores e arbustos também fornece um efeito adicional de resfriamento ao ar de ventilação que passa pela instalação, de acordo com SMITH (1981).

OLGYAY (1992) considera o efeito térmico do sombreamento de árvores como um componente do conforto térmico de uma instalação. No inverno, as folhas caducam permitindo a entrada do sol nos edifícios, enquanto nas estações mais quentes as árvores promovem o sombreamento, reduzindo a carga térmica incidente nos prédios. As árvores devem ser escolhidas principalmente pela qualidade de sua sombra, em relação ao prédio, tanto nas condições de verão como de inverno.

Segundo HAHN (1961), em locais de clima quente, onde predomina a condição de céu aberto, nos horários mais quentes do dia, o sombreamento das instalações deve ser feito com árvores mais altas, que atinjam aproximadamente 3,6 a 4,2m de altura, o que protegeria principalmente a cobertura das instalações da radiação solar direta. Já em locais onde predominam condições de nebulosidade nos horários mais quentes do dia, os arbustos podem ter porte mais baixo, de aproximadamente 2,1 até 2,7m, reduzindo a radiação solar difusa que atinge os abrigos em suas laterais.

KELLY et al (1950), em experimentos realizados em Davis, Califórnia, verificaram que, a intensidade de radiação obtida sob a copa de árvores era significativamente menor que a encontrada sob coberturas de alumínio. Sob uma Nogueira de porte grande, foram obtidos em média 375Kcal/m^2 , sob uma árvore de porte menor, $382,5\text{Kcal/m}^2$, e sob uma cobertura de alumínio foram obtidos em média 461Kcal/m^2 . As condições de teste foram temperatura de 28°C e brisa leve.

Um bom sombreamento pode reduzir o gasto de energia em um ambiente termicamente controlado em 20 a 30%, na Flórida (E.U.A.), segundo BUFFINGTON et al (1981).

Em estudos visando caracterizar as condições de conforto térmico obtidas no interior de edifícios numa situação de verão em Lisboa, Portugal, CAMELO e GONÇALVES (1995) observaram o resultado do sombreamento de estruturas com e sem isolamento térmico, concluindo que a utilização de sombreamento em vãos envidraçados de residências reduz em até 4°C a temperatura média ambiental. Com uso de isolamento nas paredes e o sombreamento dos vãos envidraçados da residência, a redução de temperatura foi de até 5°C, o que demonstra a viabilidade do uso do sombreamento, já que o isolamento de paredes é prática ainda muito onerosa em nosso país.

Tendo em vista o benefício do sombreamento de coberturas através do uso de árvores, torna-se necessário determinar o posicionamento ideal da sombra nos telhados. A determinação é possível de ser realizada considerando, de preferência, o período do ano em que a temperatura ambiental é máxima em determinado local, a fim de reduzir-se eficientemente a carga térmica solar incidente nos abrigos. Porém, sabendo-se que as condições meteorológicas variam no decorrer do ano, nenhuma sombra pode ser efetiva durante todo o ano, conforme citado em pesquisas realizadas por KELLY et al (1950).

Sendo assim, para o projeto de um sombreamento eficiente, a época do ano desejada (horário, dia e mês do ano) deve ser determinada, bem como a latitude e longitude do local, além das dimensões e formato do local a ser sombreado. O projeto do sombreamento pode ser calculado levando-se em consideração relações dos ângulos existentes entre o sol e a terra (azimute e altitude solar) que determinam a posição relativa do sol na abóboda celeste, e fatores de projeção de sombra, ocasionados pelos objetos que a estão promovendo, segundo BUFFINGTON et al (1981). Para saber a posição do sol em determinado período do ano, basta plotar a altitude e o azimute do sol em uma carta solar, que pode ser visualizada na Figura 2.4.

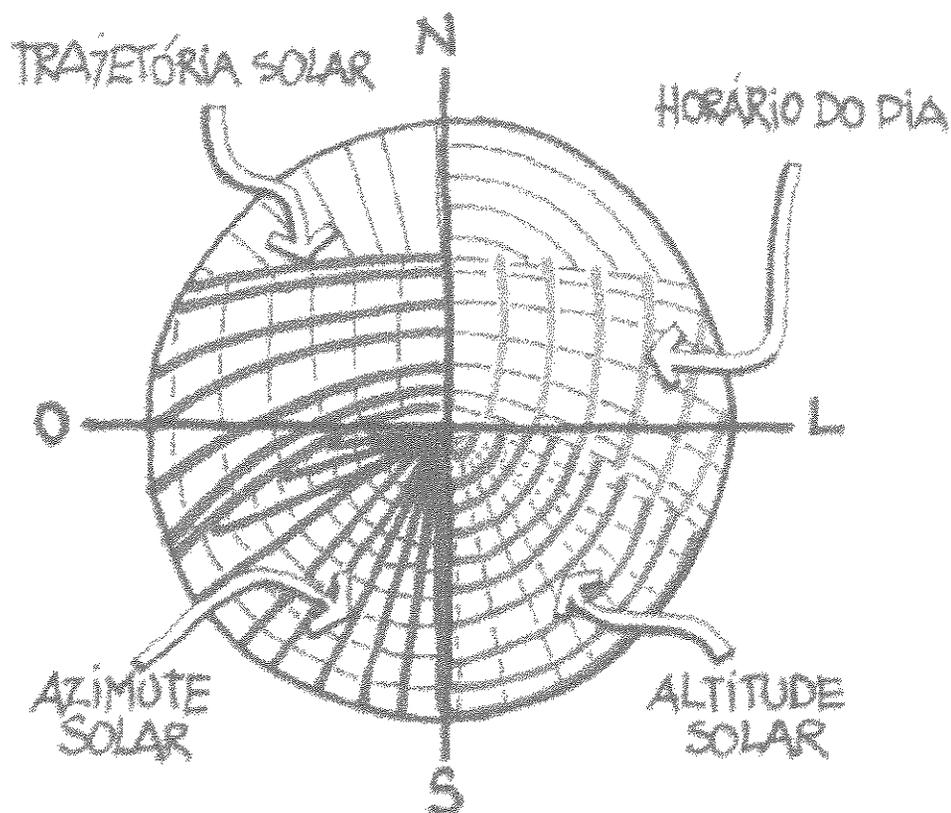


Figura 2.4. Carta Solar. (Fonte: LAMBERTS et al, 1997).

Em relação à radiação solar, a vegetação tem um comportamento seletivo em função dos diferentes comprimentos de onda: absorve cerca de 90% da radiação visível e 60% da infravermelha. A radiação visível é utilizada para as funções vitais da vegetação. Uma pequena quantidade da radiação é transmitida através das folhas e o restante se reflete (RIVERO, 1986). Assim, através da arborização, tem-se uma atenuação da radiação de onda curta, evitando os efeitos de ofuscamento e reverberações devidos à sombra e ao sol. Em relação à onda longa, há uma redução no aquecimento das superfícies e,

conseqüentemente, do calor emitido por estas. A vegetação apresenta ainda outro efeito sobre a temperatura, ao eliminar calor por evaporação do ar umidecido (IZARD e GUYOT, 1983). Um método de investigação da transmissão da radiação solar através da árvore é a medição de campo, comparando-se a radiação incidente ao sol e à sombra das árvores (SATTLER, 1989). Esta comparação pode ser feita tanto através da medição com solarímetros como por fotometria.

Segundo SATTLER (1987), a vegetação pode ser utilizada para interceptar tanto a radiação direta e difusa vindas do céu como aquela refletida pelo solo ou por superfícies de edificações próximas. A interceptação da radiação solar pela vegetação depende tanto da densidade de folhagem ao longo do ciclo fenológico anual do espécimen quanto das condições de transparência do céu e do ângulo de incidência dos raios solares sobre a vegetação.

Mesmo na condição de ausência de folhas, a interceptação da radiação solar pelo esqueleto da árvore é considerável. Segundo HEISLER (1974), árvores de copa rala interceptam de 60 a 80% da radiação direta incidente, enquanto as árvores de copa densa e espessa interceptam até 98% da radiação direta.

HEISLER (1982) realizou um estudo para medir a radiação global e difusa, em sombras de árvores, utilizando um piranômetro. Os indivíduos arbóreos amostrados eram “London Plane” e “Pink Oak”. Em dias de céu claro, as árvores “Pink Oak” com folhas reduziram a radiação global acima de 70% e as “London Plane” acima de 86%. Quando estavam sem folhas e o sol com um ângulo de elevação de 60°, estas reduziram respectivamente 37% e 54%.

Segundo BERNATZKY (1982), o resfriamento do ar oriundo da presença da vegetação em determinado local, não é resultado somente do sombreamento proporcionado pelas árvores, mas principalmente do seu consumo de energia para evaporação e outros processos fisiológicos. O autor

estima que 60% a 75% da energia solar incidente na vegetação são consumidos nos processos fisiológicos. A evapotranspiração das folhas ocasiona também o aumento da umidade relativa do ar.

A arquitetura de uma instalação em climas predominantemente quentes, deve prever um mínimo gasto de energia para resfriá-la. Desta forma torna-se necessário orientar corretamente o prédio, evitando a entrada de radiação direta na instalação e favorecendo a ventilação natural. Além disso, é importante calcular a área de aberturas e a distribuição das mesmas. O sombreamento do telhado e das aberturas também favorece a economia de energia, reduzindo o montante de radiação que atinge a instalação (OLGYAY, 1992).

AKBARI e TAHA (1992) estudaram o potencial de uso da vegetação e materiais de alto albedo na redução do consumo de energia utilizada para resfriar ambientes internos em quatro cidades canadenses (Toronto, Edmonton, Montreal e Vancouver). Foi observado que o consumo de energia para resfriar ambientes em Toronto pode diminuir 40% nas cidades e 30% nas áreas rurais com o uso da vegetação e materiais de alto albedo. Em Edmonton e Vancouver a energia gasta para resfriamento pode ser totalmente compensada, e em Montreal, reduzida em 35%.

As árvores que sombreiam instalações, além de reduzirem a carga térmica de radiação que as atinge, contribuem com outros fatores para a melhoria do meio ambiente circundante da instalação. A viscosidade da superfície das folhas filtra o ar e absorve a poeira em suspensão, além do fato da evaporação das folhas auxiliar na redução da temperatura ambiente (OLGYAY, 1992).

Quanto aos dados morfo - anatômicos dos elementos que compõem os indivíduos arbóreos, e seu papel termorregulador, podem ser feitas várias observações. Em relação a aspectos de forma, supõe-se que indivíduos com copas amplas, com alta densidade de folhas largas e espessas e de arquitetura arbórea aberta resultem em maior conforto térmico. A forma, o tamanho e a espessura das

folhas, a presença de pêlos cuticulares e a densidade do mesofólio interferem na quantidade e qualidade de luz transmitida. Assim como cor, diâmetro, rugosidade e altura do caule, além da cor, tamanho, forma e disposição de flores, frutos e sementes. Outro aspecto importante no estudo das árvores como elementos promotores de conforto térmico são os fenômenos de sazonalidade e fenologia, que mudam a composição e estrutura da planta em determinados períodos do ano (PEIXOTO et al, 1995).

As funções das áreas verdes nas cidades são várias, como o controle de temperatura, aumento da umidificação do ar, direcionamento do vento, distribuição do brilho energético, criação de zonas abrigadas - mais frescas no verão e mais quentes no inverno além de filtrar a poluição aérea (MULLER - CHAGAS e PAUL, 1980).

Segundo BOND et al (1950), a função primária da sombra é proteger a ave da radiação solar intensa, pois pouco altera a temperatura do ar, umidade ou a velocidade do vento, já que em instalações abertas as aves continuam expostas à radiação do céu, horizonte, da própria cobertura, do solo, além do calor das próprias aves.

RODRIGUES et al (1995) verificaram que em instalações com orientação norte - sul, a quantidade de radiação total diária que incide em todos os planos da instalação avícola é menor que para as outras orientações testadas, concluindo que a orientação norte - sul pode ser uma solução, desde que tenha suas laterais voltadas para leste e oeste protegidas por elementos sombreadores, que impeçam a entrada de radiação solar direta no interior do abrigo. Os autores sugerem que cada fachada da construção exige soluções arquitetônicas diferenciadas, quando analisadas do ponto de vista de conforto térmico.

Em um experimento realizado por HOYANO (1988) no período de verão no Japão, foram utilizadas algumas espécies de arbustos e árvores para o sombreamento de espaços abertos e

paredes de uma edificação urbana, a fim de verificar seu efeito no ambiente térmico do edifício. Primeiramente, verificou-se o efeito da sombra de uma pérgola em um espaço aberto. As folhas de uma espécie arbórea leguminosa ficavam a uma altura de 2,5 m do chão, distribuídas em uma área retangular de 60m^2 , com seu maior comprimento orientado na direção leste - oeste. Observou-se que a radiação que chegava ao solo desprotegido, atingia o montante de $250\text{ Kcal/m}^2\text{h}$, enquanto que sob a vegetação a radiação obtida era de apenas $60\text{ Kcal/m}^2\text{h}$. Durante o período mais quente do dia, a vegetação reduziu a temperatura radiante em até 8°C na área sombreada. Em outra fase do experimento, os autores verificaram o efeito do sombreamento resultante de uma fileira de árvores plantadas ao longo de uma parede com 2,3m de altura e face oeste, de uma edificação com área de 400m^2 . A espécie utilizada foi a Kaikuka hort, com copa cônica e tronco curto (0,45m), totalizando a altura de 2,5m. Observou-se que com a presença das árvores o ganho de calor por condução para a face interna da parede, às 16:00 horas, foi reduzido pela metade.

3.6. Controle ambiental dos aviários por meios mecânicos.

O controle ambiental das construções, sejam elas rurais ou não, deve ser feito primeiramente de forma passiva, isto é, devem ser estudados cuidadosamente ainda no projeto alguns fatores como: a geometria das instalações, inclinação do telhado, dimensões dos beirais e uso de cortinas ou protetores solares nas aberturas, com o objetivo de controlar a radiação solar incidente nos diversos planos da edificação e em suas aberturas (RIVERO, 1986).

Vários trabalhos de pesquisa em modelagem matemática para fenômenos de transferência de calor serviram de base para os trabalhos que a literatura oferece na área de dimensionamento do meio ambiente para construções de abrigos para animais. Os sistemas de controle de ambiente

naturais são aqueles que se utilizam de manejo, densidade e outros meios naturais para eliminar o calor excessivo gerado dentro da instalação. Neste rol entram as aberturas laterais, o tipo de telhado, manejo de cortinas, bem como o recobrimento de áreas circunvizinhas e sombreamento. No caso de métodos artificiais, ditos mecanizados, estão o uso de nebulizadores, ventiladores, refrigeração da água de beber, isolamento térmico de canos, caixas d'água ou outras tubulações que venham a ser uma fonte adicional de calor nas instalações (PEREIRA, 1991).

Uma instalação avícola ideal em termos de conforto térmico proporcionado às aves prevê uma circulação de ar adequada, com a finalidade de remover o excesso de umidade e calor concentrado no interior dos galpões. Em casos de meses mais frios, é desejável manter a temperatura interna do aviário em níveis adequados à sobrevivência e produtividade do lote. Neste caso, a função da ventilação seria apenas renovar o ar interno, controlando a concentração de gases, poeira e vapor d'água produzidos no interior dos aviários. Esta ventilação pode ser natural, através de aberturas laterais que permitam a entrada do vento externo, concomitante com a utilização do princípio de termossifão com construção de lanternins. No caso de ventilação forçada, pode-se fazer uso de ventiladores, isoladamente ou associados a exaustores.

Aumentando a movimentação do ar sobre a superfície corporal das aves, a perda de calor para o ambiente por processos convectivos é facilitada. A ventilação do ar reduz a temperatura retal e a taxa respiratória das aves, amenizando o estresse térmico a que estão sendo submetidas. Sob condições de altas temperaturas, associadas a altas taxas de umidade relativa, SMITH (1981) afirma que o aumento na velocidade do ar de um aviário via ventilação forçada é o único método de amenizar o estresse térmico sofrido pelas aves.

MITCHELL (1985), estudando o efeito da ventilação em aves de corte adultas, observou que a 20°C o aumento da velocidade do vento de 0,3 para 1,05m/s, não promoveu nenhuma redução na temperatura de superfície corporal dos frangos. No entanto, aves submetidas a temperatura de 30°C tiveram uma redução em sua temperatura superficial de 0,6°C quando a velocidade do vento passou de 0,3 para 1,05m/s, mostrando-se como uma forma efetiva de resfriar a ave, reduzindo a demanda por perdas evaporativas de calor, além de auxiliar na manutenção de sua temperatura corporal. Neste trabalho não houve menção à umidade relativa a que as aves estavam sendo submetidas.

A literatura indica que, quando não há problemas com a saturação do ar dentro dos aviários, pode-se utilizar o sistema de resfriamento evaporativo, basicamente constituído pelo uso de nebulizadores ou na passagem forçada do ar por um material poroso umedecido, permitindo que o ar não saturado do ambiente entre em contato com a água em temperatura mais baixa, ocorrendo então a troca de calor entre o ar e a água. Como a pressão de vapor da água é maior do que a do ar insaturado, ocorre sua evaporação. TINÔCO (1988), entende que este processo é mais efetivo em regiões de clima quente e seco; entretanto, pode ser perfeitamente utilizado para o resfriamento de galpões localizados em regiões úmidas, principalmente nos horários de menor umidade relativa, que coincidem com os períodos mais quentes do dia.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Modelos em escala reduzida e distorcida.

Foram construídos modelos em escala reduzida e distorcida, representando instalações avícolas em escala real, para a realização da presente pesquisa.

4.1.1. Localização dos modelos

O experimento foi realizado em Campinas, estado de São Paulo, região com latitude de 22° 54'S, longitude de 47° 05'N e altitude de 674 metros. O projeto foi realizado na área experimental do Departamento de Construções Rurais da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

4.1.2. Dimensões dos modelos

Os cinco modelos, três com orientação norte - sul e dois com orientação leste - oeste, foram construídos em escala reduzida e distorcida, com a finalidade de viabilizar as tomadas de dados meteorológicos no seu interior. As escalas utilizadas foram: 1:10, na dimensão horizontal, e 1:2 na dimensão vertical.

Os modelos em escala vêm sendo utilizados com sucesso em experimentos relacionados com ambiência animal. Pesquisadores como HAHN et al. (1961), FOREHLICH et al. (1975) e SYDENSTRICKER (1993), entre outros, utilizaram modelos em escala distorcida em seus experimentos envolvidos na área em questão.

Além de reproduzirem as características e respostas térmicas de instalações naturais, os modelos em escala reduzem os custos e o tempo de experimentação.

O modelo distorcido é a reprodução de um modelo em escala natural onde mais de uma escala é utilizada para descrever uma determinada dimensão. Segundo MURPHY (1950), as condições ideais para se trabalhar com modelos em processos termodinâmicos envolvem a similaridade entre as proporções de comprimento e largura do espaço em questão, além do conhecimento da variação de temperatura no modelo e sua eventual resposta em escala real.

Foi realizado um trabalho preliminar desenvolvido pela Optima, Empresa Júnior do Instituto de Matemática e Ciência da Computação da Universidade Estadual de Campinas, no qual, através de um processo de modelagem matemática, chegou-se a curvas isotermas do comportamento da temperatura no modelo e sua resposta no modelo em escala real.

A Tabela 4.1 mostra as dimensões dos modelos em escala real e distorcida.

Tabela 4.1. Dimensões dos modelos em escala real e distorcida

DIMENSÕES	ESCALA		
	1:1	1:10	1:2
Largura	14,0	1,4	
Comprimento	30,0	3,0	
Pé direito	3,0		1,5
Altura da parede	0,8		0,4
Espessura da parede	0,2		0,1
Beiral	1,0		0,5

1:1= Escala real; 1:10 = Escala distorcida horizontal; 1:2 = Escala distorcida vertical

A Figura 4.1. mostra a planta baixa, o corte transversal e a fachada dos modelos em escala reduzida e distorcida.

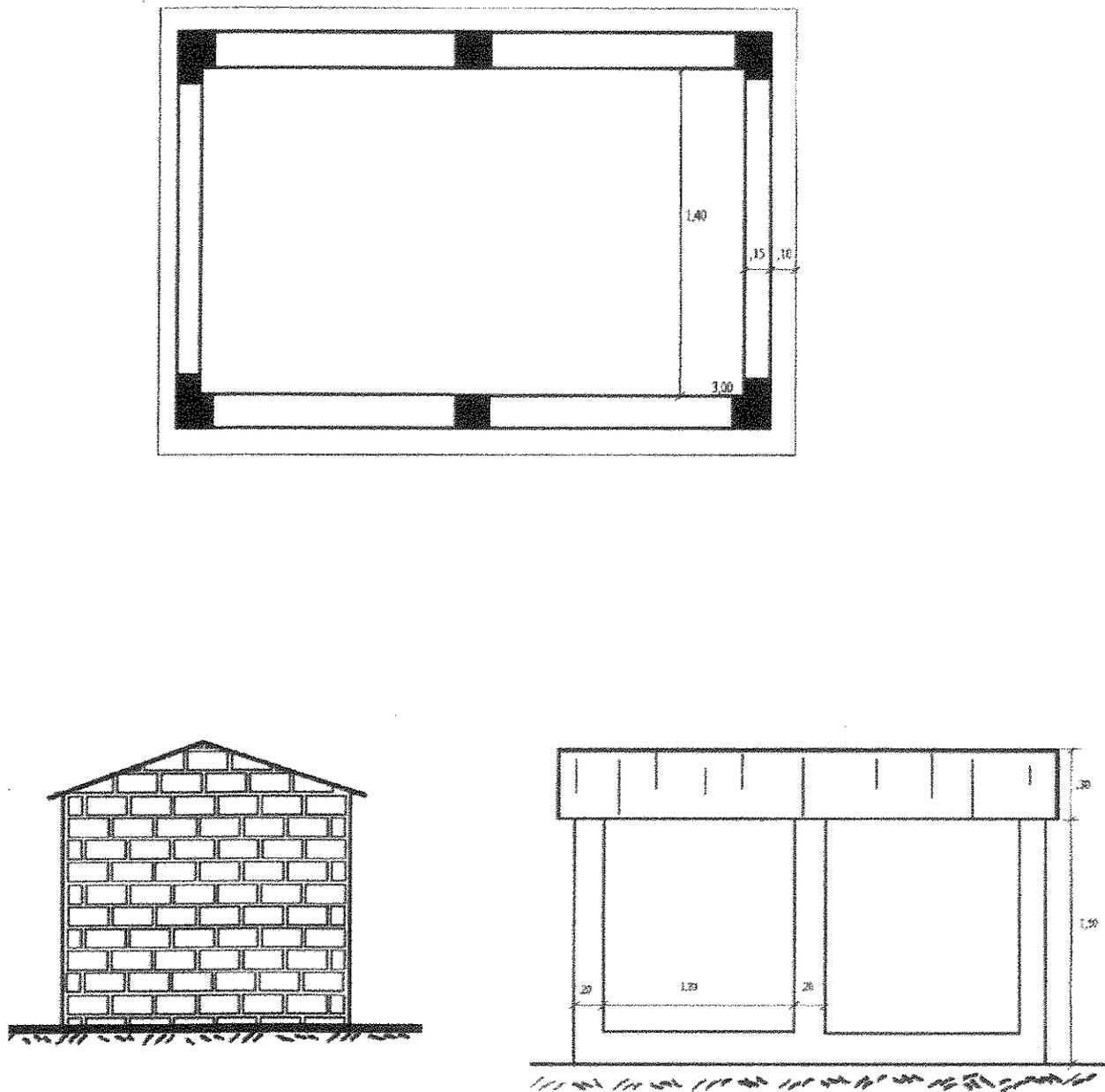


Figura 4.1. Planta baixa, corte transversal e fachada dos modelos em escala reduzida e distorcida.

4.1.3. Simulação da produção de calor e umidade nos modelos.

Lâmpadas incandescentes foram instaladas no piso dos modelos para simular o calor total produzido por frangos de corte em terminação de 2,0 kg. Foi realizado um cálculo de quantas lâmpadas seriam necessárias para simular o calor liberado pelo número de frangos, que hipoteticamente estariam presentes em cada modelo em escala. Segundo HELLICKSON e WALKER (1983), cada frango com 2,0kg libera ao ambiente 5,8 W/kg. Sendo em média 3m² a área de piso dos modelos e a densidade de 10,0 aves/m², temos supostamente 30 aves por modelo, o que corresponde a 348W. Para simular a liberação de 348W, foram necessárias 6 lâmpadas de 60W, uniformemente distribuídas no piso de cada modelo. A umidade liberada pelos frangos foi simulada através da presença de uma cama úmida, feita de maravalha. A simulação da produção de calor no interior dos modelos e a cama de maravalha podem ser observadas na Figura 4.2.



Figura 4.2. Lâmpadas simulando a produção de calor nos modelos, e cama de maravalha.

4.1.4. Sombreamento dos modelos

Nas laterais de dois dos modelos com orientação norte-sul foram plantadas árvores, para que a radiação que entra pelas laterais e pelo próprio telhado fosse reduzida. Um dos modelos com orientação norte - sul foi a testemunha, não possuindo sombreamento.

A árvore escolhida para ser utilizada no projeto foi a “Tipuana”, *Tipuana tipu*, árvore de crescimento rápido, de grande porte, copa alta e cônico – arredondada, raiz semi pivotante, não agressiva às construções, além de ser facilmente encontrada no estado de São Paulo.

Foram plantadas duas árvores de cada lado do modelo, espaçadas 1,0 m entre si. A distância da árvore para o modelo foi de aproximadamente 0,5 m, para que nos horários de maior incidência de radiação solar direta a área do telhado fosse sombreada o máximo possível. Uma segunda linha de árvores, foi plantada a 1,0 m dos mesmos para sombrear o interior dos modelos, visto que tanto nos horários da manhã como nos da tarde os modelos recebem radiação solar direta em suas laterais. Estas distâncias foram estimadas através de cálculos envolvendo relações existentes entre a altura das árvores, latitude local, ângulos de declinação solar em diferentes horários dos meses mais quentes do ano na região (verão), ângulos horários, zenitais e azimutes, além do ângulo de inclinação do telhado.

Na Figura 4.3, pode se observar as árvores sombreando os modelos em escala com orientação norte - sul. Na Figura 4.4 tem-se os modelos leste – oeste sem sombreamento.

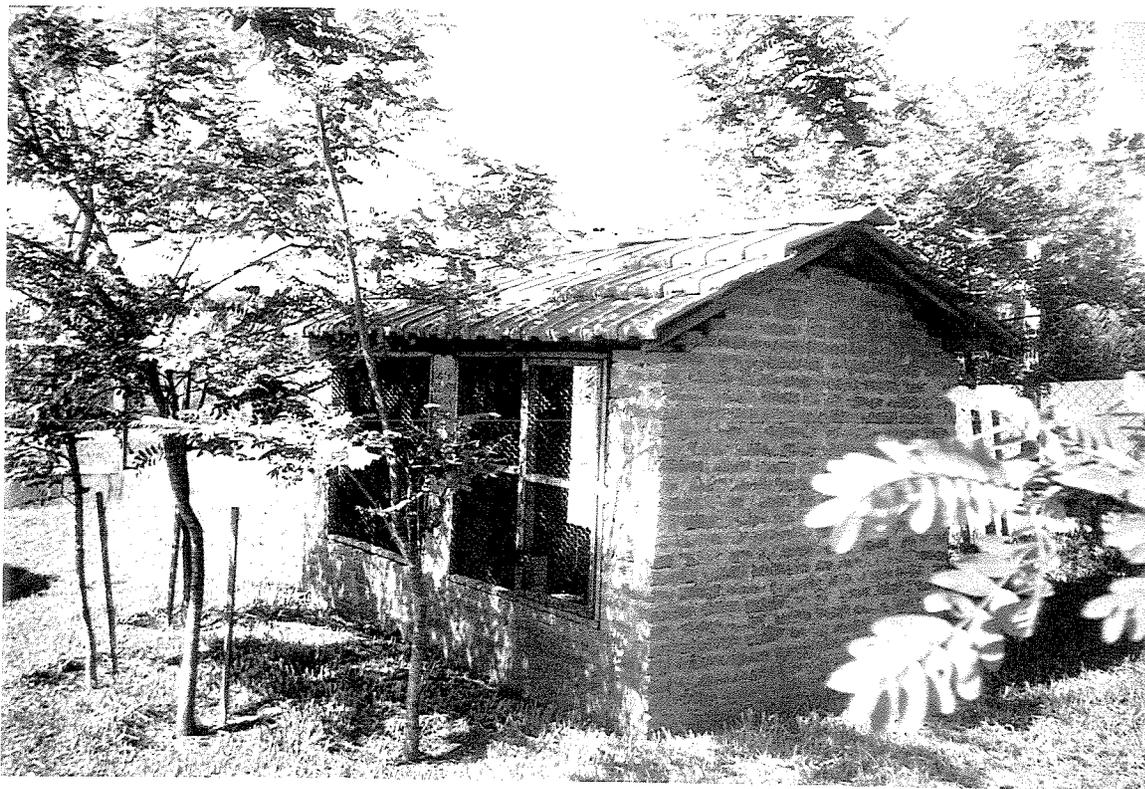


Figura 4.3. Modelo em escala com orientação norte - sul sombreado, dia 21/12/97, 15:00 horas.



Figura 4.4. Modelos leste - oeste sem sombreado, dia 21/12/98, 8:00 horas.

4.1.5. Ventilação forçada

Em um dos modelos de cada orientação estudada (norte - sul e leste – oeste) foram instalados ventiladores, que mantiveram uma vazão de ar adequada ao conforto de frangos de corte no peso em questão, como pode ser visualizado na Figura 4.5. Para condições de verão, foi estimada uma vazão de $1,0\text{m}^3/\text{s}$, com base em cálculos recomendados por ALBRIGHT (1989), que levam em conta o balanço térmico de calor hipoteticamente gerado no interior das instalações. Para condições de inverno, foi estimada uma vazão mínima de $0,2\text{ m}^3/\text{s}$, para a remoção dos gases hipoteticamente gerados pelas aves. Para a meia estação, estimou-se uma vazão média de $0,5\text{ m}^3/\text{s}$. Com a presença de ventiladores, será possível verificar o desempenho térmico das instalações voltadas para as duas orientações estudadas na presença ou não de sombreamento, pois na literatura ainda são encontradas recomendações quanto ao plantio de árvores nos arredores dos abrigos como fator que intervém na ventilação natural das instalações.



Figura 4.5. Ventilação forçada no interior do modelo em escala.

Na Figura 4.6. é mostrado um esquema dos modelos estudados, e seus respectivos tratamentos.

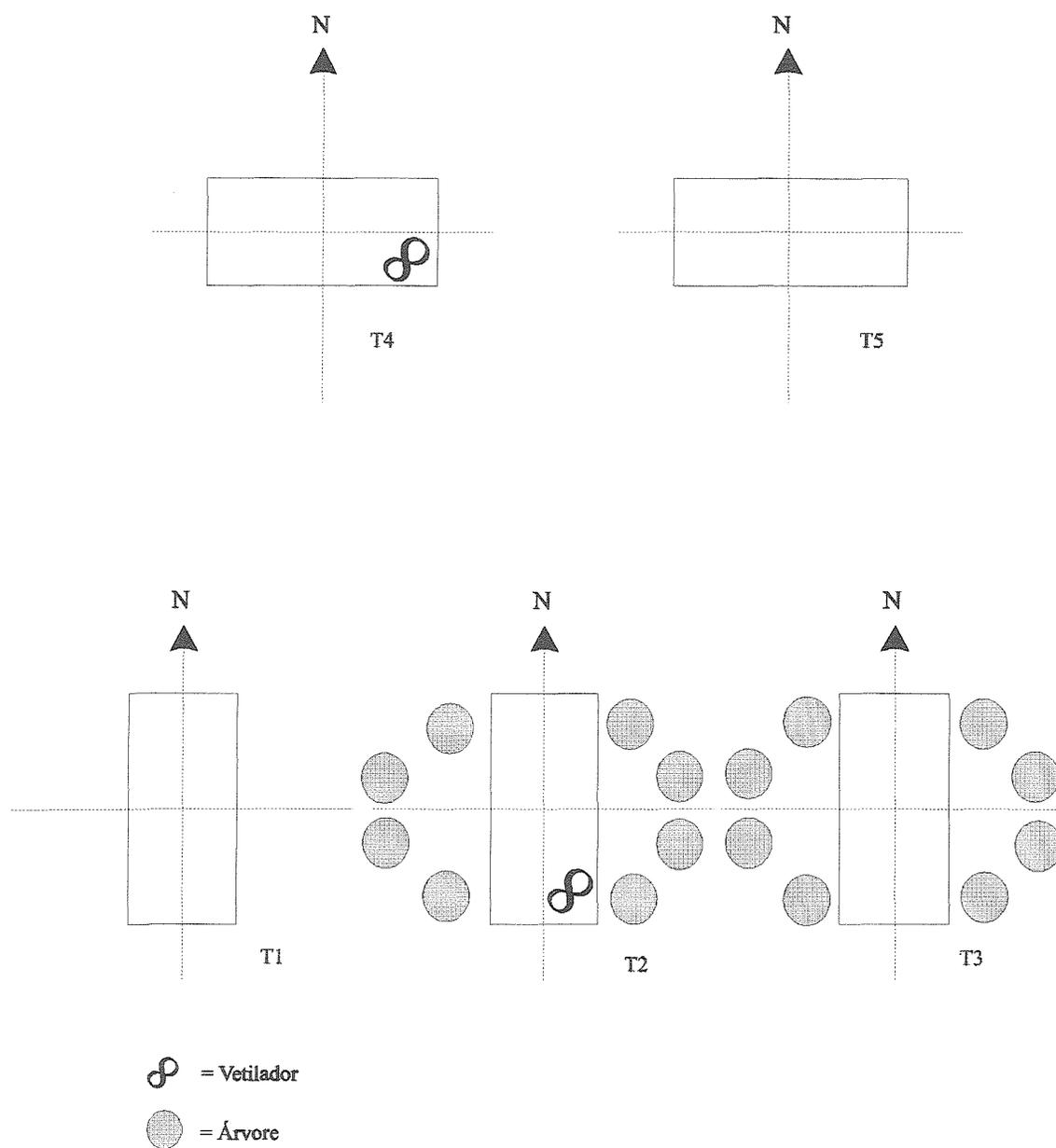


Figura 4.6. Esquema da disposição dos tratamentos na área experimental.

Onde:

T1 = Norte - Sul

T2 = Norte - Sul + Sombreamento + Ventilação Forçada

T3 = Norte - Sul + Sombreamento

T4 = Leste - Oeste + Ventilação Forçada

T5 = Leste - Oeste.

4.1.6. Coleta de dados

Foram coletados dados meteorológicos no interior dos modelos. As variáveis climáticas coletadas foram: temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido (umidade relativa), temperatura de globo e velocidade do vento. A coleta dos dados de temperatura de bulbo seco e de globo, foram realizadas através de termopares tipo J de cobre - constantan ligados por cabos de compensação a uma placa analógico – digital instalada no microcomputador. As temperaturas de bulbo úmido foram coletadas através de higrômetros Incotherm, com amplitude de -10°C a 50°C , precisão de 1°C e termômetros de mercúrio. A velocidade do vento foi coletada através de um anemômetro digital de marca Alnor. As coletas de dados foram realizadas às 8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas, durante os meses de verão 95/96 e 96/97, outono, inverno e primavera de 1996/1997, a fim de se comparar o efeito da orientação, sombreamento e ventilação forçada durante as estações de verão e inverno.

Os equipamentos para a coleta de dados ambientais foram posicionados na altura da fonte de calor, sendo verificada e anotada a ocorrência de radiação solar direta sobre os equipamentos. Na Figura 4.7 pode-se observar o posicionamento dos equipamentos no interior dos modelos.

Foram anotadas as condições meteorológicas vigentes durante todo o dia, como a ocorrência de chuvas, tempo nublado, céu aberto e até a condição pré - chuva, caracterizada por altas temperaturas associadas a altas taxas de umidade relativa, condições estas estressantes para as aves.



Figura 4.7. Posicionamento dos equipamentos de coleta de dados nos modelos em escala.

4.1.7. Registro de dados meteorológicos externos

Foi realizado o registro de temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos externos às instalações durante os mesmos horários e com os mesmos equipamentos de coleta de dados internos. Os dados de radiação solar foram obtidos junto ao CEPAGRI – Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura da UNICAMP.

4.1.8. Análise dos dados

Os dados meteorológicos obtidos no interior dos modelos foram utilizados no cálculo da carga térmica de radiação e do índice de temperatura de globo e umidade que ocorreram no interior dos modelos.

Através da utilização do “software” Pró-Frango de autoria de NÄÄS e AMARAL (1989), que a partir dos dados construtivos das instalações, dados de manejo e nutrição determina a quantidade de calor que as aves hipoteticamente estariam recebendo e produzindo, além dos dados meteorológicos monitorados, realizou-se o cálculo do balanço térmico das instalações, resultando na simulação do ganho de peso das aves a partir dos dados meteorológicos a que estariam sendo submetidas.

Foram feitas análises de variâncias seguidas pelo teste de Tukey de comparação de médias entre os dados meteorológicos coletados nos modelos e os índices de conforto calculados segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \beta_j + \beta_k + \varepsilon_{ij} \dots \dots \dots \text{eq. (4.1)}$$

Onde:

Y_{ij} = média da variável meteorológica;

μ = média geral da variável meteorológica;

β_i = efeito dos tratamentos (modelos) utilizados;

β_j = efeito dos dias estudados na variável meteorológica;

β_k = efeito do horário na variável meteorológica;

ε_{ijk} = erro aleatório.

O mesmo procedimento foi feito entre os dados de ganho de peso simulados para cada modelo em estudo segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \beta_j + \beta_k + \varepsilon_{ij} \dots \dots \dots \text{eq. (4.2)}$$

Onde:

Y_{ij} = ganho de peso, em kg;

μ = média geral de ganho de peso;

β_i = efeito dos tratamentos (modelos) utilizados;

β_j = efeito dos dias estudados no ganho de peso;

β_k = efeito do horário no ganho de peso;

ε_{ijk} = erro aleatório.

O *software* utilizado para a realização das análises estatísticas foi o MINITAB.

A análise estatística dos dados meteorológicos foi feita utilizando-se somente os dias que apresentaram dados de entalpia crítica para os frangos em idade adulta, que serão denominados neste projeto de dias críticos.

A entalpia é uma propriedade física que representa, em termos psicrométricos, a quantidade de energia que existe em uma determinada massa de ar seco, sendo expressa em kJ/kg de ar seco. Trata-se de um índice físico que correlaciona a temperatura e a umidade relativa presente em determinado ambiente, sendo essa associação, quando em altos valores, extremamente prejudicial ao conforto térmico das aves.

Sendo conhecidas as faixas críticas de temperatura e umidade para frangos de corte nesta idade, torna-se possível calcular as faixas de entalpia crítica para estas aves. Trabalhando-se com dados meteorológicos críticos, diminui-se a probabilidade de mascarar os resultados finais, o que ocorreria se os dias não críticos fossem inseridos na análise. Dias com a associação de temperatura e umidade relativa, dentro da faixa recomendável ao bom desempenho dos frangos, não foram contabilizados nas médias estatísticas. Esta metodologia, já foi validada em trabalhos anteriores (NÄÄS et al., 1995), onde concluiu-se que, na semana pré abate, apenas um dia de altas temperaturas associadas a altos níveis de

umidade relativa pode ser responsável por um alto índice de mortalidade nos aviários, caso medidas adequadas de refrigeração do ambiente não sejam tomadas em tempo hábil.

Os dados experimentais também foram analisados por meio de regressões lineares simples e análises de variância que verificaram a influência dos fatores em estudo (orientação, sombreamento e ventilação forçada) na variável de resposta (ganho de peso), obtida no *software* Pró- Frango segundo os seguintes modelos:

$$Y_i = \mu + \beta_i x \dots \dots \dots \text{eq. (4.3)}$$

Onde:

Y_i = ganho de peso, em kg;

μ = média geral do ganho de peso;

β_i = efeito da condição estudada (orientação, sombreamento ou ventilação forçada)

x = condição, assumindo valores de 0 e 1.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i x + \beta_j x \dots \dots \dots \text{eq. (4.4)}$$

Onde:

Y_{ij} = ganho de peso, em kg;

μ = média geral do ganho de peso;

β_i = efeito da orientação

β_j = efeito do sombreamento

x = condição, assumindo valores de 0 e 1.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i x + \beta_j x + \beta_k x \dots \dots \dots \text{eq. (4.5)}$$

Onde:

Y_{ijk} = ganho de peso, em kg;

μ = média geral do ganho de peso;

β_i = efeito da orientação;

β_j = efeito do sombreamento;

β_k = efeito da ventilação forçada;

x = condição, assumindo valores de 0 e 1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de Variância

5.1.1. Resultados obtidos para o período de verão

Foi realizada uma análise estatística de comparação entre as médias das variáveis climáticas coletadas nos modelos, assim como entre as médias dos índices de conforto calculados, a carga térmica de radiação (CTR) e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).

A análise estatística dos dados foi feita utilizando-se somente os dias que apresentaram dados de entalpia superiores ao valor considerado como crítico para os frangos em idade adulta, que foram denominados de dias críticos. Considerando a temperatura de 27°C, e a umidade relativa de 80%, como críticas para frangos de corte próximos ao abate, de acordo com as pesquisas de KAMPEN (1984), WINN e GODFREY (1968), DEATON et al. (1968) entre outros autores, calculou-se a partir destes valores a entalpia crítica de 76,423 kJ/Kg de ar seco. Os dias críticos portanto, foram aqueles em que as temperaturas máximas diárias e as umidades relativas correspondentes, resultaram em um valor de entalpia maior ou igual ao valor crítico calculado.

Inicialmente, foi feita uma análise para cada horário de estudo, para as 8:00 horas, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas. No verão foram tomados dados de 64 dias considerados como críticos.

5.1.1.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo

Nas Figura 5.1 a 5.5 são apresentadas as condições ambientais externas vigentes nos períodos de coleta de dados de verão, às 8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas.

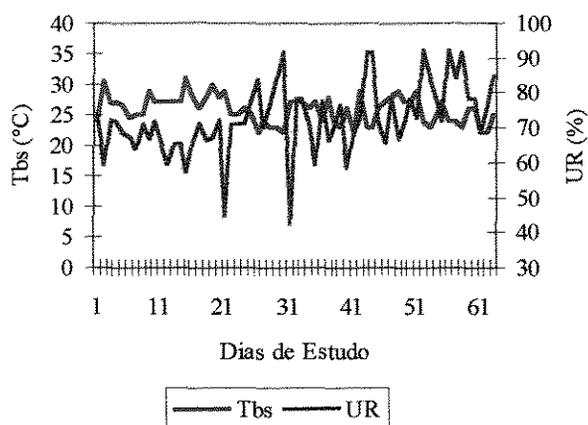


Figura 5.1. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de verão.

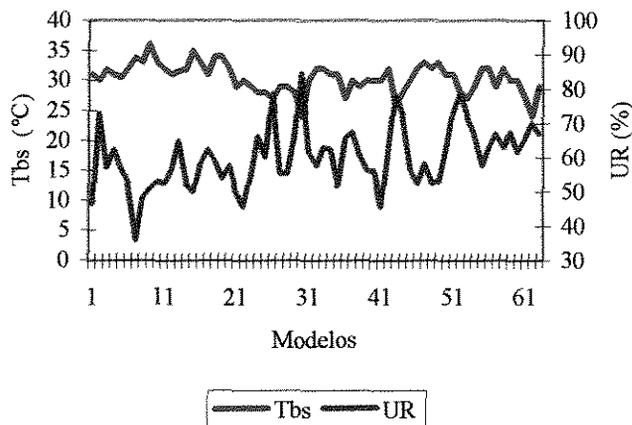


Figura 5.2. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de verão.

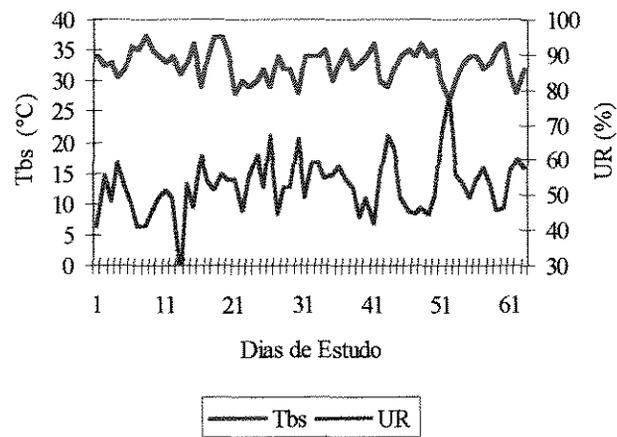


Figura 5.3. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de verão.

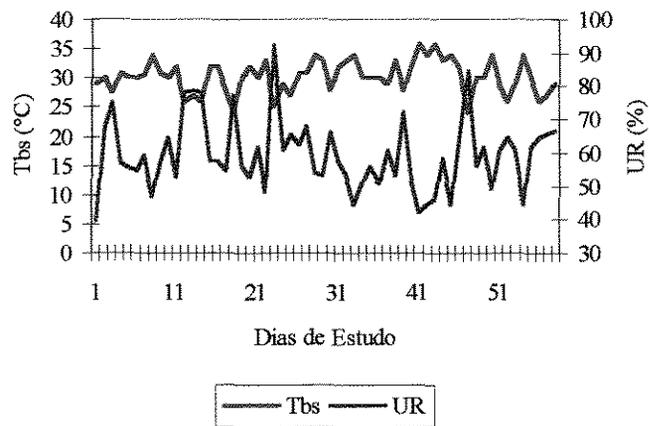


Figura 5.4. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de verão.

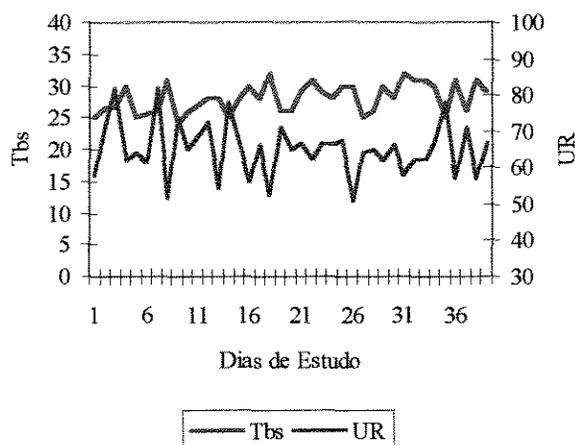


Figura 5.5. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de verão.

5.1.1.2. Análise para todos os horários de coleta de dados.

5.1.1.2.1. Temperatura de Globo

Ao realizar uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de temperatura de globo nos diferentes modelos, pode-se observar que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância em todos os horários analisados com exceção das 19:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, observou-se que, na maioria dos horários estudados os modelos que apresentaram as menores médias de temperatura de globo (cerca de $1,5^{\circ}$ C menor que os outros modelos) foram os modelos NSSV, e LOV que não apresentaram diferenças estatísticas entre si em todos os horários estudados. Os modelos NS e NSS, não se diferenciaram significativamente entre si, e apresentaram os maiores valores de temperatura de globo, sendo seguidos pelo modelo LO, que apresentou um comportamento intermediário entre os modelos em estudo, como pode-se observar na Tabela 5.1 e na Figura 5.6. Às 19:00 horas não foi verificada nenhuma diferença

estatística entre os modelos estudados, pois neste horário já não havia mais radiação solar direta sobre os modelos e o calor acumulado nos mesmos durante o dia já começava a ser dispersado.

Tabela 5.1. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.

Médias e Desvio Padrão de Tg (°C)											
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00		
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	
NS	29,5a	4,3	32,1a	2,0	34,0a	2,6	33,5a	5,7	29,6	4,0	
NSSV	27,5 bc	2,9	30,2b	2,0	32,3b	2,2	30,6ab	4,0	28,3	3,0	
NSS	31,0a	5,1	31,9a	2,0	34,1a	2,4	33,1ab	5,4	29,2	2,9	
LOV	26,1b	1,7	30,7b	1,8	33,0ab	2,4	30,4b	3,5	28,6	2,7	
LO	27,6b	1,7	32,0a	1,8	34,2a	2,8	31,6b	3,4	29,6	2,9	

Observação: Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

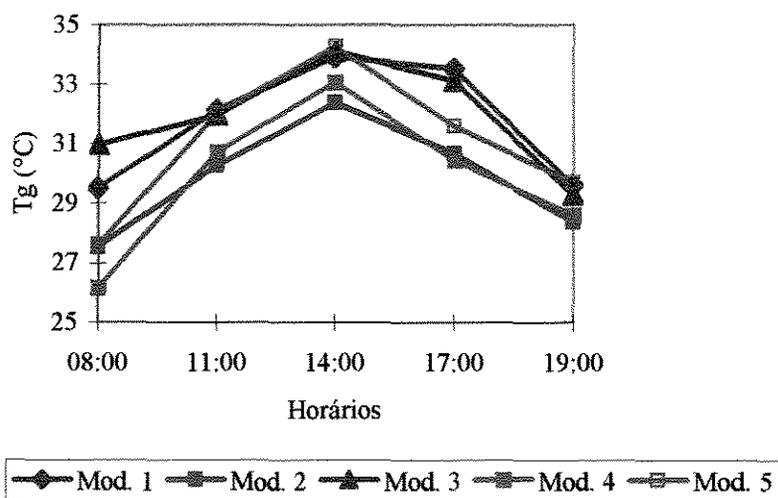


Figura 5.6. Temperatura de Globo (Tg) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.

onde:

NS = Norte - sul

NSSV = Norte - sul + sombreamento + ventilação forçada

NSS = Norte - sul + sombreamento

LOV = Leste - Oeste + ventilação forçada

LO = Leste - oeste

Analisando a temperatura de globo, observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente foram os modelos NSSV e o LOV. Observou-se que o efeito da ventilação forçada foi maior nos modelos norte - sul do que nos modelos leste - oeste em praticamente todos os horários estudados, reduzindo em média 2,2°C a temperatura de globo nos modelos norte - sul e 1,2°C nos modelos leste - oeste. Em nenhum dos horários foi observado o efeito do sombreamento na melhora das condições ambientais dos modelos sombreados, porém a associação da ventilação forçada com o sombreamento reduziu a temperatura e melhorou os índices de conforto do modelo NSSV, em comparação com os modelos somente sombreado NSS, ou não sombreado NS.

5.1.1.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Analisando estatisticamente as médias obtidas de temperatura de bulbo seco nos diferentes modelos nos horários em estudo através da análise de variância, observou-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Através do teste de Tukey, observou-se que no horário das 8:00 horas, o modelo NSSV, foi significativamente diferente dos outros modelos norte - sul, e não se diferenciou significativamente dos modelos leste - oeste, obtendo os menores valores de temperatura de bulbo seco no horário em questão. Nos horários das 11:00 e 14:00 horas, o modelo NSSV, continuou a apresentar os menores valores de temperatura de bulbo seco, porém não se diferenciou significativamente do modelo NSS. Nestes horários o modelo NSSV ainda se diferenciou significativamente do modelo NS. Às 17:00 e às 19:00 horas não foi encontrada nenhuma diferença estatística entre os modelos, porém os modelos NSSV e o LOV apresentaram

os menores valores de temperatura de bulbo seco, como pode se visualizar na Tabela 5.2 e na Figura 5.7.

Tabela 5.2. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, de verão.

Médias e Desvio Padrão de Tbs (°C)										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP								
NS	27,1a	3,0	30,1a	1,8	32,1a	2,6	30,5	3,6	28,8	2,8
NSSV	25,5b	2,6	28,3b	2,1	30,4b	2,7	29,1	3,3	27,3	2,7
NSS	27,3a	3,1	29,4ab	1,6	31,6ab	2,2	29,8	3,1	28,2	2,5
LOV	24,9b	1,6	28,9bc	1,6	31,2ab	2,1	29,1	3,0	27,6	2,6
LO	27,5b	1,7	29,5a	1,6	32,1a	2,2	29,8	3,2	28,4	2,8

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

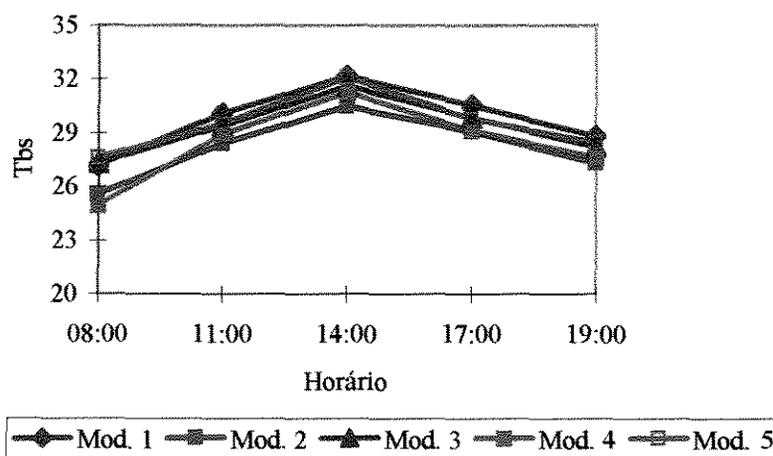


Figura 5.7. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de verão.

Observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente, mais uma vez, foram os modelos NSSV, e o modelo LOV, apesar da temperatura de bulbo seco não evidenciar estatisticamente esse resultado em todos horários, como ocorreu com a temperatura de globo. O efeito da ventilação forçada também foi maior nos modelos norte - sul do que nos

modelos leste - oeste, porém a magnitude da redução da temperatura foi menor, isto é, reduzindo em média 1,5°C a temperatura de bulbo seco nos modelos norte - sul e 1,0°C nos modelos leste - oeste. O efeito do sombreamento também não foi evidenciado em nenhum dos horários estudados. Somente a associação entre sombreamento e ventilação forçada é que conseguiu reduzir a temperatura interna dos modelos norte - sul.

5.1.1.2.3. Umidade Relativa

Analisando as médias obtidas de umidade relativa nos modelos em estudo, através da análise de variância para os diferentes horários, pode-se observar que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Comparando-se as médias de umidade relativa através do teste de Tukey, como era de se esperar, o modelo NS, seguido pelo modelo NSS, foram os que obtiveram as menores médias de umidade relativa durante todo o dia. Os outros modelos testados, NSSV e os dois modelos leste - oeste (LOV e LO), não apresentaram diferenças estatísticas entre si durante todo o período do dia, possuindo os maiores valores de umidade relativa, pois foram os modelos que apresentaram os menores valores de temperatura de bulbo seco e principalmente de temperatura de globo em seu interior. A menor quantidade de calor concentrado no interior destes modelos, fez com que sua umidade relativa pudesse subir a níveis maiores que nos modelos NS e NSS. Observou-se que, a presença dos ventiladores nos modelos NSSV e LOV, não reduziu a umidade relativa em relação aos modelos sem ventiladores, e muitas vezes chegou até a elevá-la, fato ocorrido pela maior evaporação da cama nos modelos com ventilação forçada associado com a redução da temperatura nestes modelos. O fator predominante para o aumento ou a redução da umidade relativa foi a entrada ou não da radiação solar direta.

Na Tabela 5.3 e na Figura 5.8 são apresentados os resultados de umidade relativa nos diferentes modelos, para os horários em estudo.

Tabela 5.3. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.

Horários	Médias e Desvio Padrão de UR (%)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	68,4 a	12,0	60,7a	6,2	53,5a	9,0	57,2	11,7	60,7	7,8
NSSV	76,3 bc	10,4	66,6b	6,8	60,0b	9,2	63,3	13,6	67,2	10,7
NSS	71,5 a	12,0	64,1ab	6,7	57,2ab	8,0	61,7	12,5	60,4	9,2
LOV	79,6 b	8,3	66,1b	7,7	57,8ab	8,3	63,7	13,0	68,1	10,2
LO	77,7 b	8,4	65,8b	8,0	56,8ab	8,7	64,2	13,3	67,4	10,5

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

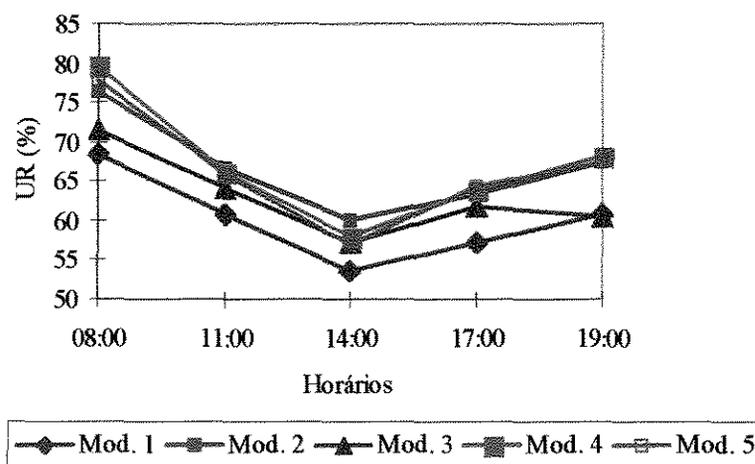


Figura 5.8. Umidade Relativa (UR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.

5.1.1.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

As médias obtidas do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos diferentes modelos, para todos os horários em estudo, apresentaram as mesmas tendências verificadas no comportamento da temperatura de globo e da temperatura de bulbo seco. Na análise de variância

pode-se observar que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Através do teste de Tukey, observou-se que não houve diferença significativa entre os modelos NSSV, LOV e LO que apresentaram os menores valores de ITGU, mostrando ser os mais confortáveis termicamente. Os modelos NS e NSS também não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, apresentando os maiores valores de ITGU verificados, como pode-se observar na Tabela 5.4, e na Figura 5.9.

Tabela 5.4. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.

Horários	Médias e Desvio Padrão de ITGU									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	78,4 a	4,4	81,4a	6,7	83,1ab	2,8	81,5	8,6	78,4	4,5
NSSV	76,5 bc	3,0	79,3bc	4,0	81,5b	2,6	79,7	4,0	76,9	4,0
NSS	80,2 a	5,2	81,3a	4,4	83,5a	2,5	81,0	8,5	78,4	3,1
LOV	75,2 b	2,0	80,0bc	5,1	82,3ab	2,5	78,6	7,0	77,6	3,0
LO	75,5 b	2,1	80,1bc	5,2	82,4ab	3,0	80,0	3,7	78,3	3,5

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

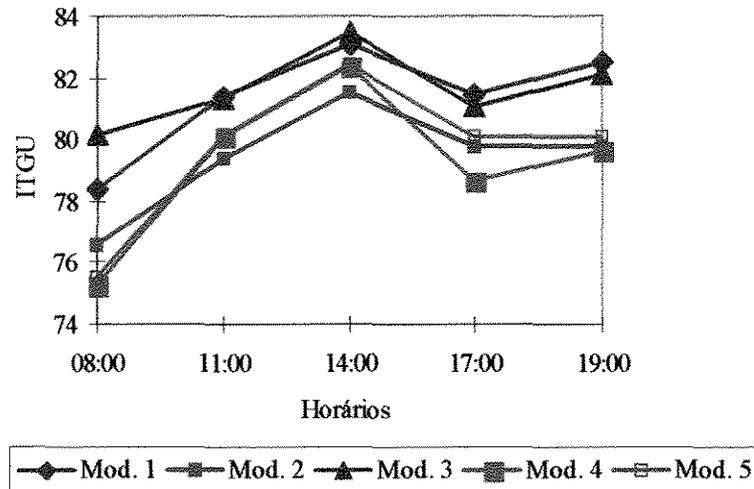


Figura 5.9. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.

Observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente, em todos os horários estudados foram os modelos NSSV, e os modelos leste - oeste (LOV e LO). O efeito da ventilação forçada, como pode-se observar, foi maior nos modelos norte - sul do que nos modelos leste - oeste. O efeito unicamente do sombreamento não foi evidenciado em nenhum dos horários estudados, somente a associação entre sombreamento e ventilação forçada é que conseguiu melhorar o índice de temperatura de globo e umidade nos modelos norte - sul.

5.1.1.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR)

Analisando estatisticamente as médias obtidas de Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, observou-se, através da análise de variância, que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância apenas no horário das 8:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, não foi observada diferença significativa entre todos modelos em praticamente todos os horários estudados, com exceção do

horário das 8:00 horas da manhã. Porém, observou-se uma tendência de cargas térmicas mais baixas de radiação para o modelo NSSV, em relação aos outros modelos norte - sul, principalmente às 8:00 horas e às 17:00 horas, quando o sol se encontrava mais inclinado em relação à face oeste dos modelos norte - sul, evidenciando o efeito do sombreamento em conjunto com a ventilação forçada, como se pode observar na Tabela 5.5 e na Figura 5.10.

Tabela 5.5. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de verão.

Médias e Desvio Padrão de CTR (W/m^2)										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	496,3 ab	46,2	510,5	17,7	520,5	22,6	528,3	60,5	483,1	36,4
NSSV	493,5 ab	44,3	507,7	35,2	522,8	40,2	505,4	37,3	483,9	25,2
NSS	516,0 ab	57,3	513,3	19,5	527,5	23,7	525,1	65,0	481,7	23,4
LOV	472,9 bc	20,8	509,1	23,8	523,9	27,1	500,3	45,2	482,5	18,7
LO	479,8 bc	18,1	514,4	21,0	525,8	34,4	503,8	26,7	485,4	21,4

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

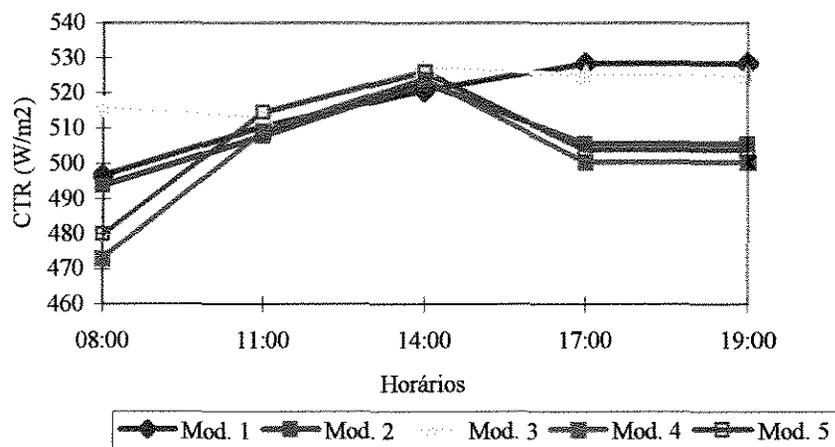


Figura 5.10. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de verão.

Mesmo não havendo diferenças significativas entre os modelos em estudo, na maioria dos horários analisados observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente em praticamente todos os horários estudados, foram os modelos NSSV e os modelos leste - oeste (LOV e LO), assim como nas outras variáveis climáticas estudadas. O efeito da ventilação forçada através da análise da carga térmica de radiação foi maior nos modelos norte - sul, reduzindo em até 12W/m^2 a carga térmica de radiação entre modelos ventilados e não ventilados. Nos modelos leste - oeste, a redução da carga térmica de radiação não passou de $4,2\text{W/m}^2$. O efeito do sombreamento nos modelos norte - sul só foi verificado no horário das 17:00 horas, quando a carga térmica do modelo NSS foi apenas 3W/m^2 menor que no modelo NS.

5.1.1.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados de verão.

Após realizar-se uma análise estatística de todos os horários em estudo, procedeu-se a análise estatística englobando os horários mais críticos em termos de calor, sendo eles: 11:00, 14:00 e 17:00 horas.

5.1.1.3.1. Temperatura de Globo

Ao realizar uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de temperatura de globo para os horários mais críticos do dia, foram detectadas diferenças estatísticas entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, observou-se que os modelos que apresentaram as menores médias de temperatura de globo foram os modelos NSSV e LOV, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si, assim como o ocorrido na análise de cada horário

individualmente. Os modelos NS, NSS e LO, não se diferenciaram significativamente entre si, apresentando os maiores valores de temperatura de globo. Na Tabela 5.6, pode-se visualizar as médias obtidas na análise estatística.

Tabela 5.6. Médias e desvio padrão de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de verão.

Horários	Variáveis Climáticas									
	Tg (°C)		Tbs (°C)		UR (%)		ITGU		CTR (W/m ²)	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	32,7a	3,8	30,4	3,0	57,1a	10,1	81,7b	3,9	517,8b	35,8
NSSV	30,6b	3,0	28,9	2,8	63,2b	10,6	79,6a	3,1	507,4a	35,2
NSS	32,5a	3,7	29,8	2,7	61,2b	10,2	81,6b	3,8	518,8b	37,4
LOV	31,0b	2,8	29,4	2,6	62,4b	10,4	80,1a	2,9	509,6a	29,6
LO	32,1a	3,0	29,9	2,7	62,5b	10,5	79,9a	3,3	512,7a	28,2

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando os horários mais quentes do dia em conjunto, observa-se que o efeito da ventilação mais uma vez foi maior nos modelos norte - sul que nos modelos leste - oeste. A presença dos ventiladores, reduziu em média 2°C a temperatura de globo nos modelos norte - sul, enquanto que nos modelos leste - oeste, reduziu em apenas 1°C a temperatura de globo. Não foi verificado nenhum efeito na redução da temperatura de globo devido apenas ao efeito do sombreamento, quando comparam-se os modelos NS e NSS, sem e com sombreamento, respectivamente. Somente a associação do sombreamento com a ventilação forçada é que conseguiu reduzir efetivamente a temperatura de globo nos modelos norte - sul.

5.1.1.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Analisando estatisticamente as médias obtidas de temperatura de bulbo seco nos diferentes modelos, para os horários mais críticos através da análise de variância, observou-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Através do teste de Tukey a um nível de significância de 5% observou-se que, mais uma vez, o modelo NSSV obteve os menores valores de temperatura de bulbo seco quando comparado aos demais modelos, não diferenciando-se significativamente do modelo LOV. Os modelos NS, NSSV e LO, não se diferenciaram estatisticamente entre si, apresentando os maiores valores de temperatura de bulbo seco.

Assim como o ocorrido ao analisar-se a temperatura de globo, os modelos mais confortáveis termicamente foram os modelos NSSV, e o modelo LOV. O efeito da ventilação forçada também foi maior nos modelos norte - sul, reduzindo em média 1,5°C a temperatura de bulbo seco no modelo ventilado. Nos modelos leste – oeste, a redução da temperatura de bulbo seco devido à presença dos ventiladores foi de apenas 0,5°C. O efeito do sombreamento também não foi evidenciado em termos de redução da temperatura de bulbo seco no modelo norte - sul sombreado, quando comparado com o modelo norte - sul não sombreado.

5.1.1.3.3. Umidade Relativa

Através da análise de variância entre as médias dos dados de umidade relativa nos horários mais críticos em termos de desconforto térmico, pode-se observar que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias de umidade relativa através do teste de Tukey, observou-se que o modelo NS, foi o que obteve a menor média de umidade

relativa durante todo o dia, diferenciando-se estatisticamente dos demais modelos, que não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. O Modelo norte - sul NS, pelo fato de não ter tido qualquer tipo de sombreamento, e não possuir ventiladores para dissipar o calor que acumulava em seu interior, teve a cama secada com maior facilidade e conseqüentemente a umidade relativa diminuiu a níveis mais baixos em seu interior.

Na Tabela 5.6 pode-se visualizar as médias de umidade relativa resultantes dos dados dos horários mais críticos do dia e as diferenças estatísticas existentes entre elas.

5.1.1.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Através da análise de variância, foram detectadas diferenças estatísticas ao nível de 5% entre as médias do índice de temperatura de globo e umidade. Através do teste de Tukey, observou-se que não houve diferença significativa entre os NSSV, LOV e LO que apresentaram os menores valores de ITGU. Os modelos NS e NSS não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, possuindo os maiores valores de ITGU, mais uma vez mostrando serem os mais desconfortáveis termicamente, como pode-se observar na Tabela 5.6.

Comparando-se os modelos com e sem ventilação forçada, através do ITGU, observa-se que a ventilação nos modelos norte - sul foi mais eficiente que nos modelos leste - oeste, assim como o ocorrido quando analisaram-se as temperaturas de globo e de bulbo seco. Não foi verificado nenhum efeito de redução de temperatura nos modelos norte - sul apenas pelo sombreamento, mas sim pela associação do sombreamento com a ventilação forçada.

5.1.1.3.5. Carga Térmica de Radiação

Analisando estatisticamente as médias obtidas de carga térmica de radiação (CTR) dos horários mais críticos nos diferentes modelos, observou-se através da análise de variância que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, observou-se que não houve diferença estatística entre os modelos NSSV e os modelos LOV e LO, que obtiveram as menores médias de carga térmica de radiação. Não foram observadas diferenças significativas entre os modelos NS e modelo NSS que obtiveram os maiores valores de CTR, quando comparados aos demais como pode-se observar na Tabela 5.6.

Novamente observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente, foram os modelos norte - sul com sombreamento e ventilação forçada NSSV, e os modelos leste - oeste (LOV e 5), assim como nas outras variáveis climáticas estudadas. O efeito da ventilação forçada, através da análise da carga térmica de radiação, também foi maior nos modelos norte - sul (redução de até 10W/m^2), do que nos modelos leste - oeste, onde a radiação da carga térmica de radiação não passou de $3,2\text{W/m}^2$.

Não foi verificado efeito de redução da carga térmica de radiação devido apenas ao sombreamento, assim como nas outras variáveis estudadas. Em trabalhos onde foi utilizado o sombreamento com árvores mais velhas, e de espaçamento menor entre as mesmas constituindo um sombreamento mais intenso, foram encontrados resultados mais satisfatórios do sombreamento, como em SILVA (1998), onde o sombreamento intenso de eucaliptos reduziu em até 11,3% a T_g em aviários de postura culminando em um aumento de produtividade de até 12,5%.

Ao analisar-se o balanço térmico ocorrido nos modelos, nota-se que o efeito da convecção na redução da temperatura, no modelo norte – sul ventilado, foi muito maior que o efeito do sombreamento, fazendo com que o modelo ventilado tenha tido um desempenho térmico melhor que o modelo norte – sul sombreado e não ventilado.

5.1.2. Resultados obtidos para o período de inverno.

Assim como foi realizado para os dados de verão, os dados climáticos de inverno também foram submetidos a um tratamento estatístico, onde foi realizada uma análise de variância entre as médias obtidas nos diferentes modelos, para os diferentes horários em estudo. No inverno foram coletados dados referentes à 27 dias considerados como críticos.

Mais uma vez, a análise estatística dos dados foi feita utilizando-se somente os dias que apresentaram dados de entalpia superiores ao valor de entalpia considerado como crítica para os frangos em idade adulta, 76,423 kJ/Kg de ar seco.

Inicialmente, foi feita uma análise para cada horário de estudo 8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas e posteriormente fez-se uma análise estatística englobando unicamente os dados obtidos dos horários mais críticos em termos de estresse térmico (11:00, 14:00 e 17:00 horas).

5.1.2.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo

Nas Figura 5.11 a 5.15 são apresentadas as condições ambientais externas vigentes nos períodos de coleta de dados, às 8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas respectivamente, para o período de inverno.

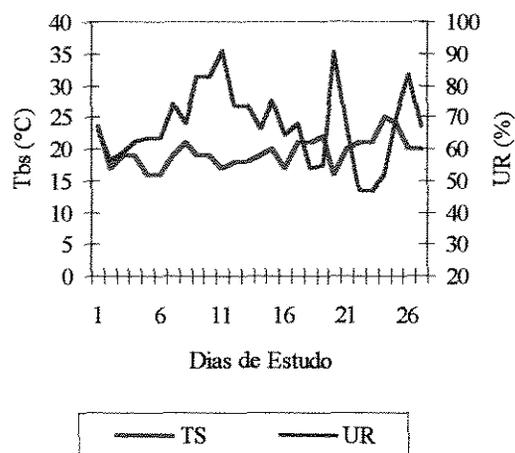


Figura 5.11. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de inverno.

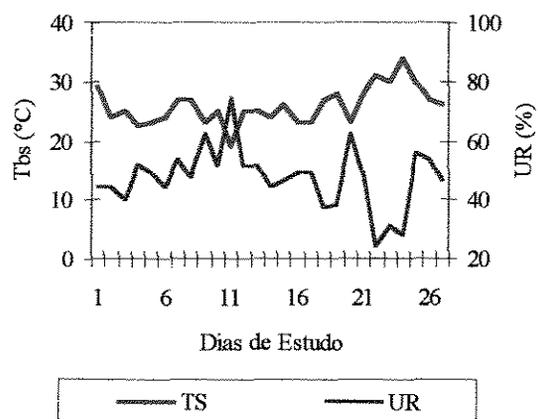


Figura 5.12. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de inverno.

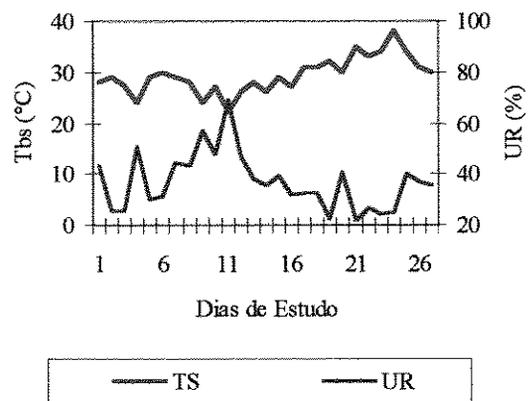


Figura 5.13. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de inverno.

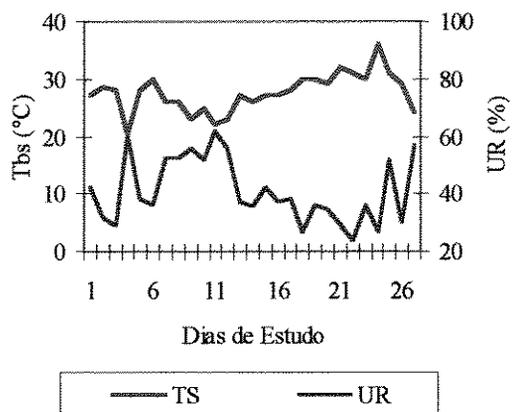


Figura 5.14. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de inverno.

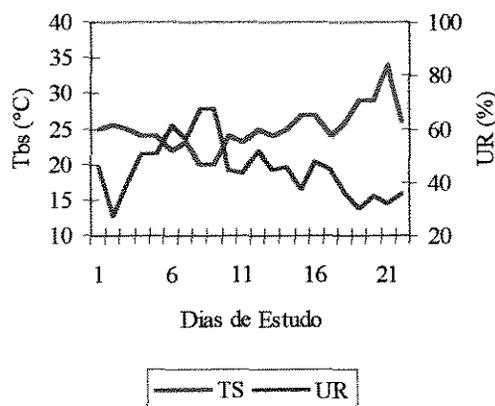


Figura 5.15. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de inverno.

5.1.2.2. Análise para todos horários de coleta de dados.

5.1.2.2.1. Temperatura de Globo

Ao realizar-se uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de temperatura de globo nos diferentes modelos em cada horário em estudo no período de inverno, pode-se observar que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, também ao nível de 5% de significância, observou-se que, na maioria dos horários estudados, o modelo que apresentou as menores médias de temperatura de globo foi o modelo NSSV. Observa-se que os modelos leste - oeste (LOV e LO) nos horários das 11:00 e 14:00 horas, apresentaram valores de temperatura de globo maiores que os demais, chegando a se diferenciarem significativamente dos outros modelos em estudo às 14:00 horas.

O fato dos modelos leste - oeste atingirem temperaturas maiores nesta parte do dia dá -se devido a inclinação do sol em aproximadamente 25° norte nessa época do ano, fazendo com que os modelos leste - oeste recebam radiação solar direta em seu interior através da face norte dos

modelos. De acordo com o *software* Luz do Sol (RORIZ, 1995), no horário das 14:00 horas, o total de radiação solar que atinge a face norte de uma instalação é de 553 W/m^2 no inverno, enquanto que no verão, neste mesmo horário, apenas 53 W/m^2 atingem a face norte da instalação.

Nos anexos 1 e 2 pode-se visualizar o montante de radiação solar que atinge as várias faces da instalação, em W/m^2 , nos solstícios de verão e inverno. Tanto no Módulo Gráfico, como no Módulo de Tabela, considera-se a orientação 0° como sendo a face Norte, a 90° como sendo a face leste, 180° como face sul e 270° face oeste.

Autores como MARBOUTIN (1931), MORGAN (1990) e OLIVEIRA (1983), em seus experimentos, também observaram que no período de inverno, para o hemisfério sul, as fachadas orientadas para norte são as mais atingidas pela radiação solar direta, implicando em maiores temperaturas nos abrigos que possuem aberturas nestas fachadas.

No horário das 17:00 horas, não foi encontrada nenhuma diferença estatística significativa entre os modelos em estudo. Neste horário, a radiação solar direta já atingia o interior dos modelos norte - sul também, continuando a atingir o interior dos modelos leste - oeste. Às 19:00 horas não foi verificada nenhuma diferença estatística entre os modelos estudados, pois neste horário já não havia mais radiação solar direta sobre os modelos. Na Tabela 5.7 e na Figura 5.16, pode-se observar o comportamento das médias de temperatura de globo no interior dos modelos nos diferentes horários de estudo.

Tabela 5.7. Médias de Temperatura de Globo (T_g), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.

Horários	Médias e Desvio Padrão de T _g (°C)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	26,4a	4,8	28,6ab	2,8	30,2a	3,8	33,4	5,2	27,5	3,0
NSSV	23,2b	3,0	26,4a	3,0	29,4a	3,6	30,5	4,0	26,1	3,1
NSS	27,5a	4,9	28,1ab	3,0	30,1a	3,6	34,2	6,8	27,0	3,0
LOV	20,0c	2,6	30,0bc	4,6	35,9b	5,0	31,2	4,7	26,6	2,8
LO	20,8bc	2,8	33,0c	6,0	40,3b	7,3	32,1	5,5	27,3	2,8

Observação: Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

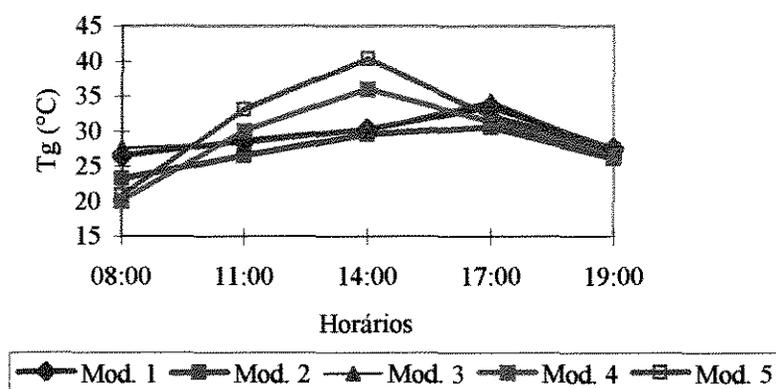


Figura 5.16. Temperatura de Globo (T_g), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de inverno.

Analisando a temperatura de globo, observou-se que o modelo mais confortável termicamente para as condições de inverno, na maior parte do dia, foi o modelo NSSV. Nas horas mais quentes do dia os modelos que apresentaram o pior desempenho em termos de conforto térmico foram os modelos leste - oeste (LOV e LO). Observou-se que em média o efeito da ventilação forçada foi igual para os modelos norte - sul e leste - oeste, com uma redução de 2°C na temperatura de globo quando se comparam as temperaturas obtidas nos modelos com e sem ventilação forçada. O maior efeito da ventilação nos modelos leste - oeste foi verificado nos horários de maior incidência de radiação solar no interior destes

modelos: 11:00 e 14:00 horas. Em nenhum dos horários foi observado efeito do sombreamento na melhora das condições ambientais dos modelos norte – sul, ao se compararem as temperaturas obtidas no modelo sombreado NSS e no modelo norte - sul não sombreado NS.

5.1.2.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Analisando estatisticamente as médias obtidas de temperatura de bulbo seco no período de inverno, em cada um dos horários estudados, através da análise de variância, observou-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Através do teste de Tukey, pode-se observar que os modelos norte - sul (modelos NS, NSS e NSSV), não se diferenciaram significativamente entre si em nenhum dos horários estudados. O modelo NSSV, em todos os horários apresentou as menores médias obtidas quando comparado aos modelos NSS e NS. Os modelos leste - oeste (LOV e LO) não se diferenciaram estatisticamente entre si em todos os horários de estudo, e apenas se diferenciaram estatisticamente dos demais modelos às 8:00 horas, quando suas temperaturas internas foram as menores obtidas, e às 14:00 horas, quando suas temperaturas internas foram as maiores obtidas devido à entrada de radiação solar direta nos modelos leste – oeste, neste horário. Nos horários das 17:00 e 19:00 horas não foi encontrada nenhuma diferença estatística entre os modelos, assim como o ocorrido na análise da temperatura de globo, como pode ser observado na Tabela 5.8 e na Figura 5.17.

Tabela 5.8. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, para o período de inverno.

Médias e Desvio Padrão de Tbs (°C)										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP								
NS	23,4a	4,0	26,0a	2,9	28,8ab	3,5	28,8	3,6	26,0	2,8
NSSV	21,3a	2,5	24,7a	3,1	27,6a	3,5	27,4	3,6	25,0	2,9
NSS	23,4a	2,6	24,8a	3,1	27,8ab	3,7	28,6	4,7	25,3	3,0
LOV	19,0b	2,7	25,6b	3,2	30,4bc	3,1	27,8	3,4	25,6	2,6
LO	19,1b	2,7	26,0a	2,8	31,4c	3,3	28,0	3,3	26,1	2,7

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

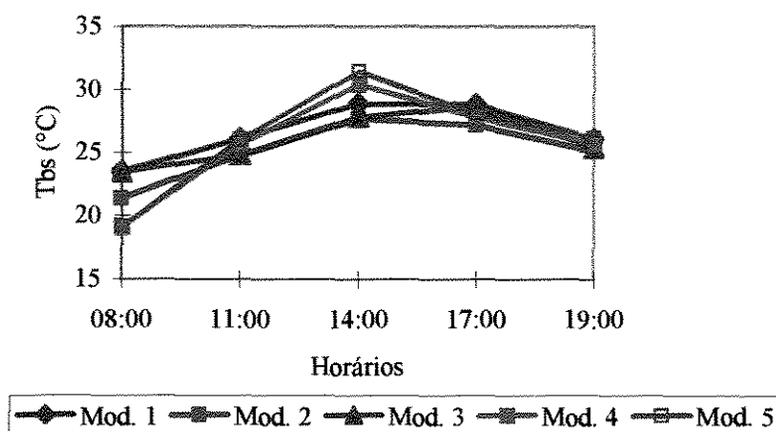


Figura 5.17. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.

Analisando o comportamento da temperatura de bulbo seco nos diferentes modelos, pode-se observar que não houve diferenças estatísticas entre os modelos norte - sul. Mais uma vez foi possível observar maiores temperaturas nos modelos leste - oeste, no horário mais quente do dia: às 14:00. Apesar de não terem sido detectadas diferenças estatísticas entre os modelos leste - oeste e entre os modelos norte - sul, verificou-se que o efeito da ventilação forçada foi maior nos modelos norte - sul do que nos modelos leste - oeste, ocorrendo uma redução de 1,5°C na temperatura de bulbo seco nos modelos norte - sul, e

apenas 0,5°C nos modelos leste - oeste. O efeito do sombreamento não foi evidenciado em nenhum dos horários estudados. Somente a associação entre sombreamento e ventilação forçada é que conseguiu reduzir a temperatura interna dos modelos norte - sul.

5.1.2.2.3. Umidade Relativa

Analisando as médias obtidas de umidade relativa nos modelos em estudo através da análise de variância para os diferentes horários, foi encontrada diferença estatística entre os modelos ao nível de 5% de significância apenas no horário das 8:00 horas. Comparando-se as médias de umidade relativa através do teste de Tukey no horário das 8:00 horas, os modelos norte - sul (NS, NSS, NSSV) não apresentaram diferenças estatísticas entre si, possuindo valores mais baixos de umidade relativa que os modelos leste - oeste que também não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Neste horário, os modelos norte - sul ainda estão recebendo mais radiação solar direta em seu interior do que os modelos leste - oeste. No horário das 14:00 horas, apesar de não haverem sido detectadas diferenças estatísticas entre todos os modelos, observa-se que os modelos leste - oeste tiveram os menores valores de umidade relativa, devido à entrada de radiação solar direta em seu interior, o que ocasionou o aumento da temperatura interna e conseqüente redução na umidade relativa.

A presença dos ventiladores nos modelos NSSV e LOV, não reduziu a umidade relativa em relação aos modelos sem ventiladores. O fator predominante para o aumento ou a redução da umidade relativa, assim como no período de verão, foi a presença ou não da radiação solar direta.

Na Tabela 5.9 e na Figura 5.18 são apresentados os resultado de umidade relativa nos diferentes modelos, para os horários em estudo.

Tabela 5.9. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.

Horários	Médias e Desvio Padrão de UR (%)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	63,5ab	14,9	48,8	9,5	40,5	9,5	40,8	10,2	45,9	9,5
NSSV	62,5a	14,1	48,6	10,1	41,0	13,3	40,2	12,2	42,3	11,3
NSS	62,2a	12,4	52,9	12,6	42,9	12,7	43,4	14,3	47,2	10,6
LOV	68,9ab	12,0	48,0	12,2	36,9	8,7	40,7	12,3	42,6	10,0
LO	72,3b	10,8	49,7	9,9	38,5	8,9	43,4	10,3	45,9	9,0

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

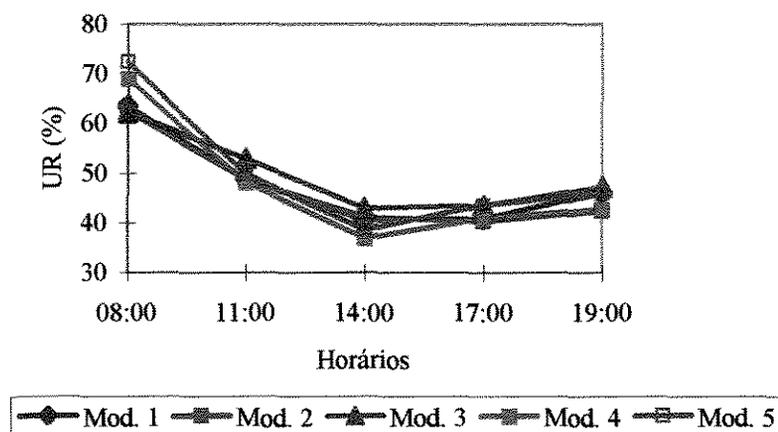


Figura 5.18. Umidade Relativa (UR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.

5.1.2.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Ao realizar a análise de variância nos dados do índice de temperatura de globo e umidade, observa-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância, nos horários das 8:00, 11:00, 14:00 e 17:00. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, notou-se que não houve diferença entre os modelos norte - sul (NS, NSS e NSSV), com exceção das 8:00 horas, quando o modelo NSSV apresentou a média de

ITGU significativamente menor que os outros modelos norte - sul. Observa-se que os modelos leste - oeste, principalmente o modelo LOV, no horário das 11:00 e 14:00 horas, apresentaram valores de ITGU maiores que os demais, assim como o ocorrido com as temperaturas de globo e de bulbo seco, chegando a diferenciar-se significativamente dos outros modelos em estudo às 14:00 horas. No horário das 17:00 horas, os modelos de ambas orientações praticamente não apresentaram diferenças estatísticas entre si, pois a radiação solar direta atinge neste período do dia, todos os modelos em estudo. Às 19:00 horas, mais uma vez, não foi verificada nenhuma diferença estatística entre os modelos estudados. Na Tabela 5.10 e na Figura 5.19 pode-se observar o comportamento das médias de ITGU no interior dos modelos, nos diferentes horários de estudo.

Tabela 5.10. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.

Médias e Desvio Padrão de ITGU										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP								
NS	73,4a	5,0	75,2ab	3,1	76,6a	4,1	79,9a	5,1	73,7	2,8
NSSV	69,5b	3,2	72,5a	3,2	75,4a	4,0	76,2ab	3,7	71,5	3,0
NSS	74,6a	5,2	74,7ab	3,1	76,5a	3,7	80,8a	6,8	73,1	3,0
LOV	66,1c	3,0	76,3b	5,0	82,3b	5,0	77,3ab	4,4	72,3	2,9
LO	65,6c	3,1	72,6a	3,1	78,4a	3,6	74,6b	3,4	72,4	2,9

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

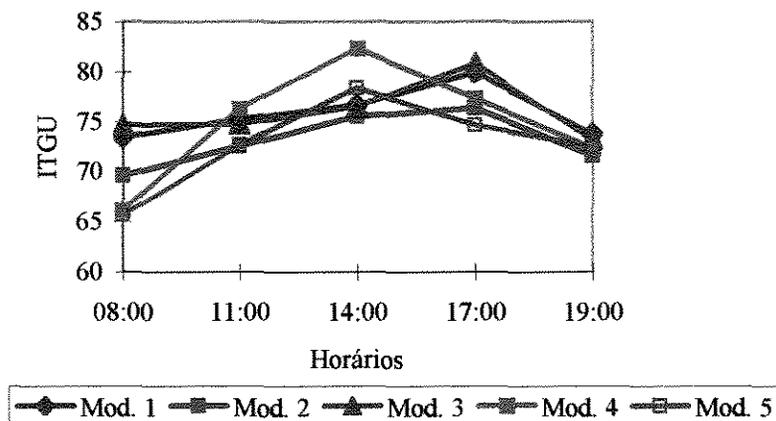


Figura 5.19. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de inverno.

Quanto à eficiência da ventilação forçada, verificou-se que em média para os modelos leste - oeste, a ventilação forçada abaixou o ITGU em 2,1 pontos quando se comparam as médias obtidas no modelo LOV com as médias obtidas no modelo LO. Nos modelos norte - sul a ventilação forçada presente no modelo NSSV, abaixou em até 2,9 pontos o ITGU, quando comparado ao Modelo NS. Não foi verificado nenhum efeito do sombreamento ao comparar-se as médias obtidas nos modelos NS com as médias obtidas no modelo NSS.

5.1.2.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR)

Analisando estatisticamente as médias obtidas de CTR nos diferentes modelos para os horários em estudo, observou-se através da análise de variância que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, não foi observada diferença significativa entre todos os modelos norte - sul em todos os horários estudados. Os modelos leste

- oeste (Modelos LOV e LO) também não apresentaram diferenças estatísticas entre si, em todos horários de estudo. Às 8:00 horas os modelos que apresentaram os menores valores de CTR foram os modelos leste - oeste, porém nos horários mais quentes do dia, 11:00 e 14:00 horas, estes modelos apresentaram os valores mais altos de CTR, devido à entrada nos modelos de radiação solar direta. Na Tabela 5.11 e na Figura 5.20, pode-se observar que os modelos leste - oeste (Modelos LOV e LO), tiveram a CTR mais alta que os modelos norte - sul (Modelos NS, NSS, e NSSV), durante a maior parte do dia.

Tabela 5.11. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de inverno.

Médias e Desvio Padrão de CTR (W/m ²)										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	473,7a	49,6	487,8a	21,3	489,6a	34,1	531,9	547,8	471,4	21,2
NSSV	469,4a	38,6	485,9a	21,3	506,7a	46,0	541,1	41,4	473,2	24,5
NSS	489,1a	52,0	491,2a	21,0	497,7a	25,3	545,7	66,8	470,1	20,2
LOV	434,6b	19,7	555,1b	92,4	614,7b	85,9	547,5	70,4	474,3	22,7
LO	434,3b	21,9	558,7b	91,5	619,7b	92,5	520,6	56,4	468,8	18,6

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

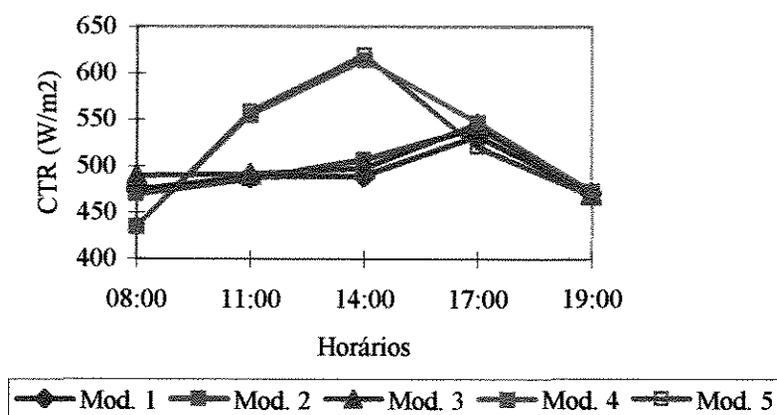


Figura 5.20. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de inverno.

Observou-se na maioria dos horários estudados, para o período de inverno, que os modelos mais confortáveis termicamente foram os modelos NSSV, NSS e NS. Os modelos leste - oeste (LOV e LO), apresentaram cargas térmicas de radiação mais altas durante a maior parte do horários estudados. Para o período de inverno não foi verificado nenhum efeito da ventilação forçada e do sombreamento, em termos de redução da carga térmica de radiação, tanto nos modelos norte - sul como nos modelos leste - oeste.

5.1.2.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados.

Assim como para o período de verão, foi realizada uma análise estatística englobando os dados dos horários mais críticos em termos de calor, sendo eles: 11:00, 14:00 e 17:00 horas.

5.1.2.3.1. Temperatura de Globo

Ao realizar uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de temperatura de globo para os dados dos horários mais críticos do dia, foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, observou-se que não houve diferenças estatísticas entre os modelos norte - sul (Modelos NS, NSSV e NSS), que apresentaram as menores médias de temperatura de globo quando comparados aos modelos leste - oeste (Modelos LOV e LO). Na Tabela 5.12 pode-se visualizar as médias obtidas na análise estatística.

Tabela 5.12. Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de inverno.

Horários	Variáveis Climáticas									
	Tg (°C)		Tbs (°C)		UR (%)		ITGU		CTR (W/m ²)	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	30,7ab	4,5	27,9ab	3,5	43,4	10,3	77,2a	4,6	503,1a	41,1
NSSV	28,8a	4,0	26,5a	3,6	43,2	12,4	74,7b	4,0	511,2a	43,8
NSS	30,8ab	5,3	27,0ab	4,2	46,4	13,8	77,3a	5,4	511,5a	49,0
LOV	32,4b	5,4	27,9ab	3,7	41,9	12,0	78,6a	5,4	572,4b	87,8
LO	35,1c	7,2	28,5b	3,8	43,9	10,7	75,2b	4,1	566,4b	90,7

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando os horários mais quentes do dia em conjunto, observa-se que o efeito da ventilação mais uma vez foi maior nos modelos leste - oeste que nos modelos norte - sul. Os ventiladores reduziram em média 1,9°C a temperatura de globo nos modelos norte - sul, enquanto que nos modelos leste - oeste a presença dos ventiladores reduziu em 2,7°C a temperatura de globo. O sombreamento não ocasionou efeito na redução da temperatura de globo nos modelos norte - sul sombreado.

5.1.2.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Através da análise de variância entre as médias obtidas de temperatura de bulbo seco nos diferentes modelos, para os horários mais críticos, observou-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Através do teste de Tukey a um nível de significância de 5%, apenas foi encontrada diferença estatística entre os modelos norte - sul sombreado e com ventilação forçada NSSV, que obteve a menor média de temperatura de bulbo seco, e o modelo leste - oeste LO, que obteve a maior média de temperatura. Os outros modelos não se diferenciaram estatisticamente entre si, como pode ser visualizado na Tabela 5.12.

O efeito da ventilação forçada em termos de temperatura de bulbo seco, ao contrário do ocorrido com a temperatura de globo, foi maior nos modelos leste - oeste, reduzindo em média 1,5°C a temperatura de bulbo seco no modelo ventilado. Nos modelos leste - oeste a redução da temperatura de bulbo seco devido a presença dos ventiladores foi de apenas 0,5°C. O efeito do sombreamento também não foi evidenciado em termos de redução da temperatura de bulbo seco no modelo norte – sul.

5.1.2.3.3. Umidade Relativa

Através da análise de variância entre as médias dos dados de umidade relativa nos horários mais críticos em termos de desconforto térmico, pode-se observar que não houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Nestes horários, todos os modelos, tanto os norte - sul como os leste - oeste estavam recebendo radiação solar direta em seu interior, fazendo com que suas umidades relativas se igualassem.

Na Tabela 5.6. pode se visualizar as médias de umidade relativa resultantes dos dados dos horários mais críticos do dia.

5.1.2.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Através da análise de variância, foram detectadas diferenças estatísticas ao nível de 5% entre as médias do índice de temperatura de globo e umidade. Através do teste de Tukey, observou-se que não houve diferença significativa entre os modelos NSSV e LO, que apresentaram os menores valores de ITGU. Os modelos NS, NSS e LOV não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, possuindo os maiores valores de ITGU, como pode-se observar na Tabela 5.12.

Comparando-se os modelos com e sem ventilação forçada, através do ITGU, observa-se que a ventilação nos modelos leste - oeste foi mais eficiente que nos modelos norte - sul, assim como ocorreu com a temperatura de globo. Não foi verificado nenhum efeito de redução de temperatura nos modelos norte - sul apenas pelo sombreamento, mas sim pela associação do sombreamento com a ventilação forçada.

5.1.2.3.5. Carga Térmica de Radiação

Analisando estatisticamente as médias obtidas de CTR dos horários mais críticos, nos diferentes modelos, observou-se através da análise de variância, que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, observou-se que não houve diferença estatística entre os modelos NSSV, o modelos NSS e o modelo NS, que apresentaram as menores média de CTR, assim como o ocorrido com a temperatura de globo. Os modelos LOV e LO obtiveram as maiores médias de carga térmica de radiação, e não se diferenciaram estatisticamente entre si.

Assim como foi observado ao analisarmos as temperaturas de globo e bulbo seco, observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente foram os modelos norte - sul (Modelos NS, NSSV e NSS). Os modelos leste - oeste (LOV e LO), se mostraram menos confortáveis termicamente que os modelos norte - sul como era de se esperar, devido à maior entrada de radiação solar direta nestes modelos, nos horários mais quentes do dia, nesta época do ano. Não foi observado nenhum efeito de redução da CTR devido ao efeito da ventilação forçada, ou do sombreamento dos modelos norte - sul, através da análise da carga térmica de radiação.

5.1.3. Resultados obtidos para o período de primavera.

Da mesma forma como foram analisados os dados de verão e inverno, os dados climáticos de primavera também foram analisados estatisticamente através de uma análise de variância entre as médias obtidas nos diferentes modelos, para os diferentes horários em estudo.

Foram utilizados na análise somente os dias que apresentaram dados de entalpia superiores ao valor de entalpia considerado como crítica, para os frangos em idade adulta, 76,423 kJ/Kg de ar seco. Na primavera foram obtidos 27 dias críticos.

5.1.3.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo

As Figuras 5.21 a 5.25 mostram as condições ambientais externas dos períodos de coleta de dados, às 8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas, para o período de primavera.

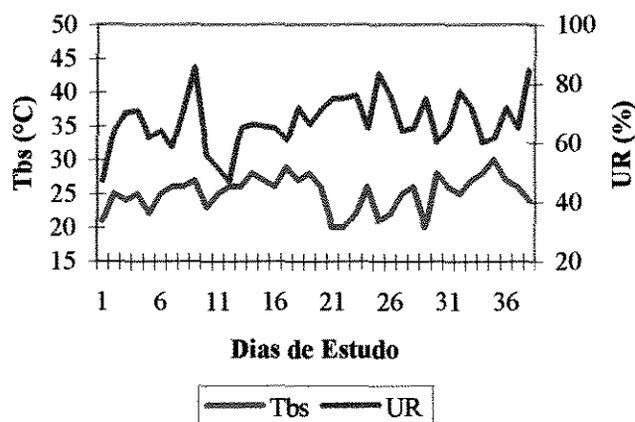


Figura 5.21. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de primavera.

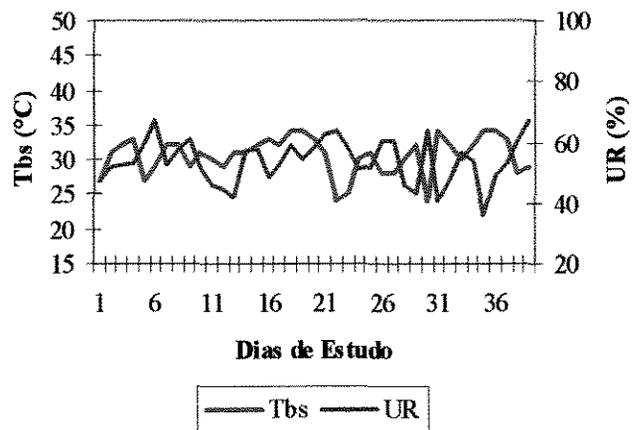


Figura 5.22. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de primavera.

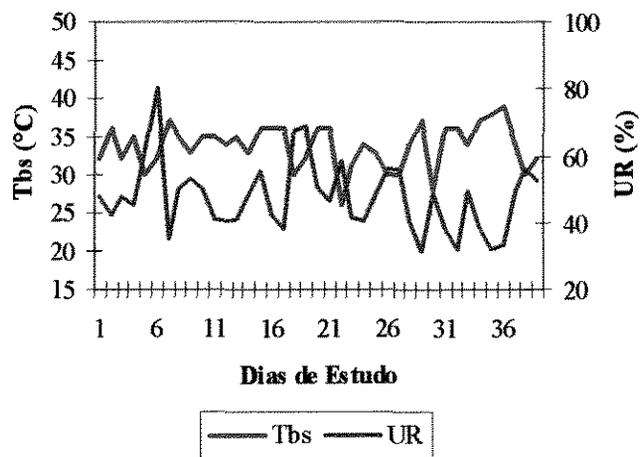


Figura 5.23. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de primavera.

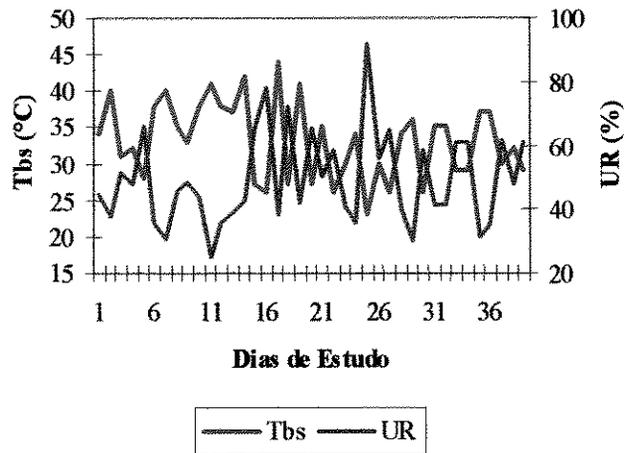


Figura 5.24. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de primavera.

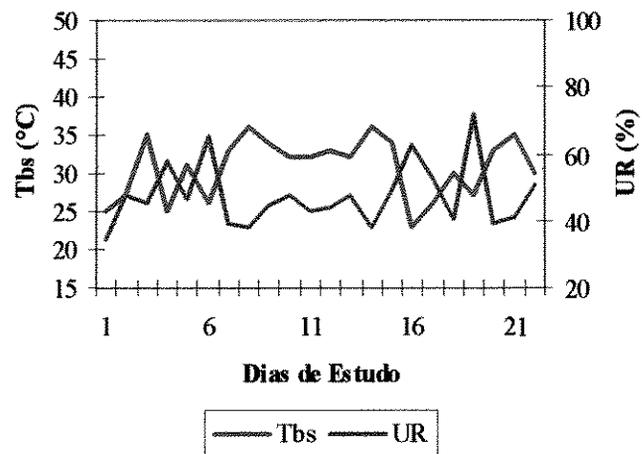


Figura 5.25. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de primavera.

5.1.3.2. Análise para todos os horários de coleta de dados.

5.1.3.2.1. Temperatura de Globo

Ao realizar-se uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de temperatura de globo nos diferentes modelos, para cada horário em estudo no período de primavera, observa-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00, 11:00 e 14:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, observou-se que na maioria dos horários estudados os modelos que apresentaram as menores médias de temperatura de globo foram os modelos NSSV e modelo LOV, que não se diferenciaram estatisticamente em todos os horários estudados. Observa-se, através da Figura 5.26 e da Tabela 5.13, que o modelo LO apresentou as maiores temperaturas de globo, principalmente nos horários das 11:00 e 14:00 horas e não se diferenciou estatisticamente dos modelos NS e NSS. Nos horários das 17:00 e 19:00 horas, não foram encontradas diferenças estatísticas entre as temperaturas de globo obtidas nos modelos, porém os modelos NSSV e LOV, continuaram apresentando as menores médias obtidas de temperatura de globo.

Tabela 5.13. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.

Horários	Médias e Desvio Padrão de Tg (°C)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	30,2a	4,2	30,9ab	2,2	33,1ab	3,0	32,0	4,2	30,1	3,3
NSSV	28,0ab	4,1	29,6a	2,2	31,5a	3,0	30,0	3,7	28,7	3,1
NSS	34,0c	7,0	31,1ab	2,0	33,3ab	2,8	31,6	4,2	29,8	3,0
LOV	25,1b	1,2	29,5a	1,7	31,8ab	3,0	29,0	3,7	28,7	3,2
LO	27,7ab	2,1	32,5b	2,2	34,8b	3,1	32,2	2,6	30,5	3,4

Observação: Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

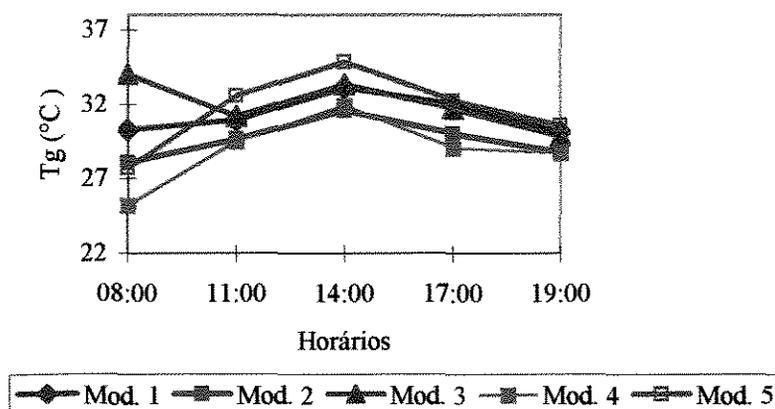


Figura 5.26. Temperatura de Globo (T_g) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.

Analisando a temperatura de globo, observou-se que o modelos mais confortáveis termicamente para as condições de primavera foram os modelos NSSV e LOV. O modelo que apresentou pior desempenho em termos de conforto térmico nas horas mais quentes do dia foi o modelo LO. Para as condições climáticas de primavera, os modelos leste - oeste obtiveram um efeito maior da ventilação forçada, quando comparado ao efeito obtido nos modelos norte - sul. Observou-se que em média a redução de temperatura de globo nos modelos leste - oeste, devido ao efeito da ventilação, foi de $2,7^{\circ}\text{C}$, enquanto que nos modelos norte - sul, foi de $1,7^{\circ}\text{C}$. Em nenhum dos horários foi observado efeito somente do sombreamento na melhora das condições ambientais dos modelos norte - sul, quando se compara a temperatura obtida no NSS e no modelo NS.

5.1.3.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Analisando estatisticamente as médias obtidas de temperatura de bulbo seco no período de primavera nos horários estudados através da análise de variância, observou-se que houve

diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância nos horários das 8:00 e 11:00. Através do teste de Tukey, pode-se observar que só foram encontradas diferenças estatísticas, entre os modelos NSS e o modelo LOV, no horário das 8:00 horas, e entre o modelo NSSV e o modelo LO. Pode-se observar que não foram encontradas nesta análise muitas diferenças estatísticas entre os modelos, porém, como pode ser visualizado na Tabela 5.14 e na Figura 5.27, o modelo LO foi o que apresentou os maiores valores de temperatura de bulbo seco em todos os horários com exceção das 8:00 horas, enquanto os outros modelos apresentaram praticamente o mesmo comportamento, em termos de temperatura de bulbo seco.

Tabela 5.14. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, para o período de primavera.

Horários	Médias e Desvio Padrão de Tbs (°C)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	26,2ab	3,5	28,6ab	2,6	30,8	3,2	29,2	3,8	28,1	3,1
NSSV	25,2ab	2,8	28,0a	2,0	30,0	2,9	28,3	3,2	27,2	3,0
NSS	27,0a	3,0	28,6ab	1,7	30,5	2,5	29,0	3,6	28,0	2,7
LOV	24,1b	1,1	28,0ab	2,0	29,8	2,2	27,7	3,3	27,5	3,0
LO	25,3ab	2,4	30,1b	2,5	32,6	3,7	30,0	3,0	29,2	3,7

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

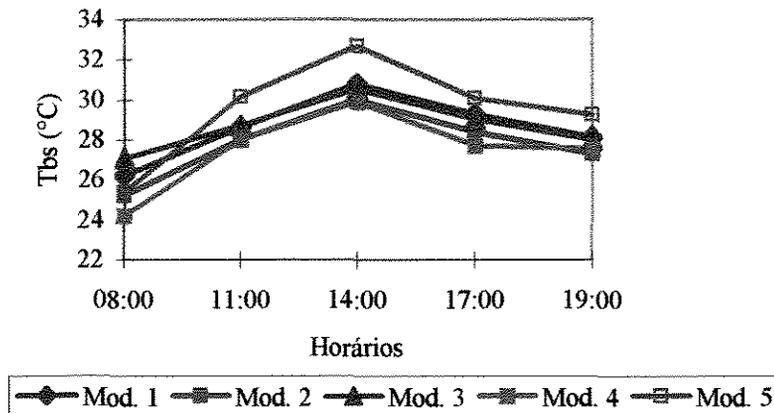


Figura 5.27. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de primavera.

Assim como ocorreu com a temperatura de globo, mais uma vez foi possível observar maiores temperaturas no modelo LO na maior parte do dia. Verificou-se também que o efeito da ventilação forçada foi maior nos modelos norte – sul do que nos modelos leste - oeste, implicando em uma redução média de $2,0^{\circ}\text{C}$ na temperatura de bulbo seco nos modelos norte – sul, e apenas $0,8^{\circ}\text{C}$ nos modelos leste - oeste. O efeito do sombreamento não foi evidenciado em nenhum dos horários estudados; somente associação entre sombreamento e ventilação forçada é que conseguiu reduzir a temperatura interna dos modelos norte - sul.

5.1.3.2.3. Umidade Relativa

Analisando as médias obtidas de umidade relativa nos modelos em estudo, através da análise de variância, nos diferentes horários, não foi encontrada diferença estatística entre os modelos, ao nível de 5% de significância, em nenhum dos horários estudados.

A presença dos ventiladores nos modelos NSSV e LOV, não reduziu a umidade relativa em relação aos modelos sem ventiladores, o fator predominante para o aumento ou a redução da

umidade relativa, assim como ocorreu nos períodos de verão e inverno, foi a entrada ou não da radiação solar direta.

Na Tabela 5.15 e na Figura 5.28 são apresentados os resultado de umidade relativa, nos diferentes modelos, para os horários em estudo.

Tabela 5.15. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.

Horários	Médias e Desvio Padrão de UR (%)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	68,8	16,4	58,3	9,6	54,9	15,7	55,9	17,0	51,0	10,4
NSSV	69,6	13,5	59,9	9,2	55,5	14,1	57,9	14,4	53,8	11,2
NSS	67,8	13,1	59,6	9,1	55,7	13,4	58,7	16,0	54,1	11,0
LOV	71,9	10,0	60,2	10,3	53,6	13,2	58,9	18,4	53,2	11,1
LO	76,2	6,8	61,5	8,3	54,2	13,5	60,2	13,3	53,5	12,3

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

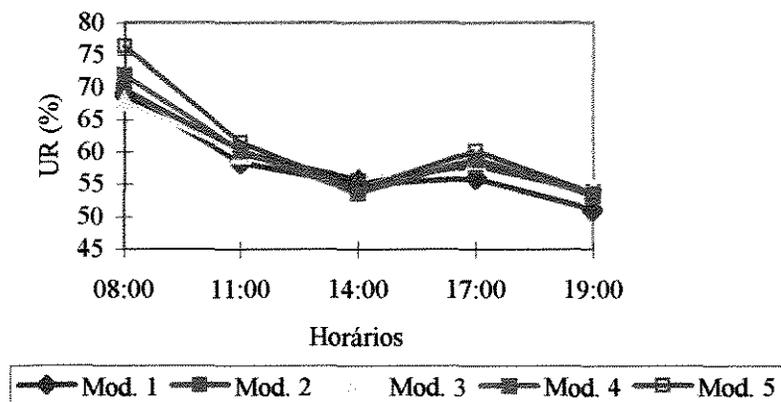


Figura 5.28. Umidade Relativa (UR), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de primavera.

5.1.3.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Ao realizar a análise de variância nos dados do índice de temperatura de globo e umidade, observa-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância, nos horários das 8:00, 11:00, 14:00 e 17:00. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, observou-se que não houve diferença entre os modelos NSSV e o modelo LOV em todos horários estudados, sendo estes modelos que apresentaram os menores valores de ITGU, quando comparados aos demais. Os modelos NS, NSS e LO também não apresentaram diferenças estatísticas entre si, na maioria dos horários estudados, obtendo os maiores valores de ITGU após às 8:00 horas, assim como está disposto na Tabela 5.16 e na Figura 5.29.

Tabela 5.16. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.

Médias e Desvio Padrão de ITGU										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	78,7ab	4,2	79,3ab	2,6	81,7ab	2,8	80,2a	3,9	77,6	3,6
NSSV	78,2ab	10,0	78,0a	2,5	80,1a	2,7	78,2ab	3,6	76,2	3,1
NSS	82,8a	7,1	79,8ab	2,4	82,1ab	2,8	80,2a	3,9	77,6	2,9
LOV	73,4b	1,7	77,9a	1,7	80,2a	2,8	77,0b	3,1	76,2	3,3
LO	75,2b	2,7	80,6b	1,8	83,0b	2,4	80,0ab	2,3	77,6	3,8

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

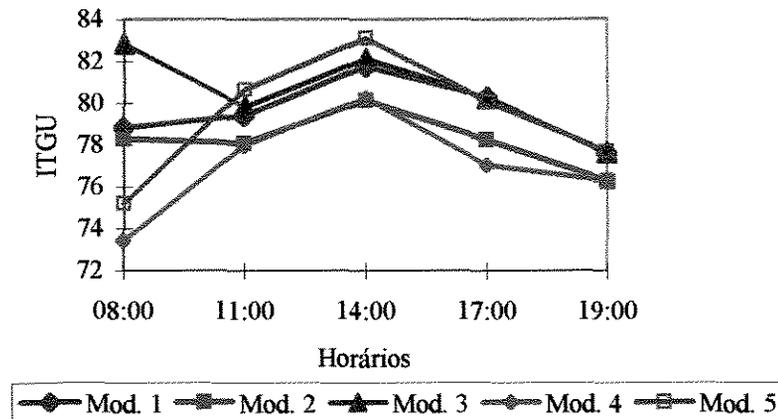


Figura 5.29. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de primavera.

Analisando o índice de temperatura de globo e umidade nos modelos, para essa época do ano, verifica-se que, apesar das diferenças estatísticas entre os modelos não serem tão acentuadas, os modelos com ventilação forçada, tanto o norte - sul NSSV como o leste - oeste, foram os que se mostraram mais confortáveis termicamente. Quanto à eficiência da ventilação forçada, foi possível verificar que, em média para os modelos leste - oeste, a ventilação forçada abaixou o ITGU em 2,7 pontos. Nos modelos norte - sul a ventilação forçada presente no Modelo 2, abaixou em apenas 1,7 pontos o ITGU, quando comparado ao Modelo 1 sem sombreamento. Não foi verificado nenhum efeito do sombreamento ao compararem-se as médias obtidas no modelo NS, com as médias de ITGU obtidas no modelo NSS.

5.1.3.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR)

Analisando estatisticamente as médias obtidas de CTR nos diferentes modelos para os horários em estudo, observou-se através da análise de variância, que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância apenas no horário das 8:00. Comparando-se as médias

obtidas no horário das 8:00 horas através do teste de Tukey, não foi observada diferença significativa entre os modelos norte - sul (NS e NSSV) e os modelos leste - oeste (LOV e LO). O único modelo que se diferenciou estatisticamente dos demais, e obteve a maior média de CTR, foi o modelo NSS. Nos demais horários, é possível observar através da Tabela 5.17 e na Figura 5.30, que os modelos que obtiveram as menores médias de CTR foram os modelos NSSV e o modelo LOV, em praticamente todos horários estudados. Os outros modelos em estudo: NS, NSS e LO, foram os que apresentaram as maiores médias de CTR.

Tabela 5.17. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de primavera.

Horários	Médias e Desvio Padrão de CTR (W/m ²)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	511,0a	47,0	505,3	14,7	519,8	20,3	515,5	33,2	495,1	24,4
NSSV	511,6a	62,8	503,8	21,1	514,7	22,5	506,4	35,8	495,7	25,1
NSS	563,8b	83,0	508,1	17,6	525,1	20,7	511,7	34,3	492,7	22,0
LOV	465,7a	11,9	500,9	18,5	525,0	36,8	495,9	33,0	490,4	28,7
LO	483,5a	16,6	515,1	15,3	525,7	14,2	509,1	15,6	490,2	22,0

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

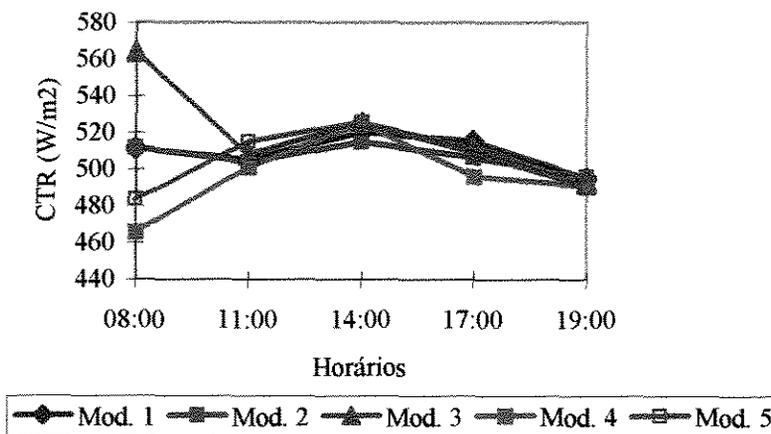


Figura 5.30. Carga Térmica de Radiação (CTR) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de primavera.

Observou-se que na maioria dos horários estudados, para o período de primavera, que não houve diferenças estatísticas significativas entre os modelos estudados em termos de CTR, porém os modelos mais confortáveis termicamente, foram os modelos NSSV e LOV. Assim, como o ocorrido com as temperaturas de globo e de bulbo seco, além do ITGU, o efeito da ventilação forçada foi maior na redução da CTR dos modelos leste - oeste, que nos modelos norte - sul. Nos modelos leste - oeste, a diferença entre as CTR do modelo com sombreamento e ventilação e o modelo sem ventilação, foi de $9,1 \text{ W/m}^2$, enquanto que nos modelos norte - sul, a diferença entre a CTR do modelo com ventilação para o sem ventilação foi de apenas $2,8 \text{ W/m}^2$. Para o período de primavera também não foi verificado nenhum efeito do sombreamento, em termos de redução da carga térmica de radiação nos modelos norte - sul.

5.1.3.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados.

Assim como foi realizado para os períodos de verão e inverno, também foi feita para os dados de primavera uma análise estatística englobando os dados dos horários mais críticos em termos de calor, sendo eles: 11:00, 14:00 e 17:00 horas.

5.1.3.3.1. Temperatura de Globo

Ao realizar uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de temperatura de globo para os dados dos horários mais críticos do dia, foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, verificou-se que não houve diferenças estatísticas entre os modelos NSSV e LOV, que apresentaram as menores médias de temperatura de globo

obtidas no período. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos NS, NSS e LO, que apresentaram as maiores médias de temperatura de globo, como pode-se visualizar na Tabela 5.18.

Tabela 5.18. Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de primavera.

Horários	Variáveis Climáticas									
	Tg (°C)		Tbs (°C)		UR (%)		ITGU		CTR (W/m ²)	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	32,0a	3.3	29,5 ^{ab}	3.3	56,4	14.4	80,4a	3.3	513,4	24.5
NSSV	30,3b	3.1	28,7a	2.8	57,7	12.7	78,8b	3.1	508,3	27.3
NSS	32,0a	3.2	29,4ab	2.7	58,0	13.1	80,7a	3.2	515,0	26.0
LOV	30,1b	3.0	28,5a	2.7	57,6	14.4	78,4b	2.9	507,3	32.5
LO	33,2a	2.8	30,9b	3.3	58,6	12.0	81,2a	2.5	516,6	16.2

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando os horários mais quentes do dia em conjunto, no período de primavera, observou-se que os modelos mais confortáveis termicamente foram os modelos com ventilação, modelos 2 e 4. O efeito da ventilação forçada foi maior nos modelos leste - oeste, que nos modelos norte - sul. Os ventiladores reduziram em média 3,0°C a temperatura de globo nos modelos leste - oeste, enquanto que nos modelos norte - sul, a presença dos ventiladores, reduziu em 1,6°C a temperatura de globo. O sombreamento não ocasionou nenhum efeito na redução da temperatura de globo nos modelos norte - sul sombreado.

5.1.3.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Através da análise de variância entre as médias obtidas de temperatura de bulbo seco, nos diferentes modelos, para os horários mais críticos, observou-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias de temperatura de bulbo

seco, através do teste de Tukey, a um nível de significância de 5% observa-se que os modelos norte - sul não se diferenciaram estatisticamente entre si. O modelo LOV também não se diferenciou significativamente dos modelos norte - sul. O modelo LO foi o que apresentou as maiores médias de temperatura de bulbo seco, diferenciando-se estatisticamente dos modelos que obtiveram as menores médias de temperatura, que foram os modelos com ventilação forçada, (NSSV e LOV), como pode ser visualizado na Tabela 5.18.

Apesar de não terem sido detectadas diferenças estatísticas entre os modelos norte - sul, foi possível observar que o modelo NSSV, juntamente com o modelo LOV, foram os que obtiveram os menores valores de temperatura de bulbo seco, quando comparados aos demais modelos em estudo. O efeito da ventilação forçada em termos de temperatura de bulbo seco, assim como na temperatura de globo, foi maior nos modelos leste - oeste, reduzindo em média 2,4°C a temperatura de bulbo seco no modelo ventilado. Nos modelos leste - oeste a redução da temperatura de bulbo seco devido a presença dos ventiladores foi de apenas 0,7°C. O efeito do sombreamento também não foi evidenciado em termos de redução da temperatura de bulbo seco no modelo NSS quando comparado com o modelo NS.

5.1.3.3.3. Umidade Relativa

Ao se realizar uma análise de variância entre as médias de umidade relativa nos horários mais críticos em termos de desconforto térmico, pode-se observar que não houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. A diferença de temperatura obtida nesta época do ano entre os modelos, não foi suficiente para modificar a umidade relativa obtida entre os mesmos.

Na Tabela 5.18. pode se visualizar as médias de umidade relativa, resultantes dos dados dos horários mais críticos do dia.

5.1.3.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Ao realizar uma análise de variância (ANOVA) entre as médias obtidas de ITGU, assim como o ocorrido na análise da temperatura de globo, foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, verificou-se que não houve diferenças estatísticas entre os modelos NSSV e LOV, que apresentaram as menores médias de ITGU obtidas no período. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos NS, NSS e LO, que apresentaram as maiores médias de ITGU, como pode-se visualizar na Tabela 5.18.

Mais uma vez observa-se que, no período de primavera, os modelos mais confortáveis termicamente foram os modelos com ventilação, modelos NSSV e LOV. O efeito da ventilação na redução do ITGU foi maior nos modelos leste - oeste que nos modelos norte - sul. Os ventiladores reduziram em média 2,6 pontos o ITGU nos modelos leste - oeste, enquanto que nos modelos norte - sul a presença dos ventiladores reduziu em 1,6 pontos. O sombreamento não ocasionou nenhum efeito na redução da temperatura de globo nos modelos norte - sul sombreado.

5.1.3.3.5. Carga Térmica de Radiação

Analisando estatisticamente as médias obtidas de CTR dos horários mais críticos, nos diferentes modelos, observou-se que, através da análise de variância, não houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. Apesar de não terem sido encontradas diferenças

estatísticas entre os modelos em estudo, verifica-se que os modelos com ventilação forçada foram os que obtiveram as menores médias de CTR (NSSV e LOV), mostrando serem os mais confortáveis termicamente que os demais.

O efeito da ventilação forçada também foi maior nos modelos leste - oeste do que nos modelos norte - sul. Quando comparou-se a CTR obtida no modelo LO com o modelo LOV, foram reduzidos $9,3 \text{ W/m}^2$, enquanto que nos modelos norte - sul, a ventilação forçada reduziu a CTR em apenas $5,1 \text{ W/m}^2$. Não foi observado nenhum efeito de redução da CTR, devido ao efeito do sombreamento, nos modelos norte - sul, através da análise da carga térmica de radiação.

5.1.4. Resultados obtidos para o período de outono.

Assim como nas outras estações do ano, os dados climáticos de outono foram analisados estatisticamente através de uma análise de variância entre as médias obtidas nos diferentes modelos, para os diferentes horários em estudo, utilizando somente os dias de outono, que apresentaram dados de entalpia superiores ao valor de entalpia considerado como crítica para os frangos em idade adulta, $76,423 \text{ kJ/Kg}$ de ar seco. Para o período de outono, 48 dias foram considerados como críticos.

5.1.4.1. Condições Meteorológicas do Período em Estudo

As Figuras 5.31 a 5.35 mostram as condições ambientais externas vigentes nos períodos de coleta de dados de outono, às 8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas respectivamente.

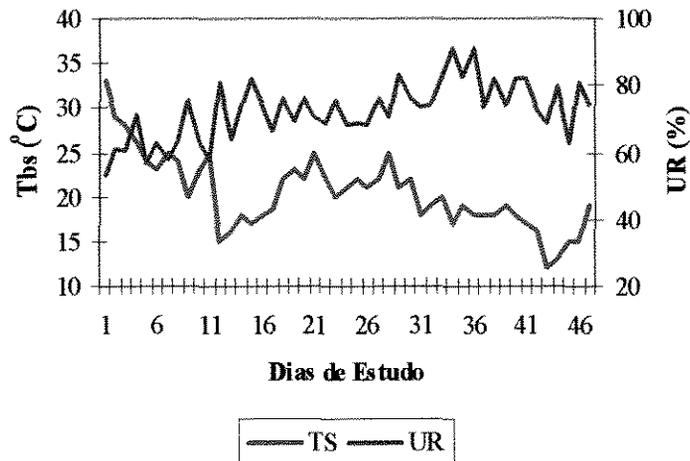


Figura 5.31. Condições ambientais vigentes às 8:00 horas no período de coleta de dados de outono.

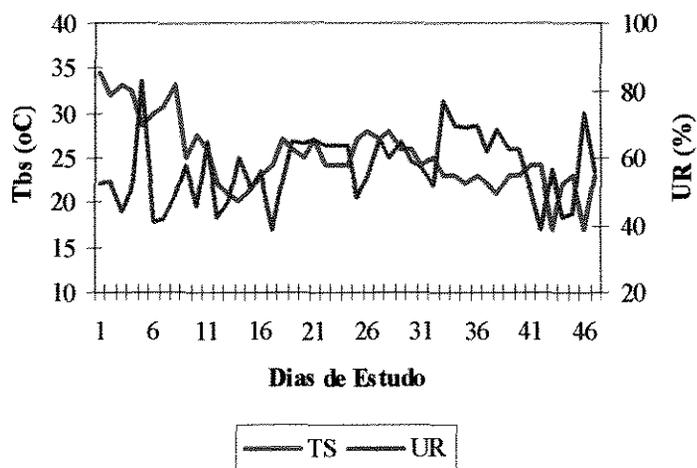


Figura 5.32. Condições ambientais vigentes às 11:00 horas no período de coleta de dados de outono.

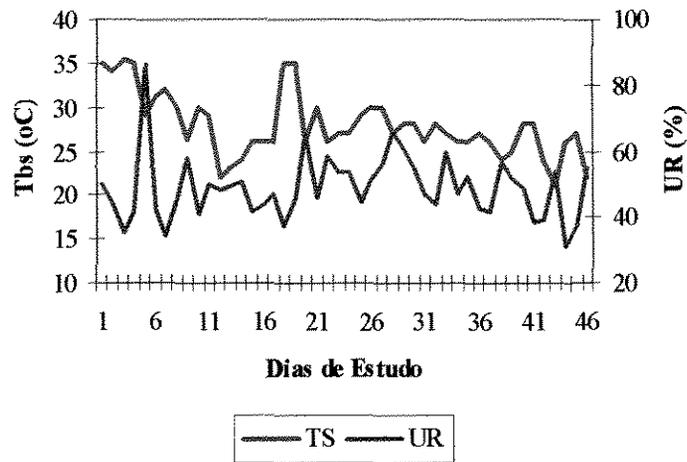


Figura 5.33. Condições ambientais vigentes às 14:00 horas no período de coleta de dados de outono.

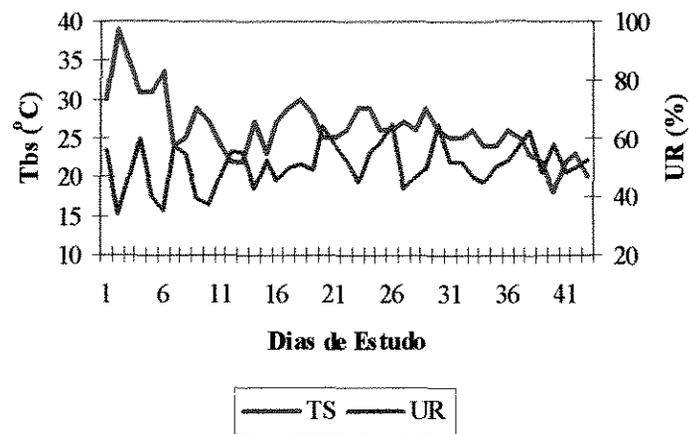


Figura 5.34. Condições ambientais vigentes às 17:00 horas no período de coleta de dados de outono.

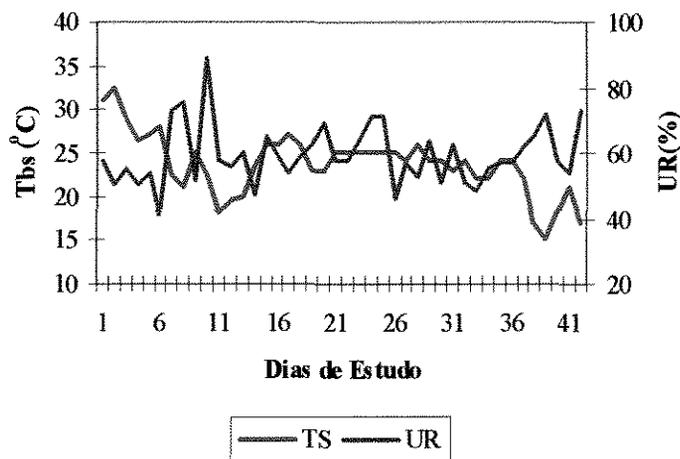


Figura 5.35. Condições ambientais vigentes às 19:00 horas no período de coleta de dados de outono.

5.1.4.2. Análise para todos horários de coleta de dados.

5.1.4.2.1. Temperatura de Globo

Realizando-se uma análise de variância entre as médias obtidas de temperatura de globo nos diferentes modelos, para cada horário em estudo no período de outono, observa-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância apenas nos horários das 8:00 e 14:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, observou-se que no horário das 8:00 horas, os modelos leste – oeste (LOV E LO) e o modelo NSSV foram os que apresentaram os menores valores de temperatura de globo, não se diferenciando estatisticamente entre si. Os modelos NS e NSS não se diferenciaram entre si, e obtiveram os maiores valores de temperatura de globo no horário em questão. No horário das 14:00 horas, os modelos leste – oeste (LOV e LO) já se diferenciaram do modelo NSSV e obtiveram os maiores valores de temperatura de globo, quando comparado aos demais modelos, como pode-se visualizar na Tabela 5.19 e na Figura 5.36. No horário das 14:00 horas, os

modelos leste – oeste nesta época do ano, assim como no período de inverno, recebem radiação solar direta no seu interior, provinda da face norte da instalação. O sol no período de outono – inverno, na latitude de Campinas se inclina aproximadamente 25° para o norte, ocasionando uma maior insolação na face norte das construções.

Tabela 5.19. Médias de Temperatura de Globo (Tg), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.

Horários	Médias e Desvio Padrão de Tg (°C)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	33,1b	4,3	31,2	2,8	33,7ab	2,9	31,9	2,1	27,5	2,6
NSSV	25,8a	3,4	29,4	2,3	31,7a	1,9	28,9	2,2	26,2	2,8
NSS	31,9b	3,3	32,0	3,2	33,7ab	2,6	31,0	2,4	27,3	2,8
LOV	25,4a	2,2	31,4	2,9	37,4bc	2,9	29,3	1,8	26,7	2,4
LO	26,4a	2,5	31,7	2,5	39,5c	4,3	31,4	2,2	27,7	2,6

Observação: Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

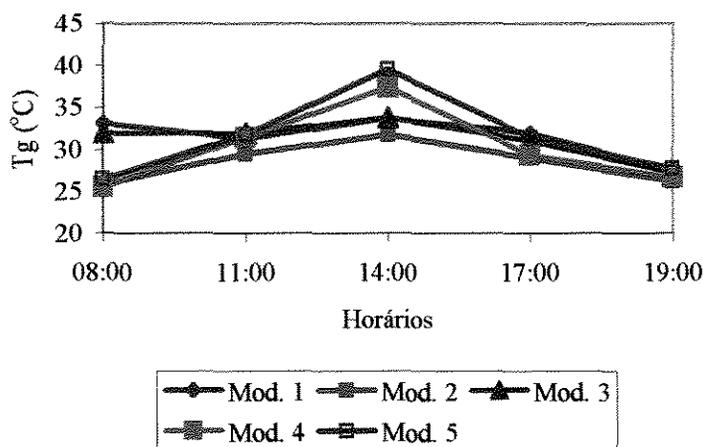


Figura 5.36. Temperatura de Globo (Tg) nos diferentes modelos para os horários em estudo, no período de outono.

Analisando a temperatura de globo, observou-se que o modelo mais confortável termicamente para as condições de outono foi o modelo NSSV, que mesmo não tendo se diferenciado estatisticamente dos outros modelos em estudo em alguns períodos específicos do dia, foi o que obteve os menores valores de temperatura de globo em praticamente todos os horários analisados.

Para as condições climáticas de outono, os modelos norte - sul obtiveram um efeito maior da ventilação forçada, quando comparado ao efeito obtido nos modelos leste - oeste. Observou-se que, em média, a redução de temperatura de globo nos modelos norte - sul devido ao efeito da ventilação foi de 3°C, enquanto que nos modelos leste - oeste foi de 1°C. Em nenhum dos horários foi observado efeito somente do sombreamento na melhora das condições ambientais dos modelos norte - sul, assim como o ocorrido nas outras estações do ano estudadas.

5.1.4.2.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Analisando estatisticamente as médias obtidas de temperatura de bulbo seco no período de outono através da análise de variância, observou-se que houve diferença entre os modelos, ao nível de 5% de significância, unicamente no horário das 8:00 horas. Através do teste de Tukey, pode-se observar que no horário das 8:00 horas, o modelo que obteve a maior média de temperatura de bulbo seco foi o modelo NS, que se diferenciou estatisticamente dos modelos leste – oeste (ILOV e LO), tendo as menores médias de temperatura de bulbo seco no horário. Apesar de não terem sido verificadas diferenças estatísticas, o modelo NSSV, com exceção das 8:00 horas, foi o que apresentou os menores valores de temperatura de bulbo seco como pode-se observar na Tabela 5.20 e na Figura 5.37. Pelo fato da temperatura de bulbo seco não ser tão sensível aos efeitos da radiação solar como é a temperatura de globo, não foram encontradas diferenças significativas entre os modelos leste – oeste e norte – sul às 14:00 horas, como ocorreu com a temperatura de globo.

Tabela 5.20. Médias de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados, para o período de outono.

Horários	Médias e Desvio Padrão de Tbs (°C)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	29,0a	3,2	29,1	2,8	31,7	3,0	29,4	2,3	26,8	2,8
NSSV	26,2ab	2,4	27,9	2,5	30,2	2,1	27,9	2,1	25,7	2,7
NSS	26,9ab	4,0	29,5	2,4	32,8	4,0	29,0	1,8	26,7	2,6
LOV	24,5b	2,3	29,0	2,3	32,6	1,4	28,4	2,1	26,2	2,2
LO	24,4b	2,2	29,4	2,3	33,0	1,6	29,0	2,6	26,9	2,8

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

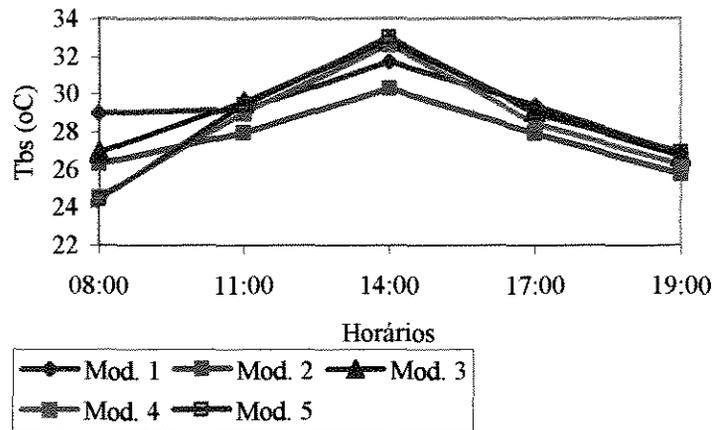


Figura 5.37. Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de outono.

5.1.4.2.3. Umidade Relativa

Através da análise de variância entre as médias obtidas de umidade relativa nos modelos em estudo, nos diferentes horários, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos ao nível de 5% de significância em nenhum dos horários estudados.

A presença dos ventiladores nos modelos NSSV e LOV, não reduziu a umidade relativa em relação aos modelos sem ventiladores. O fator predominante para o aumento ou a redução da umidade relativa, assim como o ocorrido nos outros períodos do ano estudados, foi a entrada ou não da radiação solar direta.

Na Tabela 5.21 e na Figura 5.38 são apresentados os resultados de umidade relativa nos diferentes modelos, para os horários em estudo.

Tabela 5.21. Médias de Umidade Relativa (UR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.

Horários	Médias e Desvio Padrão de UR (%)									
	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	60,7	12,0	54,1	3,7	50,3	13,3	53,4	9,9	59,7	9,4
NSSV	66,2	8,5	66,5	11,9	55,7	10,2	57,2	8,5	64,0	8,0
NSS	65,3	12,5	55,5	5,7	49,7	10,9	54,1	5,1	61,6	3,2
LOV	66,3	14,0	56,1	3,5	51,5	8,1	56,4	6,2	61,5	6,2
LO	71,8	5,1	59,0	9,5	48,5	5,3	58,0	6,5	59,9	4,6

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

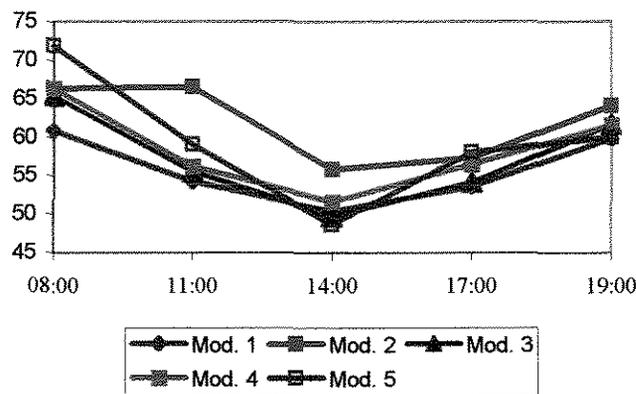


Figura 5.38. Umidade Relativa (UR), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de outono.

5.1.4.2.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Ao realizar a análise de variância nos dados do índice de temperatura de globo e umidade, observa-se que houve diferença entre os modelos, ao nível de 5% de significância, nos horários das 8:00 e 14:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, observou-se que, assim como o ocorrido na temperatura de globo, no horário das 8:00 horas, os modelos leste – oeste (LOV e LO) e o modelo NSSV, foram os que apresentaram os menores valores de temperatura de globo, não se diferenciando estatisticamente

entre si. Os modelos NS e NSS não se diferenciaram entre si e obtiveram os maiores valores de temperatura de globo neste horário. No horário das 14:00 horas, os modelos leste – oeste (LOV e LO) se diferenciaram entre si, e apenas o modelo LO não se diferenciou estatisticamente do modelo norte – sul sombreado com ventilação forçada NSSV, e obtiveram os menores valores de temperatura de globo quando comparado aos demais modelos, como pode-se visualizar na Tabela 5.22 e na Figura 5.39.

Tabela 5.22. Médias de Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.

Médias e Desvio Padrão de ITGU											
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00		
	Médias	DP									
NS	81,9a	4,5	79,5	4,0	82,3ab	3,4	80,2	2,0	75,5	3,3	
NSSV	74,3bc	3,8	78,4	2,7	80,4a	2,3	77,1	3,0	74,3	3,4	
NSS	80,4ab	3,5	80,5	4,0	82,6ab	2,8	79,3	3,0	75,5	3,7	
LOV	73,3c	4,0	79,8	3,7	86,5b	3,4	77,6	2,5	74,7	3,3	
LO	72,7c	3,1	78,2	2,6	81,9a	2,2	77,6	3,2	75,0	3,8	

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

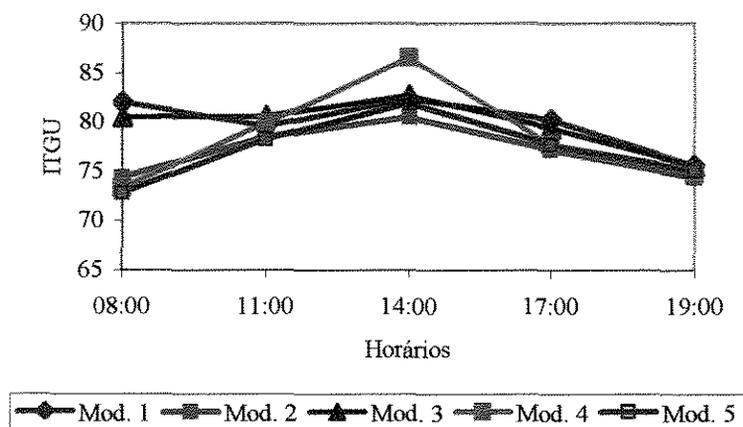


Figura 5.39. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de outono.

Analisando o índice de temperatura de globo e umidade nos modelos para essa época do ano, verifica-se que, apesar das diferenças estatísticas entre os modelos não serem tão acentuadas, os modelos que obtiveram os menores valores de ITGU na maioria dos horários analisados, foram os modelos NSSV e o modelo LO, que, por terem apresentado valores de umidade relativa baixos, apresentou baixos valores de ITGU. Quanto à eficiência da ventilação forçada, foi possível verificar que em média, para os modelos leste - oeste, a ventilação forçada abaixou o ITGU em apenas 1 ponto. Nos modelos norte - sul, a ventilação forçada presente no modelo NSSV abaixou o ITGU em 3 pontos, quando comparado ao modelo NS sem sombreamento. Não foi verificado nenhum efeito do sombreamento ao compararem-se as médias obtidas no modelo NS, com as médias de ITGU obtidas no modelo NSS.

5.1.4.2.5. Carga Térmica de Radiação (CTR)

Realizando-se uma análise de variância entre as médias obtidas de CTR nos diferentes modelos, para cada horário em estudo no período de outono, observa-se que houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância apenas nos horários das 8:00 horas. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, observou-se que, no horário das 8:00 horas os modelos leste - oeste (LOV e LO) e o modelo NSSV foram os que apresentaram os menores valores de CTR, não se diferenciando estatisticamente entre si. Os modelos NS e NSS não se diferenciaram entre si e obtiveram os maiores valores de CTR no horário em questão. No horário das 14:00 horas, os modelos leste - oeste (LOV e LO), se diferenciaram estatisticamente do modelo NSSV, e obtiveram os maiores valores de temperatura de globo quando comparados aos demais modelos, como pode-se

visualizar na Tabela 5.23 e na Figura 5.40. Pode-se mais uma vez observar que, no horário das 14:00 horas, os modelos leste – oeste receberam radiação solar direta em seu interior, devido à inclinação do sol nessa época do ano, para a latitude em questão.

Tabela 5.23. Médias de Carga Térmica de Radiação (CTR), para os modelos testados, nos diferentes horários de coleta de dados de outono.

Médias e Desvio Padrão de CTR (W/m^2)										
Horários	8:00		11:00		14:00		17:00		19:00	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	525,8a	44,3	501,0	18,3	516,5a	19,6	508,6	23,6	467,6	16,7
NSSV	444,4b	66,5	499,9	15,0	513,4a	17,4	489,6	22,9	462,8	21,0
NSS	522,6a	38,8	505,7	25,0	507,6a	17,7	496,6	20,7	465,3	18,7
LOV	466,1ab	11,8	529,5	47,7	610,1b	65,0	490,4	12,5	465,4	19,8
LO	469,7ab	17,5	505,7	25,0	590,0b	57,0	502,9	21,6	470,2	16,6

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

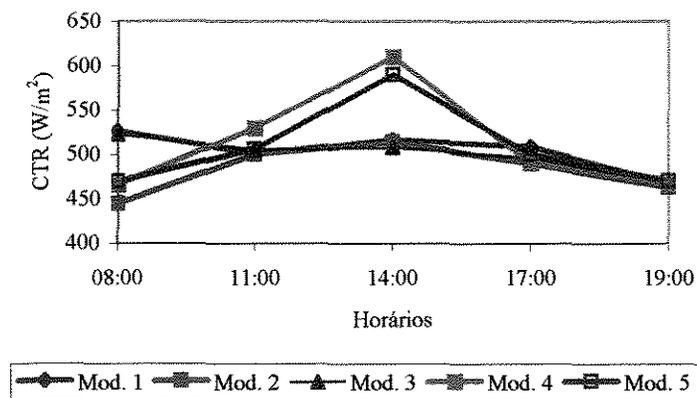


Figura 5.40. Carga Térmica de Radiação (CTR), nos diferentes modelos, para os horários em estudo, no período de outono.

Observou-se que na maioria dos horários estudados, para o período de outono, mesmo não havendo diferenças estatísticas significativas entre os modelos em termos de CTR, o modelo mais confortável termicamente, como pode-se observar nos resultados da Tabela 5.23, foi o modelo NSSV. Assim como ocorreu com as temperaturas de globo e de bulbo seco, além do ITGU, o efeito da ventilação forçada foi maior na redução da CTR dos

modelos norte - sul que nos modelos leste - oeste. Nos modelos norte - sul, a diferença entre as CTR do modelo com sombreamento e ventilação e o modelo sem ventilação foi de 20 W/m^2 , enquanto que nos modelos leste - oeste a diferença entre a CTR do modelo com ventilação para o sem ventilação foi de apenas 5 W/m^2 . Para o período de outono, também não foi verificado nenhum efeito do sombreamento, em termos de redução da carga térmica de radiação nos modelos norte - sul.

5.1.4.3. Análise para os horários mais críticos de coleta de dados.

Para os dados de outono, também foi feita, uma análise estatística englobando os dados dos horários mais críticos em termos de calor, 11:00, 14:00 e 17:00 horas.

5.1.4.3.1. Temperatura de Globo

Ao realizar uma análise de variância entre as médias obtidas de temperatura de globo para os dados dos horários mais críticos do dia, foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos ao nível de 5% de significância. Comparando-se as médias obtidas através do teste de Tukey, também ao nível de 5% de significância, verificou-se que o modelo que apresentou a menor média de temperatura de globo foi o modelo NSSV, que não se diferenciou significativamente dos modelos NS, NSS e LOV. O modelo LO foi o que obteve a maior média de temperatura de globo, e somente se diferenciou estatisticamente do modelo NSSV, assim como pode-se observar na Tabela 5.24.

Tabela 5.24. Médias de Temperatura de Globo (Tg), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para os modelos testados, nos horários críticos de coleta de dados de outono.

Horários	Variáveis Climáticas									
	Tg (°C)		Tbs (°C)		UR (%)		ITGU		CTR (W/m ²)	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
NS	32.3ab	2.7	30.0	2.8	52.6	9.5	80.7	3.3	508.7ab	20.6
NSSV	30.0a	2.4	28.7	2.4	59.8	10.9	78.6	2.9	501.0a	20.4
NSS	32.2ab	2.8	30.5	3.2	53.1	7.6	80.8	3.4	503.3a	20.6
LOV	32.7ab	4.3	30.0	2.6	54.7	6.3	81.3	5.0	543.3b	67.8
LO	34.2b	4.9	30.4	2.8	55.2	8.4	79.2	3.2	532.9b	55.0

Observação: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o período de outono, analisando os horários mais quentes do dia em conjunto, observa-se que o modelo mais confortável termicamente, em termos de temperatura de globo, foi o modelo NSSV, e o modelo menos confortável foi o modelo LO. O efeito da ventilação forçada foi maior nos modelos norte – sul que nos modelos leste - oeste. Os ventiladores reduziram em média 2,3°C a temperatura de globo nos modelos norte - sul, enquanto que nos modelos leste - oeste a presença dos ventiladores reduziu em 1,5°C a temperatura de globo. O sombreamento não ocasionou nenhum efeito na redução da temperatura de globo nos modelos norte - sul.

5.1.4.3.2. Temperatura de Bulbo Seco.

Através da análise de variância entre as médias obtidas de temperatura de bulbo seco nos diferentes modelos para os horários mais críticos, observou-se que não houve diferença estatística significativa entre os modelos ao nível de 5% de significância.

Apesar de não terem sido detectadas diferenças estatísticas entre os modelos, é possível observar através da Tabela 5.24 que o modelo NSSV, foi o que obteve o menor valor de temperatura de bulbo seco quando comparado aos demais modelos em estudo. O

efeito da ventilação forçada em termos de temperatura de bulbo seco, assim como na Tg, foi maior nos modelos norte - sul, reduzindo em média 1,3°C a temperatura de bulbo seco no modelo ventilado. Nos modelos leste - oeste a redução da temperatura de bulbo seco devido a presença dos ventiladores foi de apenas 0,4°C. O efeito do sombreamento também não foi evidenciado, em termos de redução da temperatura de bulbo seco, no modelo NSS, quando comparado com o modelo NS.

5.1.4.3.3. Umidade Relativa

Ao se realizar uma análise de variância entre as médias de umidade relativa nos horários mais críticos em termos de desconforto térmico, pode-se observar que não houve diferença entre os modelos ao nível de 5% de significância. O modelo NSSV foi o que apresentou a maior média de umidade relativa, pois foi o que apresentou os menores valores de temperatura, tanto de bulbo seco como de globo, como pode-se visualizar na Tabela 5.24.

5.1.4.3.4. Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Ao realizar uma análise de variância entre as médias obtidas de ITGU, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os modelos, ao nível de 5% de significância. Apesar de não terem sido encontradas diferenças estatísticas entre os modelos, através da Tabela 5.24 pode-se observar que, o modelo que obteve as menores médias de ITGU, sendo o mais confortável termicamente foi o modelo norte - sul com sombreamento e ventilação forçada NSSV, seguido pelo modelo leste - oeste com ventilação forçada LOV.

O efeito da ventilação na redução do ITGU foi igual para os modelos norte - sul e leste - oeste. O sombreamento não ocasionou nenhum efeito na redução da temperatura de globo nos modelos norte - sul sombreado.

5.1.4.3.5. Carga Térmica de Radiação

Analisando estatisticamente as médias obtidas de CTR dos horários mais críticos, nos diferentes modelos, observou-se através da análise de variância, que houve diferenças entre os modelos, ao nível de 5% de significância. Os modelos que se apresentaram mais confortáveis termicamente, com as menores médias de CTR, foram os modelos norte - sul que, não se diferenciaram estatisticamente entre si. Os modelos leste - oeste também não se diferenciaram estatisticamente entre si e apresentaram as maiores médias de CTR. O modelo LOV se diferenciou estatisticamente dos modelos NSSV e NSS. O fato dos modelos leste - oeste terem apresentado nesta época do ano uma carga térmica de radiação maior que a encontrada nos modelos norte - sul, se explica pela maior inclinação do sol nesta época para o norte, fazendo com que as faces norte das instalações recebam uma alta carga de radiação solar direta.

O efeito da ventilação forçada só foi observado nos modelos norte - sul, onde a ventilação forçada reduziu a CTR em $7,7 \text{ W/m}^2$. Não foi observado nenhum efeito de redução da CTR devido ao efeito do sombreamento dos modelos norte - sul através da análise da carga térmica de radiação.

5.2. Análise dos dados de produção.

Através da utilização do *software* Pró - Frango, foi simulado o provável ganho de peso dos lotes hipoteticamente alojados nos modelos em escala estudados. A linhagem simulada foi a de lotes mistos, Arbor - Acres, cujo ganho de peso ideal está expresso na Tabela 5.25. O *software* Pró - Frango também calculou o balanço térmico dos modelos com base nos dados climáticos obtidos em cada estação do ano e então pode fazer o cálculo do ganho de peso provável dos lotes hipoteticamente alojados nos modelos em escala.

Tabela 5.25. Ganho de peso de lotes mistos da linhagem Arbor – Acres ao longo das semanas de criação.

Idade (semanas)	Peso	Ganho de peso semanal
1	165	125
2	405	240
3	735	330
4	1150	415
5	1625	475
6	2145	520
7	2675	530

Fonte: Manual de Manejo Arbor Acres.

Para a realização do balanço térmico dos modelos e obtenção dos dados de ganho de peso foram inseridos no *software* Pró – Frango os dados climáticos dos períodos em estudo, sendo eles: temperatura de globo, temperatura externa aos modelos, temperatura interna, umidade relativa e velocidade do vento. Também foram inseridos os dados construtivos dos modelos, o que envolve dimensões, materiais de construção, presença ou não de sombreamento e tipo de ventilação. Os dados de quantidade de energia presente na ração também foram inseridos no programa computacional.

5.2.1. Influência da orientação, ventilação e sombreamento nos dados de produção.

5.2.1.1. Análise dos dados de produção para o período de verão.

Foi realizada uma análise de variância para verificar a influência dos fatores orientação, ventilação e sombreamento na variável de resposta ganho de peso em cada estação do ano.

Para cada combinação de fatores, obteve-se um tratamento diferente. No total 5 tratamentos foram aplicados, sendo eles apresentados na Tabela 5.26.

Tabela 5.26. Tratamentos utilizados na análise de regressão.

Tratamentos	Localização	Ventilação	Sombreamento
1	N X S	-	-
2	N X S	SIM	SIM
3	N X S	-	SIM
4	L X O	SIM	-
5	L X O	-	-

Realizando-se uma análise de variância entre os fatores orientação, ventilação e sombreamento e a variável de resposta, ganho de peso, observou-se que a um nível de 5% de significância, existem evidências estatísticas que os fatores ventilação e sombreamento influenciam no ganho de peso.

Foram comparadas as médias de ganho de peso obtidas nos diferentes tratamentos e não foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos em estudo. Entretanto, observa-se através da Figura 5.41 que os NSSV e o modelo LOV, foram os que obtiveram os maiores ganhos de peso verificados, o que está de acordo com os resultados obtidos na análise dos dados meteorológicos de verão, quando os modelos com ventilação forçada foram os que obtiveram os melhores índices de conforto.

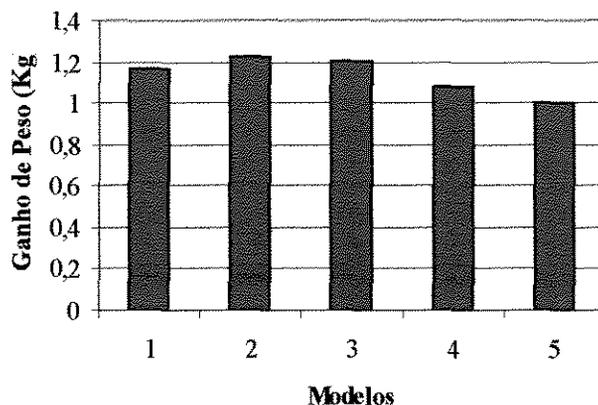


Fig. 5.41. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de verão.

5.2.1.2. Análise dos dados de produção para o período de inverno.

Para o período de inverno, realizando-se uma análise de variância entre os fatores orientação, ventilação e sombreamento e a variável de resposta, ganho de peso, observou-se que existem fortes evidências estatísticas que o fator orientação influencia no ganho de peso, a um nível de 5% de significância.

Através da análise de variância para a comparação de médias de ganho de peso obtidas nos diferentes modelos, foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos em estudo. Comparando-se os tratamentos através do teste de Tukey, observa-se que o modelo NSSV, foi o que apresentou a maior média de ganho de peso no período de inverno, diferindo estatisticamente do modelo LO, que apresentou a menor média de ganho de peso no período de inverno, de acordo com os resultados da análise dos dados meteorológicos, onde os modelos norte – sul apresentaram um melhor desempenho térmico que os modelos leste – oeste. A Figura 5.42. mostra as médias de ganho de peso obtidas para os diferentes modelos.

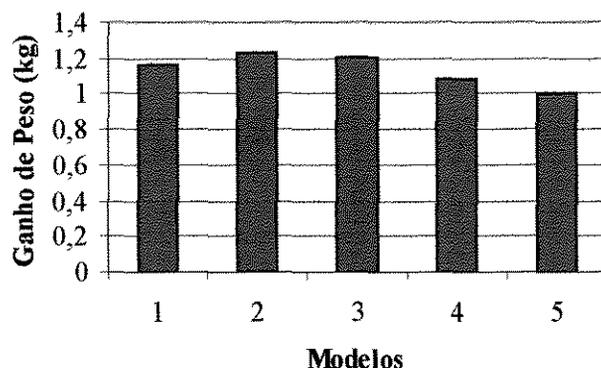


Fig. 5.42. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de inverno.

5.2.1.3. Análise dos dados de produção para o período de primavera.

Procedendo-se uma análise de variância entre os fatores orientação, ventilação e sombreamento e a variável de resposta, ganho de peso, para o período de primavera, observou-se que, a um nível de 5% de significância, existem fortes evidências estatísticas de que apenas o fator ventilação influencia no ganho de peso.

No período de primavera, através da análise de variância para a comparação de médias de ganho de peso obtidas nos diferentes modelos, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos em estudo, porém é possível verificar através da Figura 5.43 que o modelo NSSV foi o que apresentou a maior média de ganho de peso no período de primavera, apesar de não diferir estatisticamente dos demais modelos em estudo.

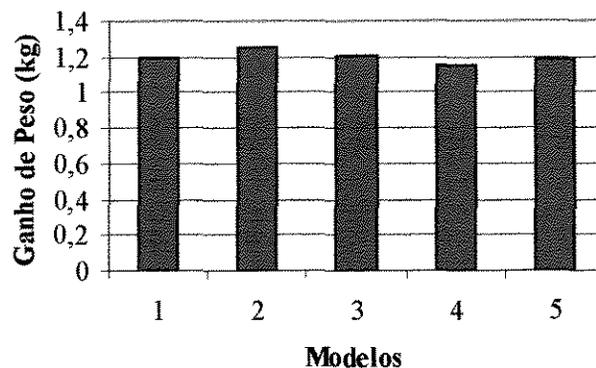


Fig. 5.43. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de primavera.

5.2.1.4. Análise dos dados de produção para o período de outono.

Ao realizar-se uma análise de variância entre os fatores orientação, ventilação e sombreamento e a variável de resposta ganho de peso, para o período de outono, verifica-se que a um nível de 5% de significância, existem fortes evidências estatísticas que os fatores orientação e ventilação influenciam no ganho de peso.

Através da análise de variância, para a comparação de médias de ganho de peso obtidas nos diferentes modelos, no período de outono, foram encontradas diferenças estatísticas entre os modelos em estudo. Através do teste de Tukey observa-se que o que o modelo NSSV, seguido pelo modelo norte – sul NS e modelo NSS foram os que apresentaram as maiores médias de ganho de peso no período de outono, diferenciando-se estatisticamente ao nível de 5% dos modelo LOV e modelo LO que apresentaram as menores médias de ganho de peso do período.

A Figura 5.44. mostra as médias de ganho de peso obtidas para os diferentes modelos.

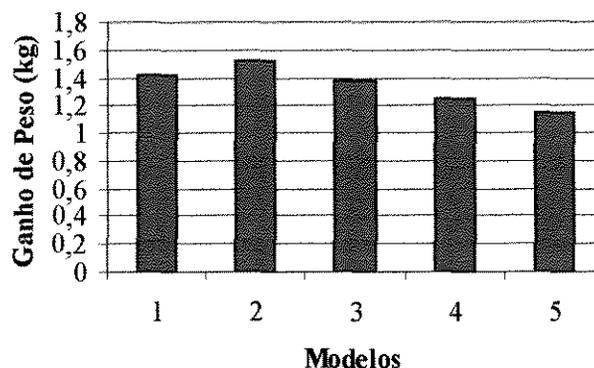


Fig. 5.44. Médias de ganho de peso (kg) obtidas nos modelos no período de outono.

Observa-se que em todas as estações do ano, o modelo norte – sul com sombreamento e ventilação forçada NSSV foi o que refletiu em um maior ganho de peso.

Nas estações mais quentes do ano, primavera e verão, quando o sol está menos inclinado em relação à face norte das instalações, os efeitos do sombreamento e da ventilação foram mais influentes na determinação do ganho de peso simulado para os modelos. Nas estações de outono e inverno, quando o sol está mais inclinado em relação à face norte das instalações e as temperaturas geralmente são mais baixas, o efeito da orientação foi mais efetivo para a determinação do ganho de peso simulado.

5.3. Análise de Regressão.

Foram realizados ajuste de curvas através de uma análise de regressão entre os dados de produção simulados e os fatores testados: sombreamento, ventilação e orientação.

Foram assumidos os seguintes valores para cada fator na regressão:

- Orientação: Leste - Oeste = 1; Norte - Sul = 0
- Ventilação Forçada: Com = 1; Sem = 0
- Sombreamento: Com = 1; Sem = 0.

5.3.1. Análise para o período de verão.

Ao realizar-se uma análise de regressão entre o fator sombreamento em relação ao ganho de peso, verificou-se que a regressão não foi significativa para o modelo, ao nível de 5% de significância.

Para o período de verão, observou-se que a regressão entre o fator ventilação e o ganho de peso foi significativa a um nível de confiança de 5%, indicando que o fator ventilação é estatisticamente significativo para o modelo em estudo. A média de ganho de peso sem este fator é de 1,41kg, com o fator ventilação 1,49kg, ocorrendo um acréscimo de 5,6% na média de ganho de peso.

A equação 5.1 foi ajustada para os fatores ventilação forçada e ganho de peso. O R^2 calculado é de apenas 1,1%, o que não invalida o modelo, pois trata-se de um modelo com distribuição pontual, e não distribuição normal, pois são duas as hipóteses testadas: modelos com e sem ventilação forçada.

$$\text{Ganho de peso} = 1,41 + 0,0847 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.1.})$$

onde:

V = Ventilação

V= 0 – sem ventilação; V= 1 – com ventilação

A análise de regressão realizada entre o fator orientação e o ganho de peso foi significativa a um nível de confiança de 5%, indicando que o fator orientação é estatisticamente significativo para o modelo em estudo. A média de ganho de peso para uma instalação norte – sul no verão, segundo o modelo, seria de 1,36kg, enquanto que para uma instalação leste – oeste seria de 1,50kg, ocorrendo um acréscimo de 9,8% na média de ganho de peso, segundo a equação 5.2.

$$\text{Ganho de peso} = 1,36 + 0,148 O, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.2.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

Ao realizar-se uma análise de regressão entre os fatores de orientação e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta de ganho de peso, observou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5% indicando que ambos fatores são estatisticamente significativos para o modelo em estudo. A média de ganho de peso sem a ventilação forçada e com uma orientação norte - sul foi de 1,33kg. Assumindo-se a orientação leste - oeste com a ventilação forçada, a média de ganho de peso passa para 1,56kg, ocorrendo um acréscimo de 14,8% na média de ganho de peso, como pode-se observar na equação 5.3 que possui um R^2 de 4,6%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,33 + 0,148 O + 0,0843 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.3.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Realizando-se uma análise de regressão entre os fatores de orientação e sombreamento em conjunto, em relação à variável de resposta de ganho de peso, observou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%, indicando que os fatores em conjunto foram estatisticamente significativos para o modelo em estudo. A média de ganho de peso sem o sombreamento e com uma orientação norte - sul foi de 1,29kg. Assumindo-se a orientação leste - oeste com sombreamento, a média de ganho de peso passa para 1,60kg, ocorrendo um acréscimo de 19,6% na média de ganho de peso, como pode-se observar na equação 5.4 que possui um R^2 de 5,5%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,29 + 0,191 O + 0,124 S, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.4.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

Procedendo-se uma análise de regressão entre os fatores de sombreamento e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta de ganho de peso, notou-se que a regressão não foi significativa um nível de confiança de 5%, indicando que os fatores em conjunto não foram estatisticamente significativos para o modelo em estudo.

Fazendo uma análise de regressão entre todos fatores estudados: orientação, sombreamento e ventilação, em relação à variável de resposta de ganho de peso, observou-

se que a regressão foi significativa um nível de confiança de 5%. A média de ganho de peso sem os fatores de ventilação forçada e sombreamento, considerando uma instalação norte - sul, é de 1,27kg. Uma instalação leste - oeste, com os fatores ventilação forçada e sombreamento agindo em conjunto, a média de ganho de peso passa para 1,63kg, ocorrendo um acréscimo de 22,2% na média final, como pode-se observar na equação ajustada para estes fatores, equação 5.5. que possui um R^2 de 6,2%.

$$\text{Ganho de Peso} = 1,27 - 0,186 O - 0,111 S + 0,0657 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.5.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Os fatores ventilação forçada, sombreamento e orientação, no período de verão, foram igualmente importantes na determinação do ganho de peso, segundo as análises de regressão realizadas. O fato das temperaturas no verão serem substancialmente mais altas, atingindo picos extremos, torna a ventilação, associada ou não ao sombreamento um fator de extrema importância na redução das temperaturas e conseqüente aumento no ganho de peso.

5.3.2. Análise para o período de inverno.

Procedendo a análise de regressão entre o fator orientação em relação ao ganho de peso, verificou-se que a regressão foi significativa para o modelo, ao nível de 5% de probabilidade. A equação ajustada para essa regressão é dada a seguir:

$$\text{Ganho de peso} = 1,20 - 0,160 O, (\text{kg}) \dots\dots\dots(\text{eq. 5.6.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

A média de ganho de peso para a orientação norte - sul é de 1,20kg. No caso da orientação ser leste - oeste, a média de ganho de peso vale 1,04kg, 13,3% menor que a média calculada para a orientação norte - sul, o que era de se esperar pelo fato de no inverno, devido à inclinação do sol, as instalações leste - oeste receberem maior insolação solar direta e se tornarem mais desconfortáveis que as instalações norte - sul, de acordo com o que foi obtido nos resultados do item 5.1.1.3.

A regressão entre o fator sombreamento e o ganho de peso foi significativa a um nível de confiança de 5%. De acordo com a equação 5.7, que possui um R^2 de 10,6%, a média de ganho de peso sem o fator sombreamento é de 1,07kg, e com o fator sombreamento aumenta para 1,21kg, ocorrendo um acréscimo de 11,8% na média de ganho de peso.

$$\text{Ganho de peso} = 1,07 + 0,155 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.7.})$$

onde:

V = Sombreamento

V = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

Ao realizar-se uma análise de regressão entre os fatores ventilação forçada e ganho de peso, para o período de inverno, verificou-se que a regressão não foi significativa ao nível de 5% de confiança, o que mostra que o fator não foi estatisticamente significativo para o modelo.

Já ao processar-se a regressão entre os fatores de orientação e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta ganho de peso, observa-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. A média de ganho de peso em uma instalação norte - sul sem ventilação forçada seria de 1,18kg. Em uma instalação leste - oeste, com ventilação forçada seria de 1,06kg, 9,8% menor. No caso de uma instalação norte - sul com ventilação forçada, o valor da média de ganho de peso subiria para 1,23kg, em média 5,0% maior que os dois ganhos de peso médios citados anteriormente. A equação 5.8 mostra o ajuste calculado para a influência dos fatores orientação e ventilação, nos valores obtidos de ganho de peso médio no inverno, possuindo um R^2 de 10,6%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,18 - 0,170 O + 0,0543 V \dots \dots \dots (\text{eq. 5.8.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Realizando-se uma análise de regressão entre os fatores de orientação e sombreamento em conjunto, em relação à variável de resposta de ganho de peso, observou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. Assumindo uma instalação norte - sul sem sombreamento, a média do ganho de peso de acordo com o ajuste calculado foi de 1,17kg. Já uma instalação leste - oeste sombreada teria uma média de ganho de peso de 1,09kg, 6,1% menor que a anterior. A equação 5.9. mostra o ajuste feito entre os fatores, orientação e sombreamento, e a variável ganho de peso, possuindo um R^2 de 10,1%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,17 - 0,125 O - 0,0527 S, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.9})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

Observa-se que no período de inverno a influência da orientação é diferente do ocorrido no período de verão. Para o verão, as instalação leste – oeste ocasionam um maior ganho de peso, ao contrário do inverno onde as norte – sul promovem um ganho de peso maior.

Procedendo-se uma análise de regressão entre os fatores de sombreamento e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta de ganho de peso, notou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. A média de ganho de peso sem estes fatores foi de 1,08kg, e com os fatores ventilação e sombreamento a média de ganho de peso passou para 1,21kg, ocorrendo um acréscimo de 10,4%. O fator ventilação não foi

tão influente no valor final como o fator sombreamento, como pode-se observar na equação 5.10. que possui um R^2 de 6,9%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,08 - 0,136 S + 0,0035 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.12.})$$

onde:

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Ao analisar todos fatores em conjunto: orientação, sombreamento e ventilação, em relação à variável de resposta de ganho de peso, observou-se que a regressão foi significativa um nível de confiança de 5%, indicando que os fatores são estatisticamente significativo para o modelo em estudo. A média de ganho de peso sem os fatores de sombreamento e ventilação forçada, para uma orientação norte - sul, é de 1,17kg. Em uma instalação leste – oeste com ventilação forçada e sombreamento, a média de ganho de peso passa para 1,09kg, ocorrendo uma redução de 6,1% na média final. O fator mais influente na determinação da média da equação ajustada para estes fatores é a ventilação seguida pela orientação, como pode-se observar na equação 5.13 que possui um R^2 de 10,8%.

$$\text{Ganho de Peso} = 1,17 - 0,148 O + 0,0459 V - 0,0297 S, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.13})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Para a variável ganho de peso, o fator ventilação na maioria das vezes, foi mais efetivo que o fator sombreamento. Em muitos casos, o efeito da orientação foi maior até que o efeito da ventilação, como era de se esperar nesta época do ano.

5.3.3. Análise para o período de primavera.

Procedendo com a análise de regressão entre o fator sombreamento em relação ao ganho de peso, para o período de primavera, observou-se que, assim como no período de verão, a regressão não foi significativa para o modelo, ao nível de 5% de probabilidade.

A regressão entre o fator ventilação forçada e o ganho de peso foi significativa a um nível de confiança de 5%, o que indica que o fator ventilação é estatisticamente significativo para o modelo em estudo dado pela equação 5.14, que possui um R^2 de 6,2%. A média de ganho de peso sem o fator ventilação forçada é de 1,24kg, e com o fator ventilação aumenta para 1,38kg, ocorrendo um aumento de 10,1% na média de ganho de peso devido ao efeito único da ventilação.

$$\text{Ganho de peso} = 1,24 + 0,146 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.14.})$$

onde:

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V= 1 – com ventilação

A regressão entre os fatores de orientação e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta ganho de peso, foi significativa a um nível de confiança de 5%. O modelo ajustado é dado pela equação 5.15 com um R^2 de 6,2%. A média de ganho de peso

em uma instalação norte - sul, sem ventilação forçada, seria de 1,24kg. Em uma instalação leste - oeste, com ventilação forçada seria de 1,39kg, 11,0% maior.

$$\text{Ganho de peso} = 1,24 + 0,0074 O + 0,149 V, (\text{kg}) \dots\dots\dots (\text{eq. 5.15.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Realizando-se uma análise de regressão entre os fatores de orientação e sombreamento em conjunto, em relação à variável de resposta ganho de peso, observou-se que a regressão não foi significativa a um nível de confiança de 5%, indicando que os fatores em conjunto não foram estatisticamente significativos para o modelo em estudo.

Procedendo-se uma análise de regressão entre os fatores de sombreamento e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta ganho de peso, notou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. A média de ganho de peso sem estes fatores foi de 1,23kg, e com os fatores ventilação e sombreamento, a média, passou para 1,40kg, ocorrendo um acréscimo de 12,2% na média. O fator sombreamento não foi tão influente no valor final como o fator ventilação, como pode-se observar na equação 5.16 que possui um R^2 de 5,6%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,20 + 0,0546 S + 0,159 V, (\text{kg}) \dots\dots\dots (\text{eq. 5.16.})$$

onde:

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

A análise de regressão realizada para o período de primavera, tendo como variável de resposta o ganho de peso envolveu todos os fatores analisados em conjunto: orientação, sombreamento e ventilação. Observou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%, indicando que os fatores em conjunto são estatisticamente significativos para o modelo em estudo. A média de ganho de peso sem os fatores sombreamento e ventilação forçada, para uma orientação norte - sul, foi de 1,20kg. Com os fatores ventilação forçada e sombreamento agindo em conjunto, em uma orientação leste - oeste, a média de ganho de peso passa para 1,47kg, ocorrendo um acréscimo de 18,8% na média final. O fator mais influente na determinação da média da equação ajustada para estes fatores, foi a ventilação seguida pelo sombreamento, como pode-se observar na equação 5.16. que possui um R^2 de 7,0%.

$$\text{Ganho de Peso} = 1,20 - 0,0546 O + 0,159 V + 0,0653 S, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.16})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

No período de primavera, o fator ventilação na maioria das vezes, foi mais efetivo que o fatores sombreamento e orientação na determinação do ganho de peso.

5.3.4. Análise para o período de outono.

Realizando a análise de regressão entre o fator orientação em relação ao ganho de peso, para o período de outono, verificou-se que a regressão foi significativa para o modelo, ao nível de 5% de probabilidade. A equação ajustada para essa regressão é dada a seguir:

$$\text{Ganho de peso} = 1,44 - 0,245 O, (\text{kg}) \dots\dots\dots(\text{eq. 5.17.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

A média de ganho de peso, assumindo a orientação norte – sul, é de 1,44kg. No caso da orientação leste - oeste, a média de ganho de peso vale 1,19kg, 17,0% menor que a média calculada para a orientação norte - sul, assim como o ocorrido no período de inverno.

A regressão entre o fator sombreamento e o ganho de peso foi significativa a um nível de confiança de 5%, o que indica que o fator sombreamento é estatisticamente significativo para o modelo em estudo. De acordo com a equação 5.18 que possui um R^2 de 4,2%, a média de ganho de peso sem o fator ventilação forçada foi de 1,27kg, e com o fator ventilação aumentou para 1,44kg, ocorrendo um acréscimo de 15,27% na média de ganho de peso.

$$\text{Ganho de peso} = 1,27 + 0,179 S, (\text{kg}) \dots\dots\dots(\text{eq. 5.18.})$$

onde:

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

Ao realizar-se uma análise de regressão entre os fatores de ventilação forçada e ganho de peso, para o período de outono, verificou-se que a regressão não foi significativa ao nível de 5% de confiança, o que mostra que o fator não foi estatisticamente significativo para o modelo.

Processando-se a regressão entre os fatores de orientação e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta ganho de peso, observa-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. A média de ganho de peso em uma instalação norte - sul, sem ventilação forçada, seria de 1,40kg. Em uma instalação leste - oeste, com ventilação forçada seria de 1,252kg, 10,5% menor. A equação 5.19. mostra o ajuste calculado para a influência dos fatores orientação e ventilação, nos valores obtidos de ganho de peso médio no outono, possuindo um R^2 de 9,6%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,40 + 0,265 O + 0,117 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.19.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Ao realizar-se uma análise de regressão entre os fatores de orientação e sombreamento em conjunto, em relação à variável de resposta de ganho de peso, observou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. Assumindo uma instalação norte - sul, sem sombreamento, a média do ganho de peso foi de 1,42kg. Já em uma instalação leste - oeste, sombreada, a média de ganho de peso seria 1,22kg, 13,8% menor que a anterior. A equação 5.20 mostra o ajuste feito entre os fatores orientação e sombreamento e a variável ganho de peso, possuindo um R^2 de 7,9%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,42 - 0,226 O - 0,029 S, \dots \dots \dots (\text{eq. 5.20.})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

Procedendo-se a uma análise de regressão entre os fatores de sombreamento e ventilação em conjunto, em relação à variável de resposta ganho de peso, notou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%. A média de ganho de peso sem estes fatores foi de 1,26kg, e com os fatores ventilação e sombreamento a média de ganho de peso passou para 1,47kg, ocorrendo um acréscimo de 14,6%. O fator ventilação não foi tão influente no valor final como o fator sombreamento, como pode-se observar na equação 5.21 que possui um R^2 de 4,5%.

$$\text{Ganho de peso} = 1,26 - 0,172 S + 0,0438 V, (\text{kg}) \dots \dots \dots (\text{eq. 5.21.})$$

onde:

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

Finalmente, foi realizada uma análise de regressão entre todos fatores analisados em conjunto: orientação, sombreamento e ventilação, em relação à variável de resposta de ganho de peso. Observou-se que a regressão foi significativa a um nível de confiança de 5%, indicando que os fatores são estatisticamente significativos para o modelo em estudo, expresso na equação 5.22., com um R^2 de 9,7%. A média de ganho de peso sem os fatores de sombreamento e ventilação forçada, para uma orientação norte - sul, é de 1,42kg. Considerando os fatores ventilação forçada e sombreamento agindo em conjunto, em uma

orientação leste – oeste, a média de ganho de peso passa para 1,22kg, ocorrendo uma redução de 13,8% na média final.

$$\text{Ganho de Peso} = 1,42 - 0,289 O + 0,126 V - 0,0342 S \dots\dots\dots(\text{eq. 5.22})$$

onde:

O = Orientação

O = 0 – norte - sul; O = 1 – leste - oeste

S = Sombreamento

S = 0 – sem sombreamento; S = 1 – com sombreamento

V = Ventilação

V = 0 – sem ventilação; V = 1 – com ventilação

O período de outono, assim como o inverno, é caracterizado também pela maior inclinação do sol para o norte. A variável ganho de peso, no período de outono, foi influenciada principalmente pelo fator orientação e sombreamento. O fator ventilação forçada também influenciou no ganho de peso, porém somente quando associado aos outros fatores.

6. CONCLUSÕES

Concluiu-se que as instalações com orientação norte – sul, quando sombreadas e ventiladas artificialmente, apresentaram o mesmo desempenho térmico que as instalações com orientação leste – oeste, nas estações mais quentes do ano (primavera e verão).

Nas estações mais frias do ano (outono e inverno), as instalações com orientação norte – sul sombreadas e ventiladas artificialmente apresentaram um desempenho térmico superior às instalações com orientação leste – oeste.

6.1. Comparando a eficiência térmica de instalações avícolas com as orientações leste – oeste e norte – sul.

Considerando as estações quentes do ano (primavera e verão), os resultados mostram que os modelos com orientação leste – oeste apresentaram os melhores desempenhos térmicos, utilizando como parâmetros a carga térmica de radiação incidente e a produtividade. Considerando a orientação associada ao sombreamento, os resultados também não apontaram diferenças significativas em termos de desempenho térmico e produtividade.

Nos resultados referentes às estações frias do ano (outono e inverno), os resultados mostram que os modelos com orientação norte – sul apresentaram os melhores

desempenhos térmicos, também utilizando como parâmetros a carga térmica de radiação incidente e a produtividade. No caso da orientação associada ao sombreamento, os resultados também não apontaram diferenças significativas em termos de desempenho térmico e produtividade.

6.2. Influência da ventilação forçada no comportamento térmico dos aviários, considerando as orientações leste – oeste e norte – sul.

Os resultados no comportamento térmico dos modelos, durante a estação mais quente do ano (verão), mostraram que o melhor desempenho térmico foi no modelo norte – sul com ventilação.

Os resultados no comportamento térmico dos modelos durante a estação mais fria do ano (inverno) mostraram que o melhor desempenho térmico foi no modelo leste - oeste com ventilação.

Em termos de produtividade, os resultados mostraram que durante as estações mais quentes do ano (primavera e verão), a ventilação foi o fator que mais influenciou no resultado final.

Por outro lado, em termos de produtividade, os resultados evidenciaram que durante as estações mais frias do ano (outono e inverno), a ventilação foi a variável que menos influenciou no resultado final. No caso destas estações do ano, a variável que determinou os melhores resultados de produtividade foi a orientação.

6.3. Eficiência do sombreamento de telhados com cumeeira voltada para a direção norte – sul.

Os resultados no comportamento térmico dos modelos durante todas as estações do ano mostraram que não houve diferença entre os tratamentos, o que evidencia a não

influência do sombreamento na cumeeira voltada para a direção norte – sul. Entretanto, a associação da ventilação forçada com o sombreamento, em função da orientação utilizada, apresentou os melhores desempenhos térmicos, resultando em um acréscimo de em média 10%, na simulação do ganho de peso das aves.

Recomenda-se em futuros estudos verificar o efeito do sombreamento associado ou não à ventilação artificial em abrigos com orientação leste – oeste, além da utilização de um sombreamento mais denso nas pesquisas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBARI, H.; TAHA, H. Impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. **Energy (Oxford)**, 1992. 17 (2): 141-149.
- ALBRIGHT, L.D. **Environmental Control for Animals and Plants**. ASAE. Textbook N.4, St. Joseph, Michigan. 1989. 453 p.
- ALUCCI, M.P.; AKUTSU, M.; CARNEIRO, C.M. Geometria dos ambientes: Um dos fatores determinantes no desempenho térmico das edificações. **Tecnologia das Edificações**. IPT/Ded. São Paulo, 1986. 23: 95 - 100.
- ASHRAE. **Handbook of Fundamentals**. 1985.
- BARRINGTON, S.; ZEMANCHICK, N.; CHOINIERE, Y. Orienting livestock shelters to optimize natural summer ventilation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, MI, 1994. 37(1): 251 - 255.
- BELAY, T.; R.G., TEETER. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**. 1993. 74: 116-124.
- BERNATZKY, A. The contribution of trees and green spaces to a town climate. **Climate and Energy**. 1982. 5:1-10.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F.; ITTNER, N.R. Radiation studies of painted shade materials. **Agricultural Engineering**. St. Joseph, 1976. 35 (6): 389 - 392.
- BOONE, M.A. Temperature at six different locations in the fow's body as affected by ambient temperatures. **Poultry Science**, Champaign, 1968. 47: 1961 - 1962.
- BOONE, M.A.; HUGHES, B.L. Wind velocity as it affects body temperature, water consumption during heat stress of roosters. **Poultry Science**, Champaign, 1971. 50: 1535 - 1537.

- BOTTCHER, R.W.; DRIGGERS, L.B.; BAUGHMAN, G.R.; BISESI, P. **Field tests of reflective insulation and roof coating**. St. Joseph, MI, ASAE, 1990. Paper No 904515. 21p.
- BOTTJE, W.G.; HARRISON, P.C.; GRISHAW, D. Effect of an acute heat stress of blood flow the artery of husband cockerelers. **Poultry Science**. Champaign, 1983. 62: 1386 - 1387.
- BRAY, D. R. ; BUCKLIN, R. A.; MONTOYA, R.; GIESY, R. Cooling methods for dairy housing in the southeastern United States. **Transactions of the ASAE**, Atlanta, 1994.
- BRUCE, J.M. Ventilation and temperature control criteria for pigs. **Environmental Aspects of Housing for Animal Production**. Edited by J.L. Montheith, Butterwoths, Boston, 1981.
- BUFFINGTON, E.D., AROCHO, A.C., CATON, G.N., PITY, D., TATCHER, E.E., COLLIDER, R.T. **Black globe humidity comfort index for dairy cows**. St. Joseph, ASAE, Paper No 774517. 1981, 16 p
- BUFFINGTON, D.E.,; SKINNER, T.C. Solar radiantion and wind effects as functions of building orientation. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, ASAE, 1980. pp. 1482 - 1486.
- BUFFINGTON, D.E.; SUDHIR, K.S.; BLACK, R.J. **Factors for determining shading patterns in Florida**. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida, Gainesville. 1981, Circular 505. 27 p.
- CAB INTERNATIONAL. **Poultry Production**. Edited by N.J. Dagher, Faculty of Agricultural Sciences, United Arab Emirates University, 1995. 303p.
- CAMELO, S.L.; GONÇALVES, H. Conforto térmico no verão para diferentes soluções de ganho solar e estratégia de arrefecimento. In: **Seminário de Modelos de Simulação de Ambientes**. Anais. FAU/USP. São Paulo. 1995. pp. 119-212.
- CAMPOS. E.E. A Interação Ambiente x Nutrição x Doença. In: **I Simpósio Norte-Nordeste de Ambiência Avícola**. Fortaleza, novembro de 1995. pp.29-38.
- CAMPOS, S.S. **Efeito do nível de energia na dieta, idade e temperatura ambiente sobre a temperatura superficial, carga térmica radiante e temperatura retal de frangos de corte**. Jaboticabal, FCAVJ, UNESP, 1995. 102p.
- CENSO AVÍCOLA DE 1997. **Aves E Ovos**. Fevereiro de 1998, 14 (4).

- COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURALE (CIGR). **Climatization of Animal Houses**. 2^a Ed. Centre for climatization of animal houses - Advisory Services. Guent, Belgium, 1992. 147p.
- CROISSET, M. **L'hygrothermique Dans le Batiment**. Eyrolles Edition, Paris, 1974. 376p.
- DARRE, M.J. & HARRISON, P.C. Heart rate, blood pressure, cardiac output, and total peripheral resistance of Single Comb White Leghorn hens during an acute exposure to 35°C ambient temperature. **Poultry Science**, Champaign, 1987. 66: 541 - 547.
- DEATON, J.W.; REECE, F.N.; VARDAMAN, T.H. The effect of temperature and density on broiler performance. **Poultry Science**. Champaign, 1968. 47: 293 - 300.
- ERNST, R.A. Housing for improved performance in hot climates. **In: Poultry Production in Hot Climates**. CAB International, 1995, pp. 67-99.
- ESMAY, M.L. **Principles of Animal Environment**. Avi Publishing Company Inc, Westport, 1982. 325p.
- FABRÍCIO, J.R. Influência do estresse calórico no rendimento da criação de frangos de corte. **In: Conferência Apinco 1994 de Ciência e Tecnologia Avícola**. Anais. Santos, São Paulo, 1994. pp. 129 - 136.
- FOREHLICH, D.P.; HELLICKSON, M.A. and YOUNG, H.G. Ridge vents effects on model ventilation characteristics. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, 1975. 18 (4): 690 - 693.
- FOX, T.W. Studies on heat tolerance in domestic fowl. **Poultry Science**, Champaign, 1980. 59: 2391 - 2396.
- FREEMAN, B.J. The domestic fowl in biomedical research: physiological effects of the environment. **World's Poultry Science Journal**, 1988. 44: 44 - 60.
- FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. FAU/USP, Nobel, São Paulo, 1995. 243p.
- GARRET, W.N.; BOND, T.E.; PEREIRA, N. Influence of shade on physiological responses of cattle during hot weather. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 1967. 10 (4): 433 - 439.
- GHELFI FILHO, H.; VILLA NOVA, N.A.; OMETTO, D.A.; JANUÁRIO, M. Influência da orientação na carga térmica solar recebida em edificações rurais. **In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Anais. Maranhão, 1988. pp. 571 - 577.

- GRIFFIN, J.G.; VARDAMAN, J.H. Effects of radiant heat on market size of broiler chicks grow in cyclic high temperature environment. **Poultry Science**, Champaign, 1971. 50: 463 - 464.
- HAHN, L.; BOND, T.E.; KELLY, C.F. Use of models in thermal shades of livestock housing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 1961. 4 (1): 45 - 51.
- HARDOIN, P.C.; LOPES, S.P. Análise comparativa de cinco tipos de materiais de cobertura em condições de temperatura máxima em Lavras. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 1993, Ilhéus - BA. Anais. 1993. p. 107-117.
- HEISLER, G.M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**. 1974. 72 (8): 466-469.
- HEISLER, G.M. Reductions of solar radiation by tree crowns. **Journal of Forestry**. 1982. Pp. 133-138.
- HELLICKSON, M.A.; WALKER, J.N. **Ventilation on Agricultural Structures**. ASAE, St. Joseph, Michigan, 1983. 371p.
- HOYANO, A. Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of the thermal environment of a building. 1988. **Energy and Buildings**. V.11. pp. 181-199.
- IZARD, J.L.; GUIYOT, A. **Arquitetura bioclimática**. Ed. G. Gilli, México, 1983.
- KAMPEN, M.V. Physiological responses of poultry to ambient temperature. **Archiv fur Experimentelle Veterinar Medizin**. 1984. 38: 384 - 391.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E.; ITTNER, N.R. Design of livestock shades. **Califórnia Agriculture**, Berkeley, 1950. pp. 3 - 4
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores, São Paulo. 1997. 188p.
- LASIEVSKI, R.C.; ACOSTA, A.; BERSTEIN, M.H. **Compar. Biochemical and Physiology**. Oxford, 1966. 19: 455-457.
- LINSLEY, J.G.; BERGER, R.R. Respiratory and cardiovascular responses in the hyperthermic domestic fowl. **Poultry Science**. Champaign, 1964. 43: 291-305.
- MACARI, M. **Água na Avicultura Industrial**. Jaboticabal: Funep, UNESP. 1996.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. FUNEP/UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 1994. 296p.

- MACARI, M.; GONZALES, E. **Fisiopatogenia da síndrome da morte súbita em frangos de corte**. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola. Anais. Campinas, 1990. pp.65-73.
- ARBOR ACRES. **Manual de Manejo Pollos de Engorde**. USA. 36p.
- MARBOUTIN, F. L' Actinometre et l'Orientation des Rues et des Fasades. **La Technique Sanitaire et Municipale**, 1931. pp. 60 - 67.
- MATHER, F.B. Effects of environment on poultry In: **The 43rd annual ASAE meeting**, 1984, Gainesville. Proceedings, Gainesville: Poultry Institute, 1984. p 28-35.
- MITCHELL, M.A. Effects of air velocity on convective and radiant heat transfer from domestic fowls at environmental temperatures of 20°C and 30°C. **British Poultry Science**. Abingdon, 1985. 26: 413 - 423.
- MITCHELL, M.A. Some physiological effects of environmental temperature upon poultry. **Proceedings of the third International Poultry Buildings Conference**. 1987. pp. 24-25.
- MORGAN, W.E. **Heat reflective roof coatings**. ASAE, St.Joseph, 1990. Paper N. 904513.
- MULLER-CHAGAS, P.; PAUL, P. **Configurations Urbaines: Apports Energetiques et Microclimats**. ARIAS, Strasbourg, 1980.
- MURPHY, G. **Similitude in Engineering**. The Ronald Press Company. 1950. 302p.
- NÄÄS, I.A. **Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal**. Editora Ícone. São Paulo, 1989. 183p.
- NÄÄS, I.A. Fatores não nutricionais que afetam o desempenho de frangos de corte. In: **Conferência Apinco 1992**. Campinas. Anais. 1992.
- NÄÄS, I.A. **Natural ventilation for agricultural animal building in Brazil**. ASAE Paper No. 86-5013. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, MI, 1986.
- NÄÄS, I.A.; AMARAL,L.R.S. Programa computacional Pró Frango - Otimização da Produção de Frangos. Versão 0.0. Campinas: UNICAMP. Protocolo SEI No. 45133/89-5. 1989.
- NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; LAGANÁ, C. Utilização da entalpia como variável física de avaliação do conforto térmico na avicultura de corte. In: **Conferência Apinco 1995 de Ciência e Tecnologia Avícolas**, Curitiba -PR, 1995. Anais. p.201 - 202.
- NEUBAUER, L.W.,; R.D. CRAMER. **The effect of shape of building on the interior air temperature**. ASAE paper No. 66-913. 1966a. ASAE, St. Joseph, MI.

- NEUBAUER, L.W.; R.D. CRAMER. Solar radiation control for small exposure houses. **Transaction of the ASAE**, 1966b., St. Joseph, MI, 9 (2): pp.194 - 197.
- NEUBAUER, L.W, and R.D. CRAMER. **Effect of size, shape, color, and orientation on temperature characteristics of model buildings**. ASAE paper No. 68-413. 1968a. ASAE, St. Joseph, MI.
- NEUBAUER, L.W. Toward cooler buildings. **Agricultural Engineering**, 1969. 50 (2): 80-81.
- NORTH, M.O. and BELL, D.P. **Commercial chicken production manual**. 4^a Ed, Van Nostrand, Reinhold. New York, 1990. 913p.
- OLGYAY, V. **Design With Climate - A Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. 2a. ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992. 190p.
- OLIVEIRA, P.M. Metodologia do desenho urbano considerando os atributos bioclimatizantes da forma urbana e permitindo o controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais. In: **ENTAC 1983, Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações**. Anais.
- OTTEN, L. ; MORRISON, W.D.; BRAITHWAITE, L.A.; SMITH, J.H. Development of cooled roosts for heat-stressed poultry. **Presentation at the Meeting of Canadian Society of Agricultural Engineering and American Society of Agricultural Engineers**. Quebec, Canada. June 1989. Paper No. 89-4081, 13pp.
- PARKER, B.F. Heat transmission characteristics of sloped roofs exposed to solar radiation. **Transactions of the ASAE**, ST. Joseph, MI, 1963, 8 (1), p. 1-5.
- PEIXOTO, M.C.; LABAKI, L.C.; SANTOS, R.F. Conforto térmico em cidades: avaliação do efeito da arborização no controle da radiação solar. In: **ENTAC 1993, Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações**. Anais. pp. 629 - 632.
- PEREIRA, A. M., Stress Calórico em Poedeiras Comerciais. **Seminário de postura comercial - Guabi**, 1991. Pp. 135-145.
- REECE, F.N.; DEATON, J.W.; RUBENA, L.F. Effects of high temperature and humidity and heat prostration of broiler chickens. **Poultry Science**. Champaign, 1972. 51: 2021 -2025.
- REY, A.; PIDOUX, J.; BARDET, G. La Ville Salubre de L'avenir: Principes scientifiques d'Orientation des Voies Publiques et des Habitations. In: **Congrés International et Exposition Comparé Des Villes**, 1st.edition, Rapport, Guent, 1931. pp. 217 - 224.
- RIVERO, R. **Arquitetura e clima. Acondicionamento térmico natural**. Editora D. C. Luzzato, Porto Alegre, 1986.

- RODRIGUES, E.H.V. e ARAÚJO, R.C.L. Influência da orientação sobre o conforto ambiental em instalações destinadas à criação de frangos de corte, Itaguaí, 1995. 18p. (em fase de publicação).
- RODRIGUES, E.H.V.; ARAUJO, R.C.L.; SILVA, I.J.O. NÄÄS, I.A. Influência da orientação sobre a intensidade de radiação solar em instalações destinadas à criação de frangos de corte. In: **Conferência Apinco de Ciências e Tecnologias Avícolas**, Curitiba - PR, Anais. 1995. pp.269-270.
- ROMIJN, R.; LOKHORST, K.L. Meat regulation and energy metabolism in the domestic fowl **Physiology of Domestic Fowl**. Horton - Smith e E.C. Amoroso, Springer - Verlag, New York, 1966.
- RORIZ, M. **Luz do Sol 1.1. Radiação Solar e Iluminação Natural**. USP – São Carlos. SP.1996.
- RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico de aves. In: **Conferência Apinco 1994 de Ciência e Tecnologia Avícola**. Anais. Santos, 1994. pp. 73 - 84.
- SATTLER, M.A.; SHARPLES, S.; PAGE, J.K. The geometry of the shading of buildings by various tree shapes. **Solar Energy**, 1987. 38(3): 187 - 201.
- SATTLER, M.A. **Computer – Based Design Techniques for the Thermal Analysis of Low Cost Housing in Brazil, Incorporating the Use of Shading by Trees**. Tese de Doutorado. Universidade de Sheffield. Sheffield. 1989.
- SILVA, I. J. O. **Desenvolvimento de Modelos Matemáticos para Análise da Influência das Condições Ambientais na Produção de Ovos**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 1998. 140p
- SILVA, R.G. Tópicos Especiais em Construções Rurais e Ambiência. **Notas de Aula**. FEAGRI / UNICAMP.1995.
- SMITH, W.K. Poultry housing problemas in the tropics and subtropics. In: CLARCK, J.A. **Environmental aspects of housing for animal production**. Butterworths, London, 1981. 511p.
- SYDENSTRICKER, K.V. **Análise de lanternin em edificações para suínos, através de modelos em escala**. Tese de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 1993. 69p.
- TEETER, R.G.; BELAY, T. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, Champaign, 1993. 72: 116 - 124.

- TINÔCO, I.F.F. **Resfriamento adiabático (Evaporativo) na produção de frangos de corte.** . Tese de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, 1988. 92p.
- WANG, S.; BOTTJE, W.G.; KINZLER, S.; NELDON, H.L.; KOIKE, T.I. Effect of heat stress on plasma levels of arginine vasotocin and mesotocin in domestic fowl. (*Gallus domesticus*) **Comparative Biochemistry and Physiology**, 1989. 93A (4): 721 - 724.
- WILSON, W.O. Some effects on increasing environmental temperatures on pullets. **Poultry Science**, Champaign, 1948. 27: 813 - 817.
- WINN, P.H.; GODFREY, E.F. **Abstract in Poultry Digest**. 1968. 27: 266.
- WOLFENSON, D.; FREI, Y.F.; SNAPIR, N; BERMAN, A. **Pflügers Archivment**. 1986. 390: 86 - 93.

8. ABSTRACT

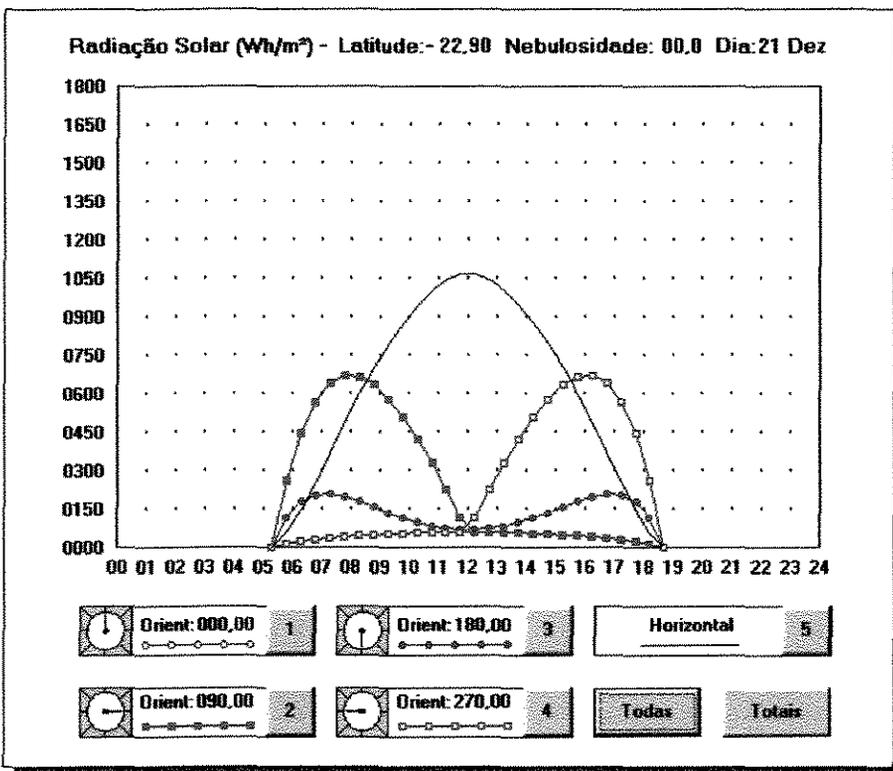
The present research had the objective to compare the poultry building thermal efficiency using two different solar orientation: East-West and North-South. It was also verified the use of forced ventilation on the thermal behavior of the buildings, as well as the use of trees shade on the North-South roof slope. The research was done in distorted small scale models representing poultry buildings located in the experimental area of the Departamento de Construções Rurais, da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. The place was located as a latitude of $22^{\circ}54'S$ and a longitude of $47^{\circ}05'N$ and altitude of 674m. Five models were built such as : two in the East-West solar orientation and three in North-South. Trees were planted to provide shade in two of the North-South oriented models for reducing the solar thermal incident radiation load in the lateral walls and roof. Fans were put in each model with different orientation (one East-West and other North-South) to verify the influence of forced ventilation in both cases. Using the climatic data radiation heat load as well as the thermal balance were calculated. In order to determine the statistical difference in the several studied models, average heat production data was compared using simulated data. It was found that the building with North-South solar orientation shaded by trees and using forced ventilation presented the same thermal behavior of the ones with solar orientation East-West, where forced ventilation was used, in the warmest seasons (Spring and Summer). In the coolest seasons (Fall and Winter) the buildings with North-South solar orientation shaded by trees and using forced ventilation presented better thermal behavior resulting in best production data, when comparing to the same ones orientated East-West.

9. ANEXOS

Luz do Sol 1.1 - módulo: Tabela
 Dados: Radiação Carta Sol Região Janela Selva Sol Sobre

Radiação Solar (Wh/m²) - Latitude: -22.90 Nebulosidade: 00.0 Dia: 21 Dez						
	0	90	180	270	COB	TOTAL
05.30	0	0	0	0	0	0
05.79	13	259	117	13	55	458
06.29	22	443	178	22	145	809
06.79	29	565	204	29	254	1081
07.28	35	638	208	35	371	1287
07.78	40	669	198	40	490	1436
08.28	44	665	180	44	602	1535
08.77	47	633	158	47	705	1591
09.27	50	579	136	50	797	1612
09.77	53	508	115	53	877	1606
10.26	55	424	97	55	946	1578
10.76	57	329	83	57	1003	1529
11.26	58	226	73	58	1043	1459
11.75	59	115	69	59	1065	1366
12.25	59	59	69	115	1065	1366
12.74	58	58	73	226	1043	1459
13.24	57	57	83	329	1003	1529
13.74	55	55	97	424	946	1578
14.23	53	53	115	508	877	1606
14.73	50	50	136	579	797	1612
15.23	47	47	158	633	705	1591
15.72	44	44	180	665	602	1535
16.22	40	40	198	669	490	1436
16.72	35	35	208	638	371	1287
17.21	29	29	204	565	254	1081
17.71	22	22	178	443	145	809
18.21	13	13	117	259	55	458
18.70	0	0	0	0	0	0

Luz do Sol 1.1 - módulo: Gráfico
 Dados: Radiação Carta Sol Região Janela Selva Sol Sobre

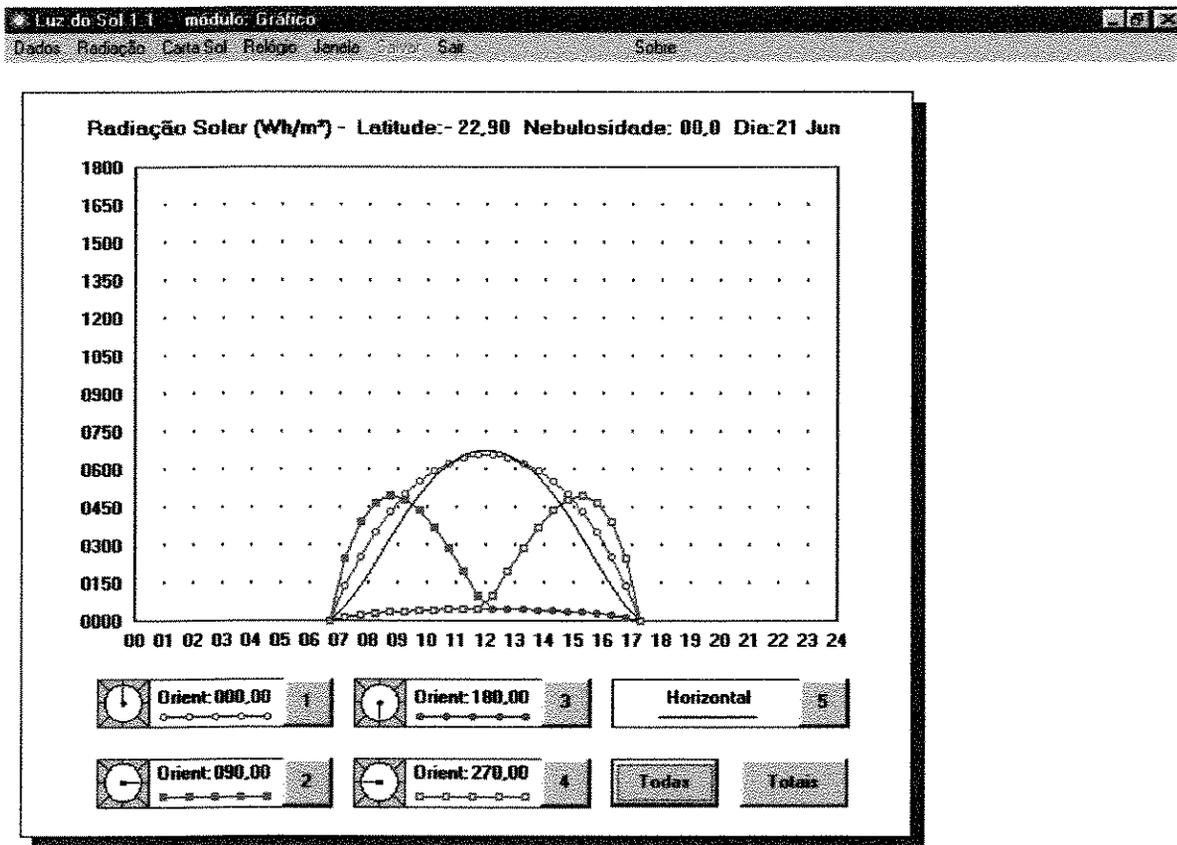


Anexo 1. Radiação Solar em W/m², para Campinas – SP, no solstício de verão.

Luz do Sol 1.1 - módulo: Tabela

Dados Radiação Carta Sol Relógio Janela Salvar Sair Sobre

Radiação Solar (Wh/m ²) - Latitude: 22,90 Nebulosidade: 00,0 Dia: 21 Jun						
	0	90	180	270	COB	TOTAL
06,70	0	0	0	0	0	0
07,21	140	246	13	13	55	467
07,71	255	393	21	21	138	829
08,22	352	470	28	28	234	1111
08,72	432	495	33	33	331	1325
09,23	499	482	37	37	422	1477
09,73	553	438	40	40	503	1574
10,23	595	372	43	43	570	1622
10,74	625	290	45	45	621	1626
11,24	646	197	46	46	656	1590
11,75	655	97	46	46	673	1519
12,25	655	46	46	97	673	1519
12,76	646	46	46	197	656	1590
13,26	625	45	45	290	621	1626
13,77	595	43	43	372	570	1622
14,27	553	40	40	438	503	1574
14,77	499	37	37	482	422	1477
15,28	432	33	33	495	331	1325
15,78	352	28	28	470	234	1111
16,29	255	21	21	393	138	829
16,79	140	13	13	246	55	467
17,30	0	0	0	0	0	0
TOTAL	9506	3832	705	3832	8404	26279



Anexo 2. Radiação Solar em W/m², para Campinas – SP, no solstício de inverno.

ANEXO 3. Resultados das análises estatísticas dos dados meteorológicos no período de verão.

1. Análises para o horário das 8:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	607.1	151.8	12.56	0.000
Error	206	2489.3	12.1		
Total	210	3096.3			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	189.36	47.34	7.63	0.000
Error	206	1277.38	6.20		
Total	210	1466.75			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	3766	942	8.76	0.000
Error	206	22133	107		
Total	210	25899			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	743.2	185.8	13.97	0.000
Error	206	2739.9	13.3		
Total	210	3483.1			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	47453	11863	7.23	0.000
Error	206	337848	1640		
Total	210	385301			

2. Análises para o horário das 11:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	126.23	31.56	9.44	0.000
Error	206	688.59	3.34		
Total	210	814.83			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	69.58	17.40	5.33	0.000
Error	206	672.26	3.26		
Total	210	741.84			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	997.4	249.4	4.87	0.001
Error	205	10498.1	51.2		
Total	209	11495.5			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	130.21	32.55	6.40	0.000
Error	206	1047.49	5.08		
Total	210	1177.70			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1325	331	0.58	0.680
Error	206	118503	575		
Total	210	119828			

3. Análises para o horário das 14:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	99.07	24.77	3.86	0.005
Error	196	1257.70	6.42		
Total	200	1356.77			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	75.47	18.87	3.28	0.012
Error	196	1127.00	5.75		
Total	200	1202.47			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	887.3	221.8	2.96	0.021
Error	195	14607.8	74.9		
Total	199	15495.2			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	89.73	22.43	3.02	0.019
Error	195	1446.92	7.42		
Total	199	1536.65			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1206	302	0.33	0.855
Error	195	175836	902		
Total	199	177043			

4. Análises para o horário das 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	99.07	24.77	3.86	0.005
Error	196	1257.70	6.42		
Total	200	1356.77			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	54.67	13.77	1.25	0.292
Error	182	1992.70	10.9		
Total	186	2047.47			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1269.	317.8	2.96	0.021
Error	182	29932.8	164.0		
Total	186	31202.2			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	202.0	50.5	1.02	0.372
Error	185	8719.12	47.1		
Total	189	8921.1			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	27131	6783	2.75	0.030
Error	184	454160	2468		
Total	188	481291			

5. Análises para o horário das 19:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	34.60	8.6	0.86	0.49
Error	120	1205.60	10.00		
Total	124	1240.27			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	36.13	9.03	1.21	0.310
Error	120	895.41	7.46		
Total	124	931.54			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	918.5	229.6	2.43	0.051
Error	119	14607.8	94.4		
Total	123	12146.8			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	37.40	9.40	0.69	0.601
Error	120	1632.12	13.6		
Total	124	1669.55			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	199	50	0.07	0.990
Error	120	80255	669		
Total	124	80454			

6. Análises estatísticas para os horários mais críticos, 11:00, 14:00, e 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	644.8	161.2	14.71	0.000
Error	912	9992.3	11.0		
Total	916	10637.1			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	224.45	56.11	7.25	0.000
Error	912	7062.64	7.74		
Total	916	7287.10			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	697.1	174.3	14.44	0.000
Error	912	11002.9	12.1		
Total	916	11699.9			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	23136	5784	5.51	0.000
Error	912	957104	1049		
Total	916	980240			

ANEXO 4. Resultados das análises estatísticas dos dados meteorológicos no período de inverno.

1. Análises para o horário das 8:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1186.0	296.5	20.59	0.000
Error	130	1872.5	14.4		
Total	134	3058.5			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	502.86	125.71	14.59	0.000
Error	130	1120.44	8.62		
Total	134	1623.30			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	2179	545	3.25	0.014
Error	130	21792	168		
Total	134	23971			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1800.4	450.1	27.38	0.000
Error	130	2137.0	16.4		
Total	134	3937.3			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	65462	16365	10.85	0.000
Error	130	196010	1508		
Total	134	261472			

2. Análises para o horário das 11:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	666.7	166.7	9.97	0.000
Error	130	2173.2	16.7		
Total	134	2840.0			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	44.03	11.01	1.20	0.315
Error	130	1195.41	9.20		
Total	134	1239.44			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	402	100	0.84	0.504
Error	130	15600	120		
Total	134	16002			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	290.0	72.5	5.65	0.000
Error	130	1668.8	12.8		
Total	134	1958.8			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	153185	38296	10.47	0.000
Error	130	475617	3659		
Total	134	628801			

3. Análises para o horário das 14:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	2434.1	608.5	25.80	0.000
Error	130	3066.8	23.6		
Total	134	5500.9			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	290.8	72.7	6.06	0.000
Error	130	1560.1	12.0		
Total	134	1850.9			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	588	147	1.25	0.292
Error	130	15252	117		
Total	134	15840			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	801.8	200.4	11.86	0.000
Error	130	2196.4	16.9		
Total	134	2998.2			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	464506	116127	29.21	0.000
Error	130	516820	3976		
Total	134	981326			

4. Análises para o horário das 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	254.0	63.5	2.21	0.071
Error	130	3736.8	28.7		
Total	134	3990.9			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	48.0	12.0	0.85	0.499
Error	130	1847.7	14.2		
Total	134	1895.7			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	258	65	0.45	0.772
Error	130	18626	143		
Total	134	18884			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	709.6	177.4	7.48	0.000
Error	130	3084.0	23.7		
Total	134	3793.7			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	13398	3350	1.01	0.406
Error	130	432345	3326		
Total	134	445744			

5. Análises para o horário das 19:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	34.6	8.6	0.86	0.490
Error	120	1205.6	10.0		
Total	124	1240.2			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	36.13	9.03	1.21	0.310
Error	120	895.41	7.46		
Total	124	931.54			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	918.5	229.6	2.43	0.051
Error	119	11228.3	94.4		
Total	123	12146.8			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	37.4	9.4	0.69	0.601
Error	120	1632.1	13.6		
Total	124	1669.5			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	199	50	0.07	0.990
Error	120	80255	669		
Total	124	80454			

6. Análises estatísticas para os horários mais críticos, 11:00, 14:00, e 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1815.7	453.9	15.53	0.000
Error	400	11689.0	29.2		
Total	404	13504.6			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	200.3	50.1	3.45	0.009
Error	400	5805.5	14.5		
Total	404	6005.7			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	880	220	1.54	0.189
Error	400	56995	142		
Total	404	57875			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	854.0	213.5	9.46	0.000
Error	400	9027.1	22.6		
Total	404	9881.0			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	363996	90999	20.72	0.000
Error	400	1756362	4391		
Total	404	2120358			

ANEXO 5. Resultados das análises estatísticas dos dados meteorológicos no período de primavera.

1. Análises para o horário das 8:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	925.9	231.5	11.14	0.000
Error	100	2078.3	20.8		
Total	104	3004.2			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	98.07	24.52	3.05	0.020
Error	100	803.49	8.03		
Total	104	901.56			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	759	190	1.11	0.357
Error	100	17127	171		
Total	104	17886			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1035.6	258.9	6.17	0.000
Error	100	4192.9	41.9		
Total	104	5228.5			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	112585	28146	8.82	0.000
Error	100	319039	3190		
Total	104	431625			

2. Análises para o horário das 11:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	105.19	26.30	6.20	0.000
Error	103	436.62	4.24		
Total	107	541.80			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	47.02	11.76	2.43	0.052
Error	103	497.38	4.83		
Total	107	544.41			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	100.5	25.1	0.29	0.887
Error	103	9057.5	87.9		
Total	107	9157.9			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	96.66	24.17	4.45	0.002
Error	103	559.94	5.44		
Total	107	656.60			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1779	445	1.40	0.238
Error	103	32638	317		
Total	107	34417			

3. Análises para o horário das 14:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	120.44	30.11	3.50	0.010
Error	102	878.44	8.61		
Total	106	998.88			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	76.05	19.01	2.22	0.072
Error	102	873.00	8.56		
Total	106	949.05			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	57	14	0.07	0.991
Error	102	20495	201		
Total	106	20551			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	120.39	30.10	3.91	0.005
Error	102	784.42	7.69		
Total	106	904.81			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	2030	508	0.90	0.466
Error	102	57464	563		
Total	106	59494			

4. Análises para o horário das 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	148.2	37.1	2.47	0.049
Error	103	1544.8	15.0		
Total	107	1693.0			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	52.9	13.2	1.15	0.338
Error	103	1186.7	11.5		
Total	107	1239.6			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	203	51	0.20	0.939
Error	103	26375	256		
Total	107	26578			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	170.4	42.6	3.29	0.014
Error	103	1331.5	12.9		
Total	107	1501.9			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	4335	1084	1.02	0.401
Error	103	109526	1063		
Total	107	113861			

5. Análises para o horário das 19:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	58.6	14.6	1.41	0.236
Error	107	1111.4	10.4		
Total	111	1169.9			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	42.24	10.56	1.11	0.357
Error	107	1020.54	9.54		
Total	111	1062.78			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	141	35	0.28	0.889
Error	107	13349	125		
Total	111	13489			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	51.4	12.9	1.16	0.335
Error	107	1190.5	11.1		
Total	111	1242.0			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	575	144	0.23	0.919
Error	107	65651	614		
Total	111	66226			

6. Análises estatísticas para os horários mais críticos, 11:00, 14:00, e 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	347.70	86.93	8.71	0.000
Error	318	3174.65	9.98		
Total	322	3522.35			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	164.64	41.16	4.62	0.001
Error	318	2834.53	8.91		
Total	322	2999.16			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	173	43	0.24	0.916
Error	318	57349	180		
Total	322	57521			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	356.81	89.20	9.29	0.000
Error	318	3054.29	9.60		
Total	322	3411.10			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	3889	972	1.42	0.229
Error	318	218386	687		
Total	322	222274			

ANEXO 6. Resultados das análises estatísticas dos dados meteorológicos no período de outono.

1. Análises para o horário das 8:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	364.9	91.2	8.63	0.000
Error	29	306.4	10.6		
Total	33	671.4			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	98.53	24.63	2.94	0.037
Error	29	243.07	8.38		
Total	33	341.60			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	434	108	0.92	0.464
Error	29	3409	118		
Total	33	3842			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	507.2	126.8	8.52	0.000
Error	29	431.3	14.9		
Total	33	938.5			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	35761	8940	5.35	0.002
Error	29	48495	1672		
Total	33	84255			

2. Análises para o horário das 11:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	28.73	7.18	0.94	0.457
Error	29	222.55	7.67		
Total	33	251.28			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	11.51	2.88	0.46	0.764
Error	29	180.99	6.24		
Total	33	192.50			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	671.4	167.9	2.83	0.043
Error	29	1721.8	59.4		
Total	33	2393.3			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	25.5	6.4	0.54	0.705
Error	29	339.0	11.7		
Total	33	364.4			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	4110	1027	1.25	0.314
Error	29	23913	825		
Total	33	28023			

3. Análises para o horário das 14:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	281.66	70.41	7.50	0.000
Error	29	272.43	9.39		
Total	33	554.08			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	34.91	8.73	1.30	0.292
Error	29	193.98	6.69		
Total	33	228.89			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	213.5	53.4	0.54	0.706
Error	29	2855.9	98.5		
Total	33	3069.5			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	142.30	35.58	4.26	0.008
Error	29	241.92	8.34		
Total	33	384.23			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	64404	16101	9.24	0.000
Error	29	50536	1743		
Total	33	114940			

4. Análises para o horário das 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	49.41	12.35	2.62	0.056
Error	29	136.89	4.72		
Total	33	186.30			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	9.97	2.49	0.50	0.734
Error	29	143.65	4.95		
Total	33	153.62			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	107.7	26.9	0.47	0.756
Error	29	1653.7	57.0		
Total	33	1761.4			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	48.13	12.03	1.57	0.208
Error	29	221.69	7.64		
Total	33	269.82			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	1859	465	1.09	0.380
Error	29	12372	427		
Total	33	14230			

5. Análises para o horário das 19:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	9.47	2.37	0.33	0.853
Error	24	170.86	7.12		
Total	28	180.33			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	5.65	1.41	0.20	0.936
Error	24	169.59	7.07		
Total	28	175.24			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	70.0	17.5	0.38	0.823
Error	24	1113.9	46.4		
Total	28	1183.9			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	6.4	1.6	0.13	0.971
Error	24	302.1	12.6		
Total	28	308.5			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	185	46	0.13	0.969
Error	24	8338	347		
Total	28	8523			

6. Análises estatísticas para os horários mais críticos, 11:00, 14:00, e 17:00 horas.

Analysis of Variance on TG

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	193.8	48.4	3,76	0.007
Error	97	1251.2	12.9		
Total	101	1445.0			

Analysis of Variance on TS

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	44.33	11.08	1.41	0.237
Error	97	762.74	7.86		
Total	101	807.07			

Analysis of Variance on UR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	670.9	167.7	2.18	0.076
Error	97	7448.9	76.8		
Total	101	8119.8			

Analysis of Variance on ITU

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	108.9	27.2	2.06	0.091
Error	97	1279.2	13.2		
Total	101	1388.1			

Analysis of Variance on CTR

Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	29910	7478	4.11	0.004
Error	97	176537	1820		
Total	101	206447			

ANEXO 7. Resultados das análises estatísticas dos dados de produção de verão.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Localiza	1	0.4741	0.0051	0.0051	0.03	0.854
Sombream	1	0.0001	0.4682	0.4682	3.09	0.080
Ventilac	1	1.7988	1.7988	1.7988	11.89	0.001
Error	277	41.9165	41.9165	0.1513		
Total	280	44.1895				

Analysis of Variance on Peso					
Source	DF	SS	MS	F	p
TRAT	4	3.628	0.907	6.17	0.000
Error	276	40.562	0.147		
Total	280	44.190			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev		
1	64	1.3652	0.3733	(---*---)	
2	61	1.4889	0.4292	(---*---)	
3	28	1.0913	0.3047	(---*---)	
4	64	1.4776	0.3949	(---*---)	
5	64	1.4161	0.3651	(---*---)	

Pooled StDev = 0.3834					
		1.00	1.20	1.40	1.60
-----+-----+-----+-----+-----					

Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2	3	4
2	-0.3109 0.0636			
3	0.0368 0.5110	0.1587 0.6364		
4	-0.2974 0.0726	-0.1760 0.1985	-0.6234 -0.1492	
5	-0.2359 0.1340	-0.1145 0.2600	-0.5619 -0.0877	-0.1235 0.2464

ANEXO 8. Resultados das análises estatísticas dos dados de produção de inverno.

Analysis of Variance for Peso						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Local	1	0.42135	0.54339	0.54339	9.90	0.002
Ventila	1	0.27319	0.38580	0.38580	7.03	0.009
Sombrea	1	0.11504	0.11504	0.11504	2.09	0.150
Error	119	6.53493	6.53493	0.05492		
Total	122	7.34451				

Analysis of Variance on Peso					
Source	DF	SS	MS	F	p
Trat	4	0.8967	0.2242	4.10	0.004
Error	118	6.4478	0.0546		
Total	122	7.3445			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev							
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+			
1	27	1.1666	0.2542		(-----*-----)		
2	27	1.2264	0.2912		(-----*-----)		
3	15	1.0247	0.2439	(-----*-----)			
4	27	1.0799	0.1992	(-----*-----)			
5	27	1.0026	0.1640	(-----*-----)			
Pooled StDev = 0.2338				0.96	1.08	1.20	1.32

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500
Individual error rate = 0.00650

Critical value = 3.92

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2	3	4
2	-0.2362 0.1165			
3	-0.0668 0.3505	-0.0069 0.4104		
4	-0.0896 0.2631	-0.0298 0.3229	-0.2638 0.1535	
5	-0.0124 0.3403	0.0475 0.4002	-0.1865 0.2308	-0.0991 0.2536

ANEXO 10. Resultados das análises estatísticas dos dados de produção de outono.

Analysis of Variance for Peso						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Local	1	1.5094	2.2603	2.2603	15.52	0.000
Sombra	1	0.1132	0.6124	0.6124	4.20	0.042
Ventila	1	1.2512	1.2512	1.2512	8.59	0.004
Error	211	30.7362	30.7362	0.1457		
Total	214	33.6101				

Analysis of Variance on Peso					
Source	DF	SS	MS	F	p
Trat	4	3.195	0.799	5.51	0.000
Error	210	30.415	0.145		
Total	214	33.610			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev		
1	46	1.4058	0.4360	(-----*-----)	
2	43	1.4589	0.4537	(-----*-----)	
3	32	1.1869	0.3861	(-----*-----)	
4	47	1.2456	0.3366	(-----*-----)	
5	47	1.1501	0.2713	(-----*-----)	

Pooled StDev = 0.3806 1.05 1.20 1.35 1.50

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500
Individual error rate = 0.00645

Critical value = 3.89

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	1	2	3	4
2	-0.2751 0.1690			
3	-0.0220 0.4599	0.0276 0.5164		
4	-0.0569 0.3773	-0.0077 0.4342	-0.2987 0.1812	
5	0.0386 0.4729	0.0879 0.5297	-0.2031 0.2767	-0.1204 0.3115