

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANÁLISE DE LANTERNIM EM EDIFICAÇÕES PARA SUÍNOS, ATRAVÉS DE MODELOS EM ESCALA

Paroan

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado de
fendida por Keila Vianna Sydenstricker e aprovada pela Comissão Julgadora em
23 de dezembro de 1993. Campinas, 07 de março de 1994.

[Assinatura]
Presidente da Banca

Aluna: KEILA VIANNA SYDENSTRICKER
Orientadora: Prof. Dra. IRENILZA A. NÄÄS

[Assinatura]

Dissertação apresentada à FEAGRI/UNICAMP como cumprimento parcial dos requisitos
para a obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola - Área de concentração:
Ambiência.

Campinas, dezembro
1993

AGRADECIMENTOS

Sem registro nominal, agradeço a todos os membros da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP que, de diferentes maneiras, colaboraram para a realização deste trabalho.

Quero agradecer também ao CNPq, FAEP-UNICAMP, FAPESP e IFS pelo apoio financeiro recebido, e à Irenilza A. Nääs, professora e orientadora.

Um especial agradecimento pela importante e decisiva colaboração da Pamina Jardim e Gustavo Junqueira, bolsistas de iniciação científica do CNPq.

Finalmente, e com grande carinho meu agradecimento ao Johnny, por sua constante e significativa presença em todos os momentos desta pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
PÁGINA DE ROSTO.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
SUMÁRIO.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1. Os suínos e o clima.....	04
3.2. Efeitos do stress térmico sobre os suínos.....	07
3.3. Ventilação natural.....	12
3.4. O lanternim.....	15
3.5. Estudos feitos com modelos em escala.....	18
3.6. Índice de conforto térmico para suínos.....	20

4. METODOLOGIA.....	23
4.1. Construção dos modelos.....	23
4.2. Simulação do calor animal.....	27
4.3. Instrumentação, coleta e processamento dos dados.....	28
4.4. Análise estatística.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1. Análise do comportamento térmico dos modelos através do índice VD.....	32
5.2. Análise de regressão polinomial.....	45
5.3. Análise da modelagem matemática em escala.....	47
6. CONCLUSÕES.....	52
7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	54
ABSTRACT.....	59
APÊNDICE.....	60

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Figura 1.1 - Zona termoneutra.....	06
2. Figura 1.2 - Influência da temperatura ambiente sobre a performance de suínos (10 a 30kg de peso vivo).....	09
3. Figura 4.1 - Visão geral da área do experimento.....	25
4. Figura 4.2 - Modelo SL.....	25
5. Figura 4.3 - Modelo LAD.....	26
6. Figura 4.4 - Modelo LAS.....	26
7. Figura 4.5 - Simulação do calor animal.....	28
8. Figura 4.6 - Disposição do equipamento nos modelos.....	29
9. Gráfico 5.1 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 8 horas - Verão.....	34
10. Gráfico 5.2 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 11 horas - Verão.....	35
11. Gráfico 5.3 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 14 horas - Verão.....	35
12. Gráfico 5.4 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 17 horas - Verão.....	36
13. Gráfico 5.5 - Índice de conforto VVD médio em relação aos horários - Verão.....	36
14. Gráfico 5.6 - Temperatura média em relação aos horários - Verão.....	37
15. Gráfico 5.7 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 8 horas - Inverno.....	39
16. Gráfico 5.8 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 11 horas - Inverno.....	39

17. Gráfico 5.9 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 14 horas - Inverno.....	40
18. Gráfico 5.10 - Índice de conforto térmico, dados coletados às 17 horas - Inverno.....	40
19. Gráfico 5.11 - Índice de conforto VD médio em relação aos horários - Inverno.....	41
20. Gráfico 5.12 - Temperatura média em relação aos horários - Inverno.....	42
21. Gráfico 5.13 - Comportamento da temperatura interna e externa durante o verão.	43
22. Gráfico 5.14 - Comportamento da temperatura interna e externa durante o inverno...	43
23. Figura 5.1 - Comportamento da temperatura do ar no modelo com lanternim, em escala real.....	49
24. Figura 5.2 - Comportamento da temperatura do ar no modelo com lanternim, em escala reduzida.....	49
25. Figura 5.3 - Comportamento da temperatura do ar no modelo sem lanternim, em escala real.....	50
26. Figura 5.4 - Comportamento da temperatura do ar no modelo sem lanternim, em escala reduzida.....	50

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Tabela 1.1 - Faixas de temperatura de conforto para as diferentes categorias de suínos e faixa etária de stress em °C.....	07
2. Tabela 1.2 - Dimensões características no telhado em metros, para o Estado de São Paulo.....	16
3. Tabela 4.1 - Dimensões do protótipo e do modelo em escala diferenciada.....	24
4. Tabela 5.1 - Comparação entre as médias do índice WD, para os três modelos no período de verão.....	33
5. Tabela 5.2 - Comparação entre as médias do índice WD, para os três modelos no período de inverno.....	38
6. Tabela 5.3 - Equações de regressão ajustadas para o índice WD em função dos horários de observação - verão.....	46
7. Tabela 5.4 - Equações de regressão ajustadas para o índice WD em função dos horários de observação - inverno.....	46

RESUMO

Em países tropicais, especialmente no verão, ocorre queda na produção de suínos. Como solução para esse problema, deve-se procurar otimizar as edificações, através do equilíbrio térmico, em busca de soluções técnica e economicamente viáveis de acordo com a realidade do produtor. Um fator importante para a melhoria das condições térmicas e a eliminação do stress, provocado pelo calor excessivo, é a utilização da ventilação natural. Este trabalho examina, através de modelos em escala, o efeito da ventilação natural em galpões para suínos em terminação. Foram construídos, na FEAGRI/UNICAMP, três modelos em escala reduzida, sendo dois com lanternim e um sem lanternim (modelo SL). Os lanternins foram do tipo dupla abertura lateral (modelo LAD) e uma abertura lateral (modelo LAS). O calor animal foi simulado dentro dos modelos através de resistências elétricas colocadas no piso. Temperaturas de bulbo-seco, bulbo-úmido, velocidade dos ventos, umidade relativa e temperatura de globo negro foram coletadas diariamente às 8, 11, 14 e 17 horas durante os meses de verão de 1993 e inverno de 1992. O comportamento térmico no interior de cada modelo foi descrito através do Índice de Bulbo Seco e Úmido (WD). Quanto ao comportamento térmico dos modelos, tanto no verão quanto no inverno, o modelo com lanternim de dupla abertura lateral apresentou a melhor performance. O modelo com lanternim de apenas uma abertura teve comportamento térmico bastante semelhante ao modelo de dupla abertura. O modelo sem lanternim apresentou um comportamento térmico inferior aos com lanternim. Os resultados a que se chegou apresentam diferenças estatisticamente significativas.

1 - INTRODUÇÃO

A produção de suínos expandiu-se consideravelmente nas últimas décadas. Hoje, produzem-se suínos em todas as regiões do país, inclusive naquelas com características climáticas bem adversas e distintas das regiões temperadas, de onde se originaram as tecnologias de produção e de construções para esses animais.

A partir da década de 70, os suínos passaram a ser criados em confinamento, sistema de produção cuja característica é manter os animais protegidos das intempéries climáticas, proporcionando-lhes um ambiente controlado durante todos os estágios de seu desenvolvimento. Sendo assim, as edificações passaram a ser um fator importante no planejamento do sistema de produção. Porém, um número muito grande de insucessos é ainda hoje registrado nas criações brasileiras, pois as edificações são inadequadas às condições climáticas do Brasil. Isto ocorre, em grande parte, devido a falta de conhecimento dos produtores e técnicos, que não dão a devida atenção às edificações, limitando-se apenas em fazer cópias e adaptações das regiões de clima temperado.

Os suínos são os animais que mais sofrem com o calor devido as suas características fisiológicas, tendo sua performance reduzida quando submetidos às condições ambientais desfavoráveis. A melhoria na produção de suínos depende, além dos cuidados sanitários, do manejo e nutrição, do aperfeiçoamento das construções.

A melhoria nas construções reflete diretamente na qualidade do animal, incluindo níveis mais adequados de eficiência alimentar, crescimento, produção, controle de enfermidades e parasitas, redução da mortalidade e, por fim, melhores condições de trabalho dos tratadores (BOND, 1967).

Como forma de minimizar as perdas na produção, causadas pelo excesso de calor, técnicos e produtores foram induzidos a utilizar a ventilação forçada. Esta, porém, além de apresentar inúmeras desvantagens, tem um custo elevado e são poucos os que conseguem mantê-la.

Através da ventilação natural é possível proporcionar a renovação de ar dos ambientes, pela dispersão de gases nocivos provenientes do metabolismo animal, da remoção da umidade que se forma dentro da edificação e do excesso de calor gerado pela presença dos animais. A ventilação tem grande importância para o conforto térmico total dentro da edificação.

O uso adequado da ventilação natural promove a otimização do ambiente interno das edificações, através do equilíbrio térmico em condições de clima quente. Para que seja atingido este equilíbrio, é necessário que as entradas e saídas de ar, ou seja, a configuração das aberturas do prédio esteja otimizada.

O efeito chaminé que deu origem às construções de lanternim pode, portanto, ser utilizado para a remoção de calor, bem como para a circulação ideal do ar, desde que dimensionado adequadamente.

2 - OBJETIVO

Muito se sabe e se discute sobre a utilização de ventilação forçada em galpões para suínos. Porém, a literatura é muito limitada, muitas vezes contraditória e imprecisa quando o assunto é ventilação natural. A teoria da ventilação natural parece ser bastante conhecida, mas pouco se sabe sobre sua aplicação prática, havendo ainda a necessidade de estudos mais aprofundados e específicos.

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é:

- . analisar o efeito dos lanternins, em relação ao comportamento térmico dos galpões para suínos em terminação, utilizando-se, para isto, modelos em escala reduzida.

Os objetivos específicos são:

- . verificar se há diferença entre os modelos com e sem lanternim;
- . verificar se há diferença entre os dois diferentes tipo de lanternim testados.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será visto como se comportam os suínos em confinamento frente às condições adversas de clima; como, através da ventilação natural, é possível proporcionar um ambiente térmico favorável à produção animal; quais são os índices para medir o conforto térmico das instalações para suínos; por fim, a utilização de modelos em escala reduzida.

3.1. Os suínos e o clima

É importante conhecer quais são as adaptações fisiológicas em relação ao stress e como ele afeta a performance produtiva dos animais domésticos, levando-se em consideração as bases econômicas.

No passado, os efeitos do ambiente, mais especificamente do clima, sobre a fisiologia animal mereceram pouca ou quase nenhuma atenção. Possivelmente isto se deve ao fato da produção industrial de animais ter-se desenvolvido primeiramente em regiões de clima temperado. Porém, com o descobrimento de novos continentes, passou-se a produzir animais em regiões tropicais como a Austrália, África e Américas, regiões onde as tecnologias trazidas das áreas altamente produtoras não mostraram a mesma eficiência. A baixa produção e a perda significativa de animais motivaram o interesse pelos estudos sobre a relação entre o clima e produção animal. Os primeiros cientistas que se destacaram, investigando os efeitos do clima sobre a fisiologia animal, foram S. Brody, J.C.Bosma, J.D.Findlay e N.T.M.Yeates.

A maioria dos engenheiros não leva em conta os animais ao projetarem os galpões e equipamentos, considerando-os, em grande medida, como "caixas pretas". No entanto, os animais são seres complexos, e essa complexidade precisa ser minimamente conhecida para, ao menos, proporcionar o conforto térmico adequado e evitar os graves erros freqüentemente encontrados nos galpões. Assim, cabe comentar, ainda que de maneira muito genérica, o comportamento dos suínos em relação aos fatores ambientais.

Sendo animais homeotermos, os suínos regulam a temperatura corporal através de um centro termorregulador, localizado no sistema nervoso central. No sistema nervoso central, o hipotálamo é o órgão responsável pelo controle da produção e da dissipação de calor, através de diversos mecanismos como, por exemplo, o aumento do fluxo de sangue na pele pela ativação do mecanismo vasomotor e a ereção de pêlos, função do músculo eretor, formando uma camada de ar que envolve o animal. Modificações na freqüência respiratória e no metabolismo também são observadas (MÜLLER, 1982).

Através da condução, radiação e convecção o organismo perde calor sensível e, através da evaporação, perde o calor latente (NÄÄS, 1989). Quando a temperatura ambiente aumenta, os suínos não conseguem perder calor sensível, devido a capa de tecido adiposo que possuem no subcutâneo, e por possuírem o aparelho termorregulador pouco desenvolvido.

Uma vez impossibilitados de perderem calor sensível em elevadas temperaturas, aumentam a freqüência respiratória na tentativa de perder calor latente. Devido a ausência de glândulas sudoríparas funcionais, os suínos só perdem calor latente através da respiração. Com o aumento da temperatura e da umidade relativa do ar, esses animais têm muita dificuldade em perderem calor através da evaporação, entrando em stress térmico.

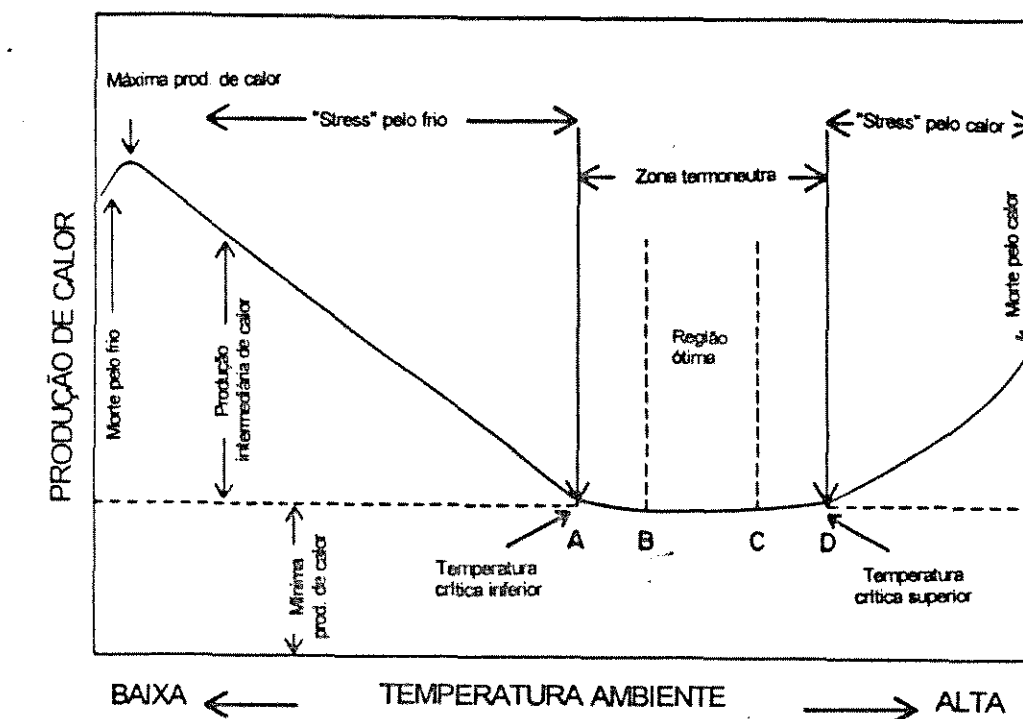
Para perderem calor sensível, os suínos podem, inclusive, apresentar mudanças de comportamento. Permanecem 60 a 80% do tempo deitados de lado, sobre locais molhados

(por seus excrementos ou água), procurando manter o focinho sempre em direção do vento. Deitados, eles mantêm 10 a 20% da superfície corporal em contacto com o solo, numa tentativa de perder calor sensível.

Cada espécie animal possui uma faixa de temperatura de conforto - a zona termoneutra - definida como a faixa de temperatura ambiente efetiva, onde a produção animal é ótima. Essa faixa é delimitada pela temperatura crítica inferior (LCT), onde o animal aumenta a taxa de produção de calor para manter a homeotermia, e pela temperatura crítica superior (UCT), região onde o animal perde calor para manter a temperatura corporal constante.

Fora da zona termoneutra, o animal tem um declínio na sua performance, devido ao gasto de energia para manter a temperatura corporal constante. A Figura 1.1, ilustra os mecanismos que ocorrem na zona termoneutra.

Figura 1.1. Zona termoneutra



Fonte: Yousef, 1989.

Para cada espécie, a amplitude da zona termoneutra depende da idade, raça, nível nutricional, estágio de aclimação prévio, nível de produtividade, comportamento e tipo de construção.

A Tabela 1.1 mostra a faixa de temperatura de conforto térmico para suínos em diferentes estágios de desenvolvimento, segundo Mont, Pointer, Aumaitre e Le Dividich apud OLIVEIRA e PERDOMO (1990).

Tabela 1.1. Faixas de temperaturas de conforto para as diferentes categorias de suínos.

Categoria	Faixa de temperatura (°C)		
	Faixa de conforto	Stress	
		Frio	Calor
Leitões recém nascidos	30 - 32	-	-
Leitões até desmame	22 - 30	17	36
25 a 100 kg	18 - 21	12	26
Reprodutoras gestantes	16 - 19	10	24
Reprodutoras lactantes	12 - 16	7	23

Fonte: Oliveira & Perdomo, 1990.

Ao nascer, os suínos apresentam faixas de temperaturas de conforto mais elevadas, ao redor de 30°C, pois ainda não possuem o aparelho termorregulador desenvolvido. No caso dos suínos de 25 a 100 kg, fêmeas lactantes ou gestantes, a temperatura da faixa de conforto é menor, devido o elevado metabolismo que apresentam, mostrando que estas categorias de suínos são muito mais sensíveis ao calor.

3.2. Efeitos do stress térmico sobre os suínos

Fatores abióticos, como temperatura, umidade, radiação solar e ventilação, atuam direta e indiretamente sobre o animal, podendo levá-lo ao stress climático, acarretando queda

na produtividade. O stress climático refere-se ao stress provocado por condições ambientais adversas, enquanto o stress térmico é aquele especificamente provocado por condições de calor excessivo (BACCARI, 1990).

SELYE (1936) foi o primeiro pesquisador a descrever algumas das reações envolvidas no stress. Este autor observou que diversos agentes nocivos ao organismo causam dilatação na córtex da glândula adrenal, como consequência da "síndrome de stress".

Um animal, sob stress, apresenta um desequilíbrio hormonal bastante complexo, decorrente da excessiva atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Os hormônios liberados servem para adaptar o organismo à ação dos mais variados agentes estressores. Com o desequilíbrio hormonal, várias funções fisiológicas e metabólicas são alteradas, como é o caso do crescimento e ganho de peso, reprodução e saúde, que serão discutidos a seguir.

Efeitos do stress sobre o crescimento e o ganho de peso dos suínos

Quando o animal se encontra sob ação prolongada do stress, ocorre perda de peso. Este fato se deve ao efeito catabólico e à gliconeogênese, estimulados pelos glicocorticóides, fazendo com que haja uma mobilização dos tecidos gorduroso e muscular, para produção de glicose e, conseqüentemente, produção de energia. O crescimento é inibido por não ocorrer a síntese de proteínas e lipídios, mas sim a degradação desses elementos até moléculas mais simples de açúcar.

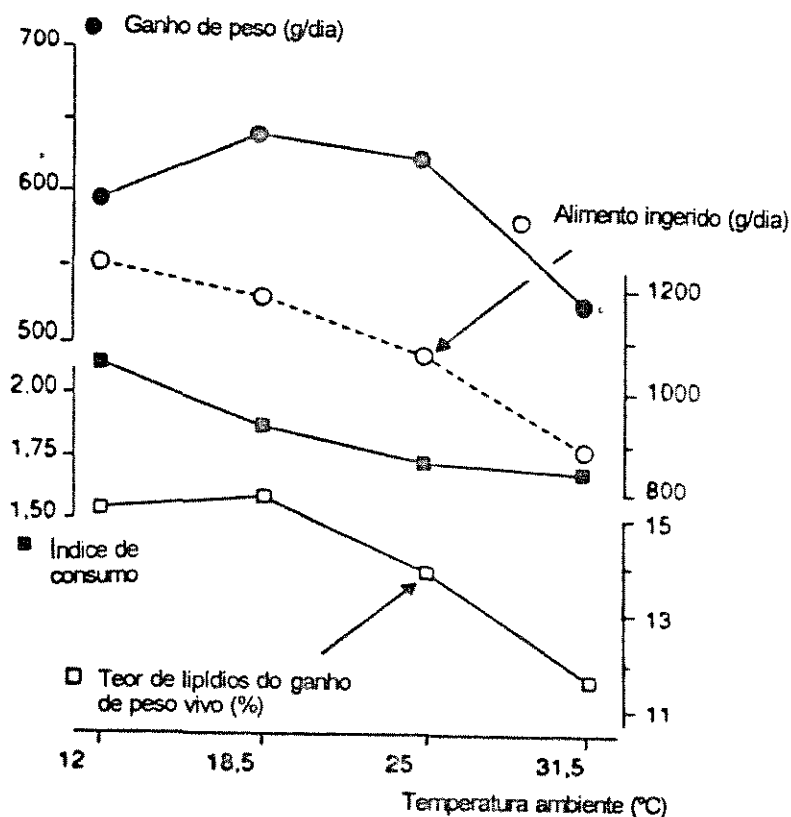
O hormônio tireotrófico (TSH), secretado pela hipófise, é o responsável pela atividade da glândula tireóide, que tem importante função no crescimento, pois estimula o metabolismo de gorduras, proteínas, carboidratos, minerais, água e energia. Em condições de stress, com o desequilíbrio hormonal, a hipófise deixa de secretar o TSH, e o crescimento animal fica então prejudicado (ENCARNAÇÃO, 1981). O próprio hormônio somatotrófico (STH, hormônio

de crescimento), responsável pela formação de todos os tecidos, tem sua liberação inibida. Os esteróides, produzidos pelas gônadas, também têm sua liberação inibida e, portanto, deixam de atuar como estimuladores do crescimento.

O ambiente térmico afeta as necessidades de ingestão e manutenção, e altera a taxa de eficiência de ganho de peso. A ingestão de alimentos diminui com o aumento da temperatura ambiente, para provocar uma diminuição na produção interna de calor.

A Figura 1.2 ilustra, segundo LE DIVIDICH e RINALDO (1989), o comportamento dos suínos em crescimento em relação ao consumo de alimento, conversão alimentar e concentração de lipídios quando submetidos a diferentes temperaturas.

Figura 1.2. Influência da temperatura ambiente sobre a performance dos suínos (10 a 30kg de peso vivo).



Fonte: Le Dividich e Rinaldo, 1989.

Segundo os mesmos autores, para cada °C abaixo ou acima da temperatura crítica, o ganho de peso diminui de 10 a 15g/suíno em crescimento e de 13 a 25g/suíno em terminação.

Quando os suínos se afastam da temperatura ambiente de 21°C, há diminuição no ganho de peso, tanto para altas como para baixas temperaturas. Porém, as temperaturas altas são mais prejudiciais. Quando submetidos a uma temperatura de 43,2°C, todos os suínos perdem peso e poucos são os que sobrevivem (Heitman et alii, apud BERBIGIER, 1986).

Efeitos do stress térmico sobre a reprodução dos suínos

Os efeitos do ambiente térmico sobre a função reprodutiva são bastante evidentes, sendo a reprodução ainda mais atingida que o ganho de peso (MÜLLER, 1982). Os glicocorticóides afetam as funções reprodutivas por meio do "feedback negativo", inibindo o eixo hipotálamo - hipófise - gônadas. A própria glândula adrenal inibe a liberação dos hormônios sexuais adrenais (GUYTON, 1976).

Em ambos os sexos, o instinto sexual diminui, retardando a maturidade sexual (SCHMIT, 1970). Em machos, a espermatogênese é afetada em condições de altas temperaturas, devido o aquecimento direto dos testículos, provocando uma degeneração dos túbulos seminíferos, e devido, também, ao desequilíbrio hormonal e metabólico, decorrente do stress. Isto leva a um comprometimento na qualidade do sêmem, acarretando diminuição do volume e da concentração espermática, diminuição na mobilidade dos espermatozóides, e o aparecimento de células anormais (ENCARNAÇÃO, 1981; JOHNSON e GOMES, 1969).

As fêmeas têm sua função reprodutiva afetada sob condições de calor excessivo. Nessas condições, EDWARDS et alii (1968) verificaram a ocorrência de mortalidade pré-natal na fase inicial da prenhez. Aliado a isto, HAFEZ (1974) mostrou que o crescimento dos fetos é

reduzido, sendo o grau de redução proporcional ao período de exposição da mãe às elevadas temperaturas. Ainda, segundo o mesmo autor, é a ovulação que mais sofre com o calor. O calor provoca um maior número de ovulações, porém com cios "silenciosos", o que dificulta detectá-los. Outra consequência do calor é a displasia placentária, podendo levar ao aborto.

Durante a fase de aleitamento de suínos, fêmeas expostas ao calor têm sua produção de leite alterada, em termos da quantidade e da qualidade. A produção de leite cai pela simples diminuição no consumo de alimentos. A composição do leite, por sua vez, também é modificada, havendo um aumento no teor de ácidos graxos saturados, em relação ao nível de ácidos graxos insaturados. A concentração de lactose diminui, bem como a de proteínas, ácido cítrico, cálcio e potássio.

Efeitos do stress térmico sobre a imunidade dos suínos

Para garantir a saúde do lote é preciso manter a saúde animal. Porém, em condições de stress, o estado imunológico dos animais é deprimido, resultando numa menor resistência às infecções. Com o aumento da concentração de glicocorticóides no organismo, ocorre a atrofia do sistema timolinfático e, uma queda na produção de anticorpos, é observada (Labhart, apud ENCARNAÇÃO, 1983).

Com a queda imunológica, algumas enfermidades aparecem na criação, trazendo prejuízos ao produtor, como é o caso das gastroenterites e doenças respiratórias. Com um manejo adequado das condições ambientais, é possível manter a temperatura corporal dos suínos dentro dos limites das variações fisiológicas, eliminando problemas com a queda da imunidade e o aparecimento de enfermidades.

Doenças gastrointestinais, como a colibacilose, cujo agente etiológico é a *Escherichia coli*, são facilmente disseminadas pelos animais, podendo, no entanto, ser evitada

com o simples controle ambiental, através do controle da umidade dos galpões. A disenteria suína aparece em decorrência de grandes variações de temperatura e umidade. Da mesma forma, condições desfavoráveis de temperatura e umidade acarretam doenças do aparelho respiratório, como a pneumonia enzoótica suína, segundo observado por DUNNE (1965).

3.3. Ventilação natural

A ventilação natural, ou seja, aquela onde não se utiliza ventiladores para produzir a movimentação de ar, é a forma mais antiga de ventilação que se conhece. No entanto, pesquisas sobre sua utilização em construções para animais são ainda insignificantes. O mesmo não ocorre quando se trata de ventilação forçada (uso de ventiladores), que possui muitos estudos desenvolvidos, sendo largamente adotada.

A ventilação natural apresenta algumas vantagens sobre a ventilação forçada:

1. significativa redução nos investimentos, tendo em vista que não há instalação de ventiladores;
2. redução no nível de ruído. O ruído provocado pelos ventiladores causa stress aos animais e tratadores. Um nível menor de ruídos é desejável em termos da melhora na produtividade e nas condições de trabalho;
3. a ventilação natural não depende de energia elétrica; portanto, na ausência desta, é possível continuar ventilando o ambiente. O mesmo não é observado quando se trata de ventilação forçada, pois uma queda no sistema elétrico implica em parada no sistema de ventiladores;
4. redução nos custos operacionais, principalmente com despesas de energia elétrica. Com a utilização de ventilação natural não há gastos de energia e manutenção de ventiladores, e as aberturas de entrada e saída do ar nas construções são maiores, proporcionando um aumento na luminosidade interna.

Quando bem controlada, a ventilação natural pode ser utilizada em regiões de invernos e verões rigorosos, apresentando a mesma eficiência da ventilação forçada. Strom e Morsing, apud TIMMONS (1990), realizaram observações contínuas em instalações com ventilação natural durante dois anos, verificando que houve uma variação de apenas $\pm 1,8^{\circ}\text{F}$ em 99% do período, sendo este valor comparável ao sistema de ventilação forçada.

Segundo REED (1953), as variáveis que mais afetam o conforto térmico do ambiente são: temperatura, umidade e movimentação do ar. Controlando qualquer uma destas variáveis, é possível proporcionar o conforto térmico desejado. Porém, a variável mais facilmente controlada é a movimentação do ar, ou seja, a ventilação.

A ventilação natural é o elemento-chave para o sucesso de qualquer suinocultura.

Através de um sistema bem elaborado e manejado, é possível manter os suínos em um ambiente térmico adequado, eliminando os picos indesejáveis de altas e de baixas temperaturas. A ventilação natural consiste no deslocamento de ar através da edificação, pelas aberturas, umas funcionando como entrada e outras como saída. Para que haja uma eficiência no sistema de ventilação natural, é importante que as aberturas estejam dimensionadas e posicionadas adequadamente.

A diferença de pressão exercida pelo ar sobre uma edificação pode ser causada pela ação do vento ou pela diferença de densidade do ar interno e externo (efeito chaminé) ou, ainda, pela ação dessas duas forças agindo simultaneamente.

Ventilação natural por ação dos ventos

O vento pode ser considerado como o ar que se desloca paralelamente ao solo, em movimento lamelar. Toda vez que o vento encontra um obstáculo, neste caso, a edificação, sofre um desvio, ultrapassando esse obstáculo e restaurando seu fluxo lamelar.

Segundo FROTA e SCHIFFER (1988), em uma edificação, a parede atingida pelo vento sofre pressões positivas, ou sobrepressões; a parede oposta, não exposta ao vento, bem como a superfície horizontal superior, sofrem pressões negativas, ou subpressões. Havendo aberturas nas paredes e na superfície superior, há passagem do fluxo de ar. As paredes com sobrepressão provocam a entrada de ar, e as com subpressão, provocam a sua saída.

Em se tratando de ventilação natural, por ação dos ventos, é muito importante verificar a presença de obstáculos na direção do vento dominante, pois podem ser prejudiciais, funcionando como barreiras e impedindo que o fluxo de ar entre na edificação.

Em relação ao dimensionamento das aberturas para entrada e saída do fluxo de ar, pensava-se que era mais importante dimensionar grandes aberturas de entrada e pequenas aberturas de saída, posicionadas em paredes opostas. Porém, REED (1953), trabalhando com tunel de vento, determinou que, para obter uma maior velocidade do fluxo de ar, as aberturas de saída eram ainda mais importantes. O autor constatou que ocorreu um ganho substancial na velocidade do ar interno em decorrência do aumento do tamanho da abertura de saída.

Ventilação natural por efeito chaminé

O efeito chaminé, em estudos de ventilação natural, está diretamente relacionado à diferença de temperatura do ar interno e externo. O fenômeno ocorre quando o ar interno da edificação é aquecido, devido à presença de animais e equipamentos, ficando menos denso e com natural tendência a subir. Se o ambiente dispuser de aberturas próximas ao piso e ao telhado, ou no telhado, o ar interno menos denso irá subir e sair pelas aberturas superiores, enquanto o ar externo, mais frio, entrará pelas aberturas próximas ao piso. O fluxo de ar será tanto mais intenso quanto maior for a distância entre as aberturas de entrada e as de saída.

Quando a temperatura ambiente é superior à ótima, é necessário aumentar a taxa de ventilação, eliminando o calor produzido pelos animais e evitando uma temperatura excessiva dentro da instalação. A ventilação desses ambientes pode promover melhorias nas condições termohigrométricas, podendo representar um fator de conforto térmico de verão, ao incrementar trocas de calor por convecção e evaporação.

A ventilação adequada dentro da edificação é de extrema importância, pois é responsável pela remoção da umidade, dispersão de gases nocivos provenientes do metabolismo animal e dispersão do excesso de calor. Nas épocas frias, quando se deseja manter o calor dentro das edificações, a taxa de ventilação deve ser adequada apenas para renovação de ar e eliminação de gases tóxicos e umidade.

O ar contaminado caracteriza-se essencialmente por uma queda na concentração de oxigênio e uma elevação na concentração de gás carbônico, amônia e gás sulfídrico, tornando-se perigoso aos animais. Também, a concentração de poeira em suspensão no ar, causada pela descamação natural da pele do animal, pêlos, esterco e pela própria movimentação do animal, acarreta sérios danos à saúde, pois age como um veículo para microrganismos patogênicos. A ventilação natural deve eliminar essa poeira em suspensão, evitando maiores transtornos aos animais.

A velocidade máxima do vento perto dos animais confinados não deve ultrapassar 0,2m/s; quando ultrapassa este valor acarreta problemas no trato respiratório, como por exemplo pneumonias (Mc Lean e Carpenter, apud MÜLLER, 1982).

3.4. O lanternim

Pode-se definir o lanternim como sendo uma estrutura sobreposta à cumeeira do telhado, capaz de proporcionar a ventilação natural dos ambientes. Segundo OLITTA (1978), o

lanternim é a parte mais importante do telhado, condicionando a perfeita ventilação no interior do abrigo e permitindo a circulação constante de ar fresco. Baseado em observações obtidas em diversas granjas no Estado de São Paulo, o autor recomenda que o lanternim seja construído em toda a extensão do telhado, guardando uma abertura vertical de 0,15 a 0,30m, com as seguintes relações entre as dimensões do telhado:

Tabela 1.2. Dimensões características no telhado, em metros, para o Estado de São Paulo.

Largura do abrigo	Pé direito do abrigo	Abertura transv. do lanternim	Abertura vert do lanternim
8,00	2,70	0,60	0,15
10,00	2,80	1,00	0,20
12,00	2,90	1,30	0,25
14,00	3,00	1,50	0,30

Fonte: Olitta, 1978.

As instalações para animais, com adequada entrada de ar pelas paredes e saída por aberturas no telhado (lanternim), permitem uma ventilação contínua, através das forças do termossifão. Os animais e outras fontes de calor suplementar, favorecem a eficiência na ventilação natural e possibilitam um ambiente agradável.

TIMMONS e BAUGHMAN (1984), estudando os efeitos da ventilação em galpões para animais, concluíram que, quando a abertura do lanternim é inferior a 0,3m e está localizada a 3,6m do piso, a taxa de ventilação não varia, significativamente, em função da diferença de temperatura do ar interno e externo. Baseado nos estudos de ventilação devido ao termossifão, em instalações com 11m de largura, estes autores apresentam um modelo de ventilação natural com uso de um mecanismo móvel na cobertura, denominado Flex House. O Flex House é um tipo de lanternim com 1,2m de abertura horizontal, controlada automaticamente, de acordo com

as necessidades de ventilação, proporcionando economia de energia quando comparada aos métodos de ventilação forçada.

HARDOIM (1989), pesquisando o efeito do lanternim em edificações para aves, mostrou que o lanternim é uma estrutura importante no condicionamento térmico interno das instalações, em condições de calor. Afirmou, também, que este efeito pode ser prejudicial em períodos noturnos, pois facilita o resfriamento da instalação.

Segundo CHOINIÈRE e MUNROE (1990), o lanternim age somente como saída de ar. Mas, nos dias frios, quando as janelas estão totalmente fechadas, uma abertura no telhado pode ser mantida e funciona, simultaneamente, como entrada e saída de ar. Estes autores afirmam, ainda, que o ajuste de aberturas em ambas as paredes finais da construção é extremamente necessário pois, quando a direção do vento estiver paralela à construção, essas aberturas podem promover uma ventilação adequada. O próprio autor recomenda o uso de lanternim intermitente para galpões para gado de leite, pois, segundo o autor, este tipo de lanternim reduz o custo com material e evita a entrada de pássaros. CHOINIÈRE et alii (1988), trabalhando com modelos em escala, com dois tamanhos diferentes na largura do lanternim, 2,5cm e 12,5cm, e ainda um sem lanternim, observaram que os galpões com lanternim apresentaram uma melhor circulação de ar, quando comparados ao galpão sem lanternim. No entanto, não verificaram nenhuma diferença entre o lanternim de 2,5cm e o de 12,5cm. Constataram, também, que uma ventilação adequada dentro do galpão, no pico de temperatura alta, ocorre devido o efeito dos ventos e não em decorrência do efeito chaminé, que nesse momento era mínimo.

Essa observação de CHOINIÈRE et alii (1988), não é aceita por TIMMONS (1990), que afirma que nos momentos de maior temperatura ocorre, também, o efeito termossifão, pois há um aumento significativo da temperatura interna devido a radiação solar mais intensa.

MEYER e GOETCH (1984) recomendam que o uso de lanternim com uma largura de 0,6m, em galpões para suínos em terminação, é ideal para se obter um melhor controle da temperatura durante os períodos mais quentes. Já segundo BUCKLIN et alii (1988), o tipo ideal de lanternim é o totalmente aberto, bastante comum em certas regiões dos Estados Unidos; não recomendam o lanternim de apenas uma abertura, mas com dupla abertura lateral, sempre, porém, que a construção obedeça a dimensões adequadas.

Como é possível verificar, através dos trabalhos de pesquisa sobre a utilização de lanternim em edificações para animais, não existe nenhuma regra prática estabelecida para sua utilização e, algumas vezes, as conclusões práticas não corroboram as teóricas.

3.5. Estudos feitos com modelos em escala

Segundo MURPHY (1950), o modelo pode ser definido como um dispositivo relacionado a um sistema físico. As observações feitas no modelo podem ser usadas para determinar exatamente o comportamento do sistema físico, ou do protótipo, como é chamado.

Mais de um tipo de modelo pode ser usado para descrever ou determinar o comportamento de um protótipo. A vantagem dos modelos sobre os protótipos é o menor tamanho, redundando em redução de custos e maior rapidez na construção e na avaliação.

Existem 3 classes diferentes de modelos:

1. **Semelhança geométrica**, onde o modelo é uma reprodução em escala idêntica ao protótipo;
2. **Distorcido**, quando o modelo é a reprodução do protótipo, porém duas ou mais escalas estão envolvidas. Por exemplo, uma escala pode ser usada para a largura e outra para a altura;
3. **Diferente**, quando não existe nenhuma semelhança entre o modelo e o protótipo. Por exemplo, a determinação das características de um sistema de vibração mecânico através do estudo de um circuito elétrico.

SMITH e HAZEN (1968) trabalharam com modelos em escala, com a finalidade de determinar sua eficiência em descrever um sistema de ventilação. Após a obtenção de resultados experimentais, concluíram que o modelo em escala é capaz de reproduzir, com grande sucesso, as características de um protótipo, com apenas uma pequena distorção.

DYBWARD et alii (1974), usando um modelo em escala (1:20), pesquisaram o efeito do lanternim sobre a ventilação natural em edificações para gado de corte. A simulação do calor animal foi feita com aquecedores elétricos cobertos com areia molhada, existindo, neste caso, a produção de calor latente devido a evaporação da água contida na areia. Trabalhando com 4 tipos diferentes de lanternim, verificou que a geometria do lanternim tem um efeito significativo sobre a circulação de ar dentro da edificação, melhorando muito as condições ambientais para os animais. O melhor resultado foi obtido com o lanternim totalmente aberto, pois este proporciona uma melhor circulação de ar.

FROELICH e HELICKSON (1975) verificaram, também, através de modelo em escala (1:6), que existe uma relação linear entre a diferença de temperatura e a velocidade do vento, como também entre a saída de ar e a velocidade do vento. Assim como DYBWARD et alii (1974), constataram, também, que a geometria do lanternim tem efeito significativo sobre a diferença entre a temperatura interna e a externa, devido o seu efeito sobre a velocidade de saída do ar. Mostraram, também, que o lanternim totalmente aberto, um modelo não recomendado no Brasil devido As chuvas tropicais, proporciona uma melhor movimentação de ar no interior dos modelos. Este experimento foi realizado sob condições climáticas externas. Simularam o calor produzido pelos animais através de resistência elétrica, não levando em consideração o calor latente.

KOENIG et alii (1978) estudaram o efeito da geometria do galpão e da ventilação em modelos em escala (1:20), representando galpões para gado de corte, concluindo que a velocidade do vento, próxima ao lanternim, varia significativamente com a geometria do modelo.

TIMMONS e BAUGHMAN (1981) utilizando um modelo em escala (1:2), com o objetivo de verificar o efeito chaminé em relação a diferentes larguras de lanternim, demonstraram que a velocidade do vento, dentro do modelo, é proporcional a essa largura.

Para estudar a teoria do efeito chaminé dentro de edificações para suínos, DOWN et alii (1985) trabalharam com um modelo em escala (1:2), simulando o calor produzido pelos animais através da utilização de resistências elétricas, sendo estas aproximadamente do mesmo tamanho e formato de suínos, seguindo a escala proposta.

3.6. Índice de conforto térmico para suínos

Existem alguns índices para avaliação do conforto das condições ambientais. Os chamados índices de conforto térmico têm como objetivo representar, em uma única variável, a combinação de fatores ambientais e de stress que esses fatores provocam em um animal.

Segundo CLARK (1981), para o equacionamento de um índice de conforto térmico, deve-se levar em consideração os fatores climáticos e a resposta animal a esses fatores. Esta resposta pode ser avaliada através das reações metabólicas, tais como: as frequências respiratória e cardíaca, e as temperaturas corporal e da superfície da pele, entre outros.

BECKETT (1965) desenvolveu um índice de conforto térmico para suínos, baseando-se na construção de um diagrama de partição de perda de calor pelos animais. Para a construção do diagrama os seguintes fatores foram considerados: 1. taxa respiratória, como indicador de desconforto térmico; 2. temperatura da superfície da pele, como sendo função da temperatura efetiva para suínos; 3. calor metabólico total produzido pelo animal, em função da

temperatura efetiva; e 4. calor eliminado pelos pulmões, considerado como igual à diferença da entalpia entre o ar inalado e o ar exalado. Tomou, ainda, como respostas fisiológicas para o desenvolvimento desse índice, fatores como a quantidade de ar respirado por unidade de tempo. Para o desenvolvimento desse índice, BECKETT (1965) trabalhou nas seguintes condições: a temperatura ambiente variou entre 26,7°C e 38°C, faixa de temperatura crítica, onde o nível de umidade do ar tem efeito significativo no desconforto térmico; a temperatura radiante foi considerada igual à temperatura ambiente; a umidade relativa teve uma variação de 0 a 100% e a velocidade dos ventos foi mantida constante.

ROLLER e GOLDMAN (1969) propuseram a utilização do índice de bulbo úmido e bulbo seco como um simples indicador do efeito do ambiente térmico sobre os suínos. Os autores observaram que o aumento da temperatura retal e da frequência respiratória dos suínos está altamente relacionado ao aumento da temperatura de bulbo seco e que a redução no ganho de peso está influenciada pela temperatura de bulbo úmido. Portanto, um índice que relacione essas duas temperaturas é considerado eficiente, para avaliar o comportamento térmico de galpões para suínos.

A equação para esse índice é:

$$WD = 0,45 T_{wd} + 1,35 T_{db} + 32$$

onde: WD = índice de bulbo seco e úmido

T_{wb} = temperatura de bulbo úmido

T_{db} = temperatura de bulbo seco

Segundo os autores, quando esse índice chega a 85, ocorrem alterações na temperatura retal dos suínos e na taxa respiratória. Essas respostas fisiológicas observadas demonstram que os animais estão numa faixa de desconforto ambiental, ou seja, fora da zona

termoneutra, dispendendo energia para manter sua homeotermia.

4 - METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados modelos em escala, por já serem utilizados em diversas áreas das ciências, inclusive em estudos de ventilação, apresentando resultados satisfatórios, como já citado no capítulo de revisão bibliográfica, e por apresentarem a vantagem do baixo custo das construções.

De acordo com MURPHY (1950), o modelo distorcido, utilizado neste trabalho, é a reprodução de um protótipo, onde mais de uma escala é envolvida para descrever uma determinada dimensão.

4.1. Construção dos modelos

Neste experimento, foram constituídos três modelos em escalas diferenciadas entre o eixo axial e vertical (MURPHY, 1950), com dois tipos diferentes de lanternim, além de um modelo sem lanternim, utilizado como testemunha.

A escala diferenciada foi escolhida para poder viabilizar as medidas, principalmente na vertical. A proporcionalidade das escalas foi mantida, de acordo com a possibilidade de registro dos fatores ambientais necessários ao estudo. Para determinar as dimensões do modelo, tomou-se como base os padrões dimensionais para o Estado de São Paulo, de acordo com OLITTA (1978). A partir daí aplicou-se a teoria de MURPHY (1950), utilizando-se escalas diferenciadas. A escala para as medidas na horizontal foi de 1:10 e para

as medidas na vertical de 1:2. A Tabela 4.1. apresenta as dimensões dos modelos e do protótipo original, em suas respectivas escalas.

Tabela 4.1. Dimensões do protótipo e do modelo em escala diferenciada

Escala	Protótipo	Modelo	
	1:1 (segundo OLITTA) (m)	1:10 (horiz) (m)	1:2 (vert) (m)
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
Abertura vert. lanternim	0,3	0,15	-
Abertura horiz. lanternim	1,5	-	0,15

Em todos os modelos as paredes foram construídas em alvenaria, sem revestimento ou pintura. Foram cobertos com telha de fibrocimento de 4mm de espessura. Os modelos foram construídos na área experimental do Departamento de Construções Rurais (FEAGRI - UNICAMP), com o eixo longitudinal na posição leste-oeste, conforme planta mostrada no Apêndice 1.

A Figura 4.1 apresenta uma visão geral da área do experimento. A Figura 4.2 mostra o modelo que não possui lanternim, a partir daqui tratado como **Modelo SL**. O modelo construído com lanternim, de duas aberturas laterais correndo em toda a extensão do telhado, tratado como **Modelo LAD**, é mostrado na Figura 4.3. Finalmente, a Figura 4.4 apresenta o modelo construído com apenas uma abertura lateral correndo por toda a extensão do telhado, tratado por **Modelo LAS**. A abertura deste lanternim foi posicionada em direção oposta aos ventos predominantes, segundo recomenda FROTA e SCHIFFER (1988). A planta baixa dos três modelos utilizados é mostrada no Apêndice 2.

Figura 4.1. Visão geral da área do experimento.

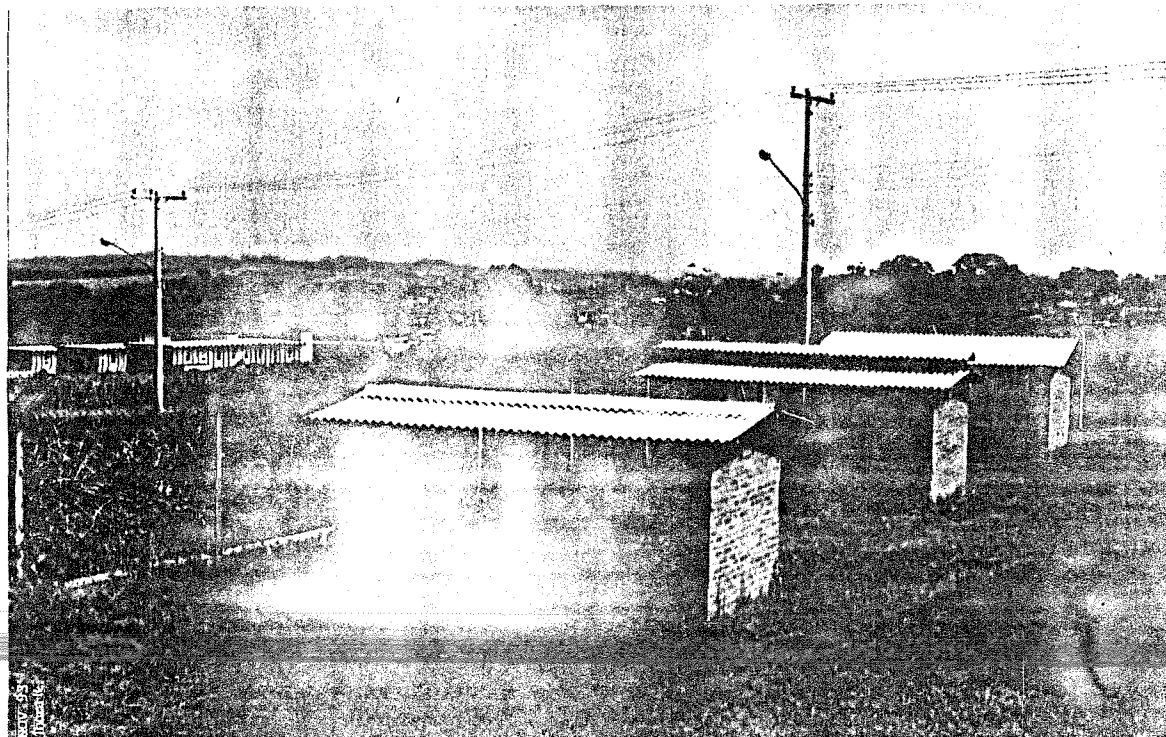


Figura 4.2. Modelo SL



Figura 4.3. Modelo LAD.

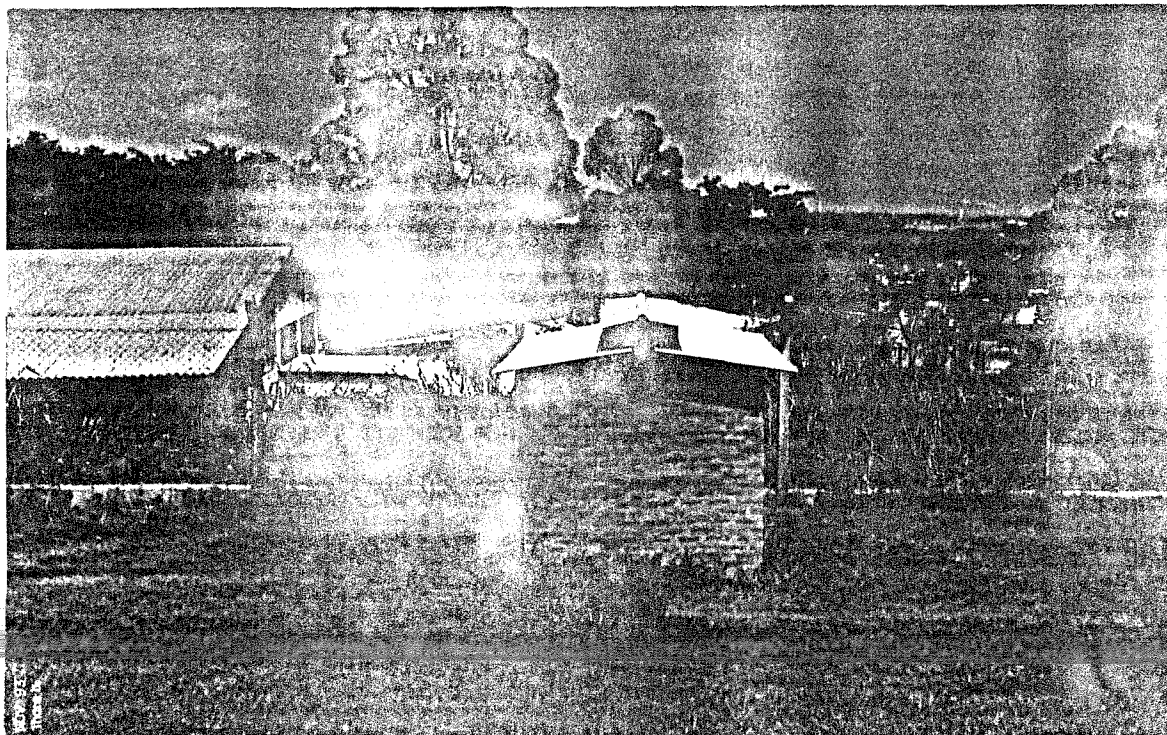
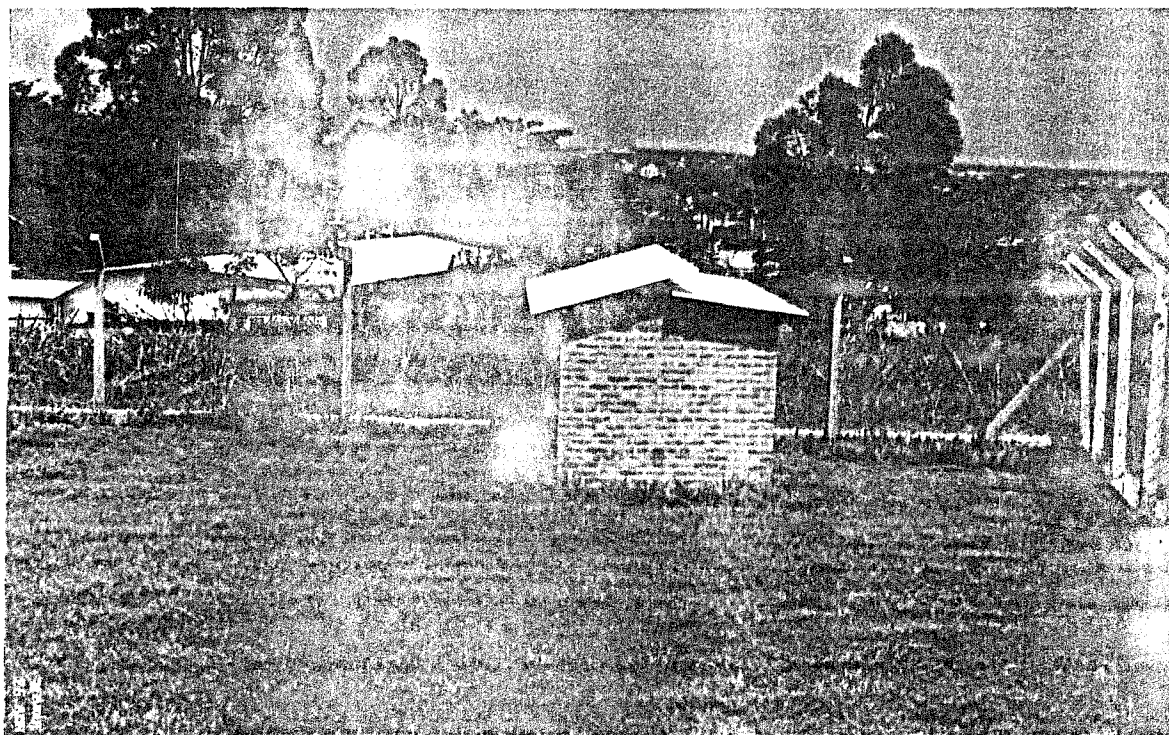


Figura 4.4. Modelo LAS.



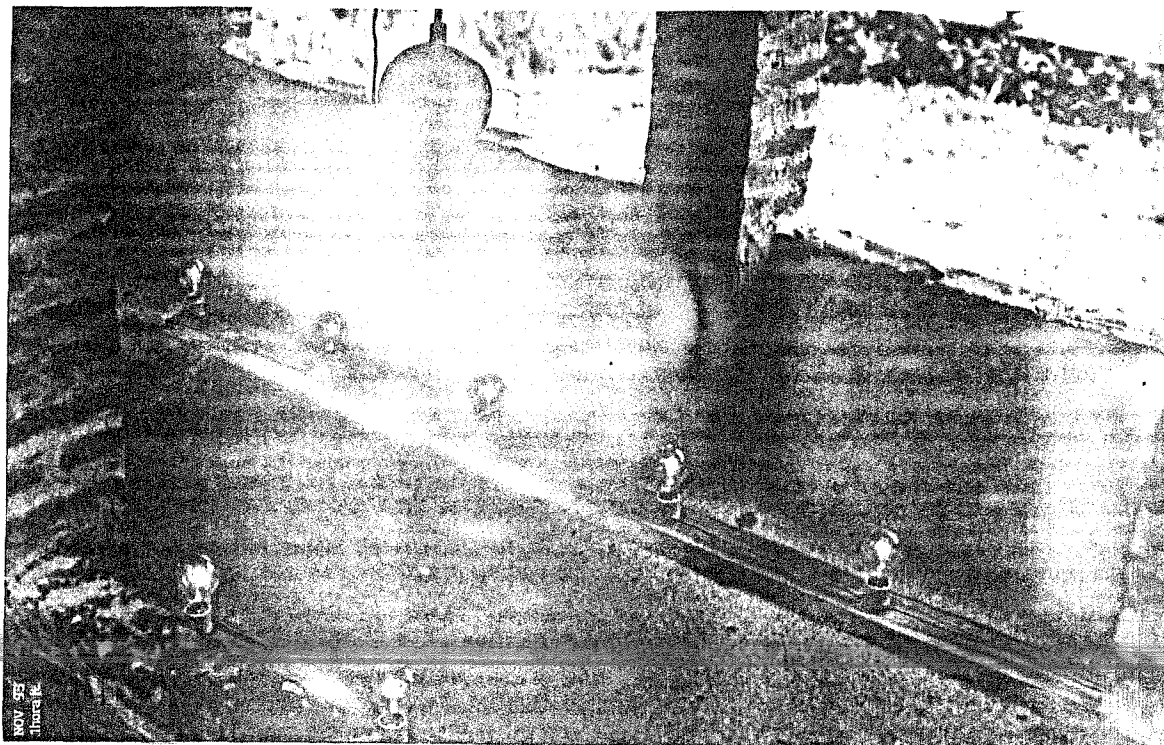
4.2. Simulação do calor animal

Para a simulação do calor produzido pelos animais, suínos em fase de terminação, no interior dos modelos, foram utilizadas lâmpadas colocadas no piso, gerando um calor proporcional ao produzido pelos animais. Levou-se em conta os padrões usuais de densidade e manejo. A mesma metodologia para simulação do calor animal foi utilizada por DYBWARD et alii (1974), DOWN et alii (1985) e FROEHLICH e HELICKSON (1975), anteriormente citados.

Seguindo os padrões de densidade em galpões para suínos em terminação, cada animal deve ocupar uma área de aproximadamente 1m^2 . Em cada modelo, a área interna destinada aos animais foi de 3m^2 , já subtraída a área destinada ao manejo (área de corredores). Esta metodologia só levou em consideração o calor sensível produzido pelos animais, pois segundo Mount, apud CURTIS (1983), em temperaturas acima de 20°C , a produção de calor sensível é mais significativa que a de calor latente, sendo de aproximadamente 50% a 75%. Segundo CURTIS (1983), um suíno em terminação, com cerca de 80kg de peso vivo, produz cerca de 2W de calor por quilograma.

Com base nesses dados, o calor total simulado no experimento foi de 480W por modelo. Para proporcionar essa quantidade de calor sensível, foram utilizadas 12 lâmpadas de 40W, fixadas ao piso. As lâmpadas foram dispostas em duas fileiras (6 lâmpadas por fileira), acompanhando o eixo longitudinal do modelo, e mantidas acesas durante todo o experimento. A Figura 4.5 mostra a disposição das lâmpadas no interior dos modelos.

Figura 4.5. Simulação do calor animal.



4.3. Instrumentação, coleta e processamento dos dados

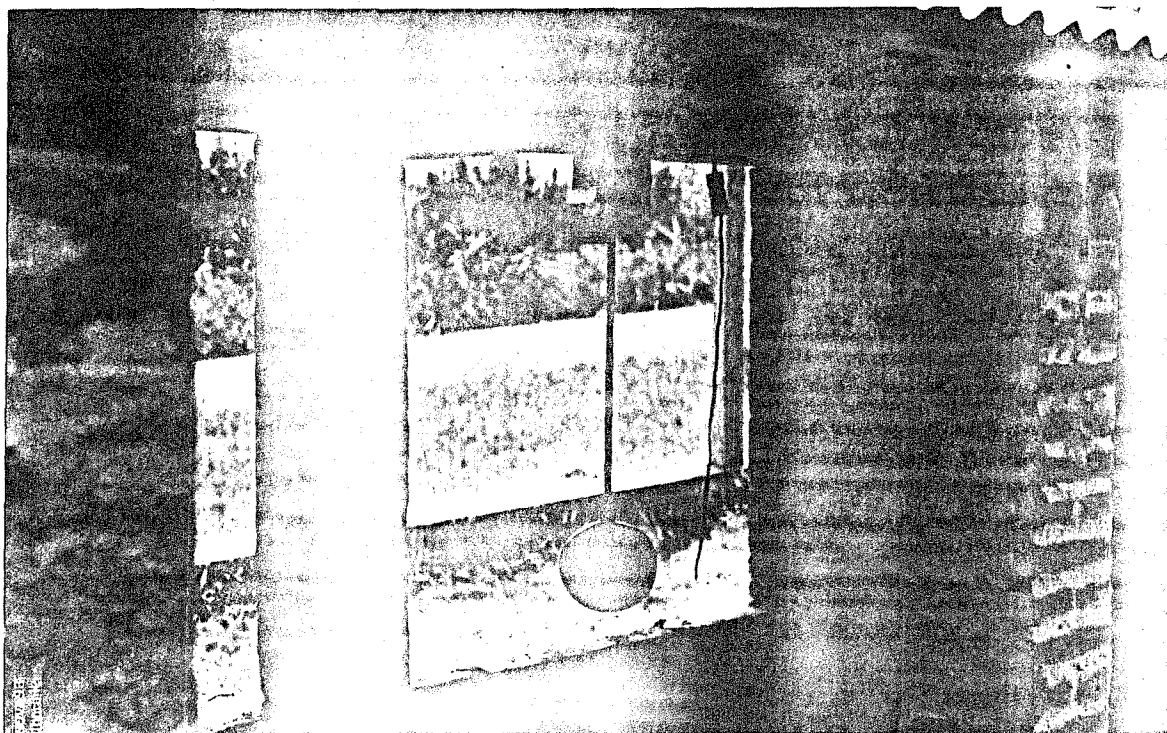
As coletas de dados foram feitas às 8, 11, 14 e 17 horas, diariamente, segundo recomendado por SILVA et alii (1990), durante os meses de julho, agosto e setembro de 1992 (época de inverno); e, em janeiro, fevereiro e março de 1993 (época de verão).

A instrumentação utilizada para a obtenção de dados climatológicos foi colocada no interior de cada modelo, próxima a região central e próxima ao telhado, constando de:

1. Termômetro de máxima e mínima, da marca INCOTHERM, com variação de -30°C a 50°C e precisão de 1°C . As leituras das temperaturas mínimas foram feitas às 8 horas e das temperaturas máximas, às 17 horas;

2. Psicrômetro (INCOTHERM) com amplitude de -10°C a 50°C e precisão de 1°C . Este aparelho consta de dois termômetros idênticos, cujo material sensível é o mercúrio. A diferença está no fato do termômetro de bulbo úmido estar envolto em um tecido especial embebido em água;
3. Termômetro de globo negro (INCOTHERM) posicionado no centro geométrico de cada modelo. Este termômetro é formado por uma esfera oca de cobre, com 15cm de diâmetro e parede de 0,05cm de espessura, recoberta com tinta preta fosca em cujo interior aloja-se o bulbo de um termômetro de mercúrio, com escala variando de -10°C a 150°C e precisão de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Este termômetro fornece a indicação dos efeitos combinados da radiação, temperatura, velocidade dos ventos e umidade relativa do ar;
4. A velocidade dos ventos foi coletada manualmente através de um anemômetro digital, da marca KURTZ. É importante ressaltar que, infelizmente, os dados de velocidade dos ventos no interior dos modelos, não foram utilizados devido a variabilidade dos dados pela imprecisão do equipamento. A Figura 4.6 mostra a colocação do equipamento dentro dos modelos.

Figura 4.6. Disposição dos equipamentos nos modelos.



Para caracterização do ambiente térmico da região, nos respectivos meses de coletas de dados, contou-se com dados climatológicos (temperatura, umidade relativa, velocidade dos ventos e índice pluviométrico) do Centro de Ensino e Pesquisas em Agricultura (CEPAGRI-UNICAMP), coletados a poucos metros do local onde foi instalado o experimento.

Para avaliação dos dados, referentes aos períodos de verão e inverno, foram escolhidos os 10 dias de maior entalpia para cada uma das estações, sendo chamados de "Dias Críticos", segundo SILVA et alii (1990). A tabela no Apêndice 3 mostra os valores da entalpia dos dias críticos.

Para processamento dos dados de umidade relativa e temperatura média, utilizou-se o programa "Psicart", das propriedades psicrométricas do ar, desenvolvido por BIAGI e SILVA (1990).

Após selecionados os dias de maior entalpia, calculou-se o índice de conforto térmico para suínos, ou seja, o índice de bulbo seco e úmido (VD), segundo ROLLER e GOLDMAN (1969), para cada modelo, nos respectivos horários de leitura.

A fim de se conhecer o comportamento da temperatura, dentro dos modelos e sua representatividade em escala real, foi montada uma matriz de dados climáticos registrados dentro dos modelos.

As fontes de calor consideradas foram: o calor gerado pelos animais, calor de convecção e calor de radiação. Para a solução da matriz gerada foi utilizado o Método de Decomposição LU, descrito por CARNAHAN et alii (1967). Posteriormente, foi utilizado o Método de Diferenças Finitas para as condições de contorno, chegando às curvas isotermas de temperatura dos protótipos e, conseqüentemente, dos modelos em escala real. Essa solução matemática foi proposta pela empresa Júnior "Optima", do Departamento de Matemática Aplicada/ UNICAMP.

4.4. Análise estatística

A análise estatística foi desenvolvida através da comparação entre os índices de conforto (WD) obtidos para cada um dos modelos, aplicando o teste de Student para verificar a significância das diferenças encontradas.

Em seguida, utilizou-se regressão polinomial com os dados, aprofundando a análise anterior, pois, segundo recomendação de GOMES (1987), este método pode ser utilizado em casos onde não há possibilidades de repetições.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para estabelecer uma comparação entre o desempenho de cada modelo em relação ao conforto térmico, foi utilizado o índice de bulbo úmido e de bulbo seco, WD, proposto por ROLLER e GOLDMAN (1969). Os dados foram analisados através do teste de Student e regressão polinomial. Uma modelagem matemática também foi feita, comparando o modelo em escala reduzida e o modelo em escala real.

5.1. Análise do comportamento térmico dos modelos através do índice WD

Através do teste de Student, compararam-se as médias do índice WD, de cada modelo, nos respectivos horários de leitura (8, 11, 14 e 17 horas) e períodos do ano (inverno e verão). As Tabelas 5.1 e 5.2 mostram os resultados obtidos com o teste de Student.

Nos horários de maior radiação solar, às 11 e 14 horas, observou-se os maiores valores do índice WD. Como era esperado, todos os modelos tiveram o índice WD menor no inverno que no verão. O modelo LAD, em todos os dias e horários de observação, apresentou um menor índice WD.

Através dos dados da Tabela 5.1 foi possível verificar que os modelos com lanternim (modelos LAD e LAS) apresentaram um melhor comportamento térmico em relação ao modelo sem lanternim (modelo SL). Entre os modelos com lanternim, o modelo LAD foi superior

ao modelo LAS, mostrando a importância da geometria do lanternim na eficiência da remoção do calor interno.

Tabela 5.1. Comparação entre as médias do índice WD, para os três modelos, no período de verão (janeiro, fevereiro e março de 1993).

Horário	Média do Índice de Conforto (WD)		
	Modelo SL	Modelo LAD	Modelo LAS
8h	75,18 ^a	72,21 ^a	73,60 ^a
11h	83,39 ^a	79,00 ^b	80,33 ^{ab}
14h	85,55 ^a	81,00 ^b	82,13 ^{ab}
17h	77,43 ^a	74,44 ^a	75,25 ^a

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Student. $P(\alpha = 5\%)$.

Comparando-se as médias do índice WD dos modelos SL e LAD, pelo teste de Student, foi possível verificar que houve uma diferença estatisticamente significativa, entre eles, às 11 e 14 horas, períodos de maior temperatura. Nos horários onde as temperaturas são mais amenas, às 8 e 17 horas, não foi observada diferença estatisticamente significativa.

É possível verificar que, nos horários de maior radiação solar, nos dias de maior entalpia, o comportamento do modelo com lanternim de dupla abertura (modelo LAD) foi melhor em relação ao conforto térmico, quando comparado com o modelo sem lanternim (modelo SL).

O modelo com lanternim, de apenas uma abertura (modelo LAS) apresentou um desempenho térmico intermediário, não diferindo estatisticamente do modelo SL nem do modelo LAD. Porém, o modelo LAS é termicamente melhor que o modelo SL, apresentando índice WD mais baixo.

Às 11 horas observaram-se, respectivamente, reduções de 5,3% e 3,7% no índice WD, para os modelos LAD e LAS, em relação ao encontrado para o modelo SL. Para às 14

horas as reduções no índice WD foram, respectivamente, de 5,3% e 4,0% para os modelos LAD e LAS, em relação ao modelo SL. A presença do lanternim reduziu em cerca de 4,0% a 5,0% o valor do índice de conforto térmico WD.

Verificou-se que os modelos com lanternim (modelo LAD e modelo LAS) proporcionaram um melhor conforto térmico, pois retiram com mais eficiência o calor do ambiente, principalmente nos meses mais quentes, período este de maior preocupação em relação ao stress térmico.

Os Gráficos 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 mostram o comportamento térmico dos três modelos, através do índice WD nos horários de leitura para os dados de verão.

O Gráfico 5.5 apresenta o comportamento geral do índice WD para os três modelos, durante os "Dias Críticos" de verão, nos respectivos horários de leitura, tornando mais evidente as diferenças observadas entre os modelos.

Gráfico 5.1. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 8 horas - verão

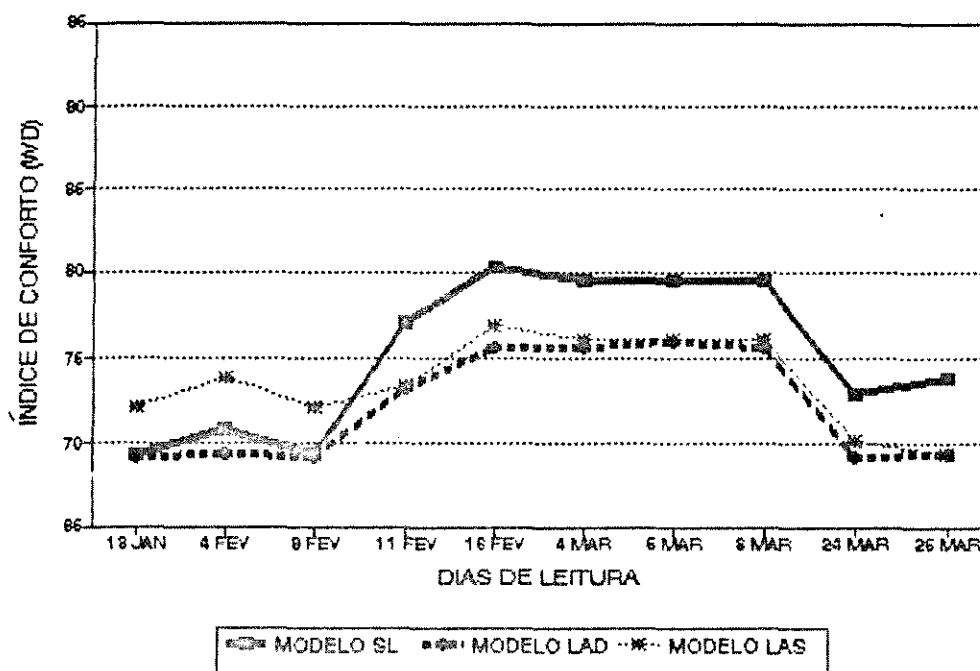


Gráfico 5.2. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 11 horas - verão

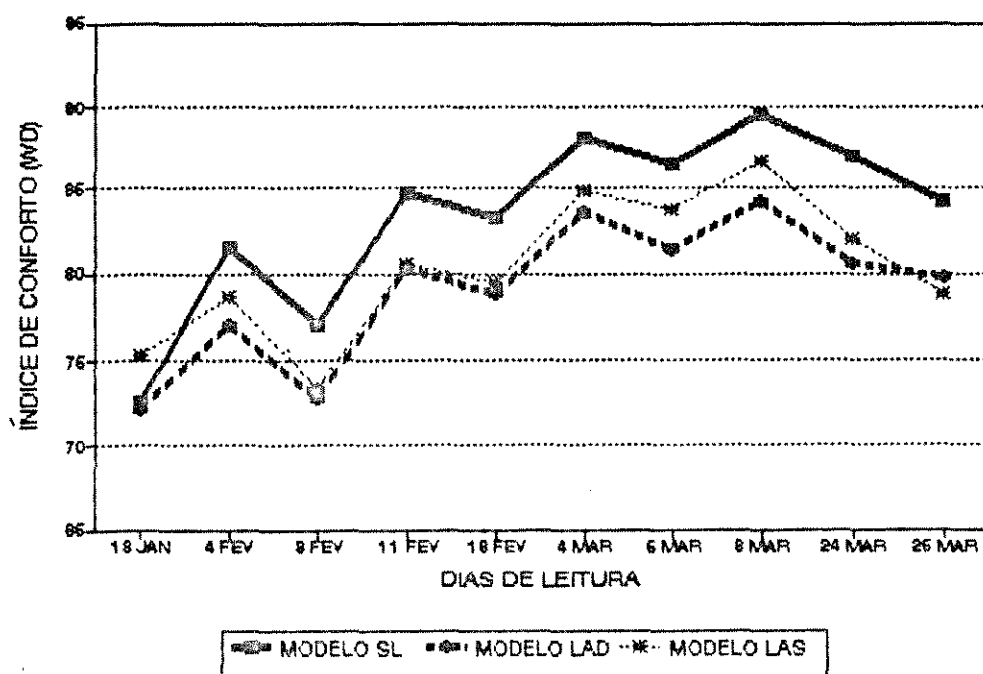


Gráfico 5.3. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 14 horas - verão

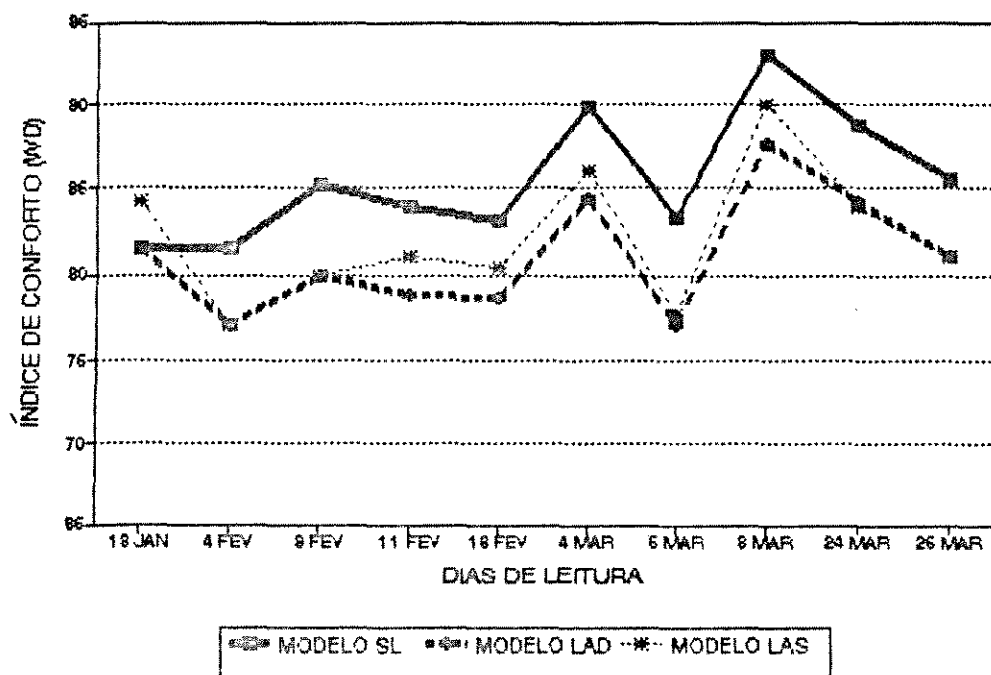
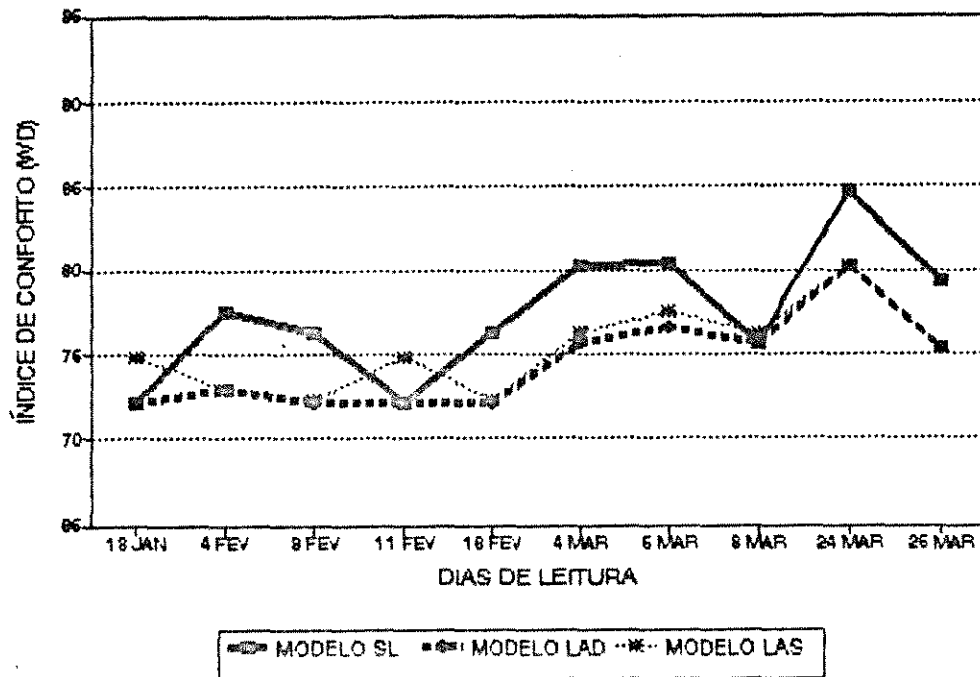
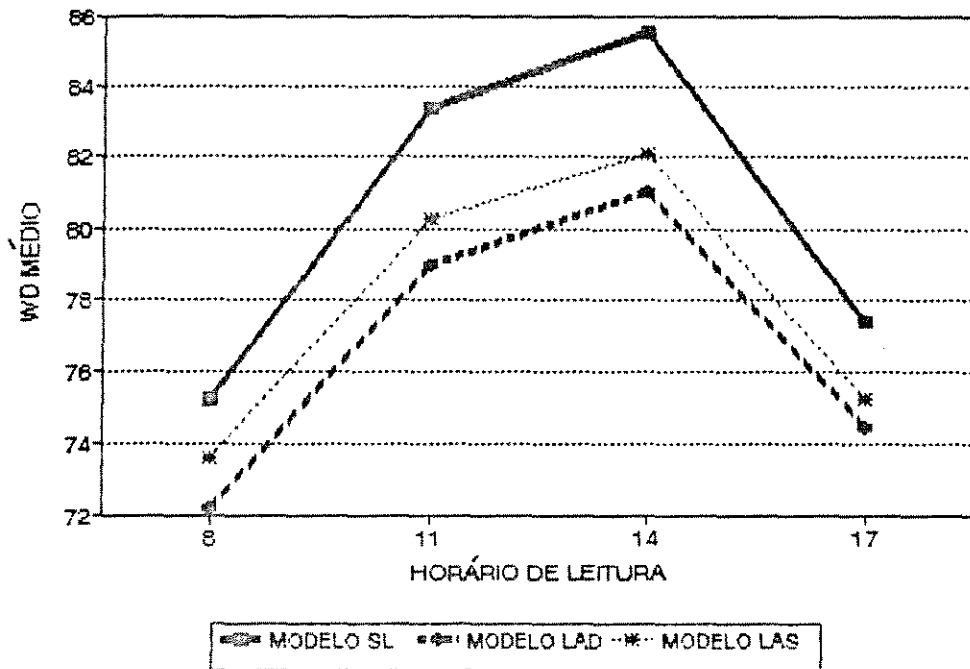


Gráfico 5.4. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 17 horas - verão

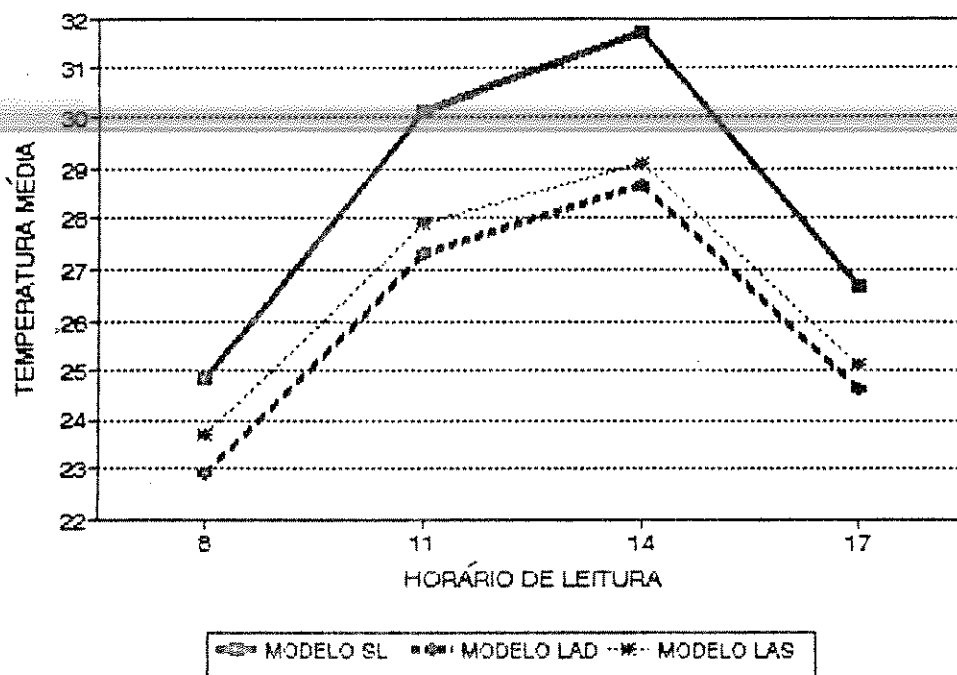


GRÁF. 5.5. ÍNDICE DE CONFORTO WD MÉDIO
EM RELAÇÃO AOS HORÁRIOS - VERÃO



Em relação à temperatura interna dos modelos, embora seu efeito esteja embutido nos cálculos do índice, foi observado que, no período de verão, às 11 horas, houve redução na temperatura interna do modelo LAD e LAS, em relação ao modelo SL de 10,4% e de 8,1%, respectivamente. Às 14 horas a redução foi um pouco maior, sendo de 10,6% para o modelo LAD e de 8,9% para o modelo LAS, em relação ao modelo SL. O Gráfico 5.6 ilustra o comportamento da temperatura interna dos modelos, durante os dias críticos de verão, nos respectivos horários de leitura.

GRÁF. 5.6. TEMPERATURA MÉDIA
EM RELAÇÃO AOS HORÁRIOS - VERÃO



Às 8 e 17 horas, embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa em termos do índice WD, houve uma queda na temperatura interna dos modelos LAD e LAS em relação ao modelo SL. Às 8 horas a queda na temperatura interna dos modelos LAD e LAS em relação ao modelo SL foi de 8,5% e de 5,0%, respectivamente. Às 17 horas a queda

foi de 8,3% para o modelo LAD e de 6,4% para o modelo LAS, em relação ao modelo SL. As diferenças encontrados mostram que o efeito chaminé, mesmo que pequeno, ocorreu, diminuindo a temperatura interna dos modelos com lanternim.

O mesmo teste estatístico foi aplicado para analisar o comportamento térmico dos modelos, no inverno. A Tabela 5.2 mostra que, também neste período, o modelo com lanternim de dupla abertura (modelo LAD) apresentou um índice de conforto menor que o sem lanternim (modelo SL), e igual ao do modelo com lanternim de uma abertura lateral (modelo LAS).

Tabela 5.2. Comparação entre as médias do índice WD, para os três modelos, no período de inverno (julho, agosto e setembro de 1992).

Horário	Média do Índice de Conforto (WD)		
	Modelo SL	Modelo LAD	Modelo LAS
8h	68,77 ^a	65,08 ^b	65,28 ^b
11h	76,64 ^a	72,41 ^b	72,93 ^b
14h	79,78 ^a	75,65 ^b	76,10 ^b
17h	75,31 ^a	71,35 ^b	71,83 ^b

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Student. $P(\alpha = 5\%)$.

Em todos os horários de leitura, no inverno, houve diferença estatisticamente significativa entre os modelos SL e LAD, e entre os modelos SL e LAS. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o modelo LAD e o modelo LAS, em nenhum horário.

Às 11 horas, observou-se redução no índice WD do modelo LAD de 5,5% e de 4,8% para o modelo LAS, em relação ao modelo SL. Às 14 horas a redução no índice dos modelos LAD e LAS foi de 5,2% e 4,6%, respectivamente, em relação ao modelo SL.

Os Gráficos 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10 sintetizam a discussão, acima, sobre o comportamento verificado no inverno.

Gráfico 5.7. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 8 horas - inverno

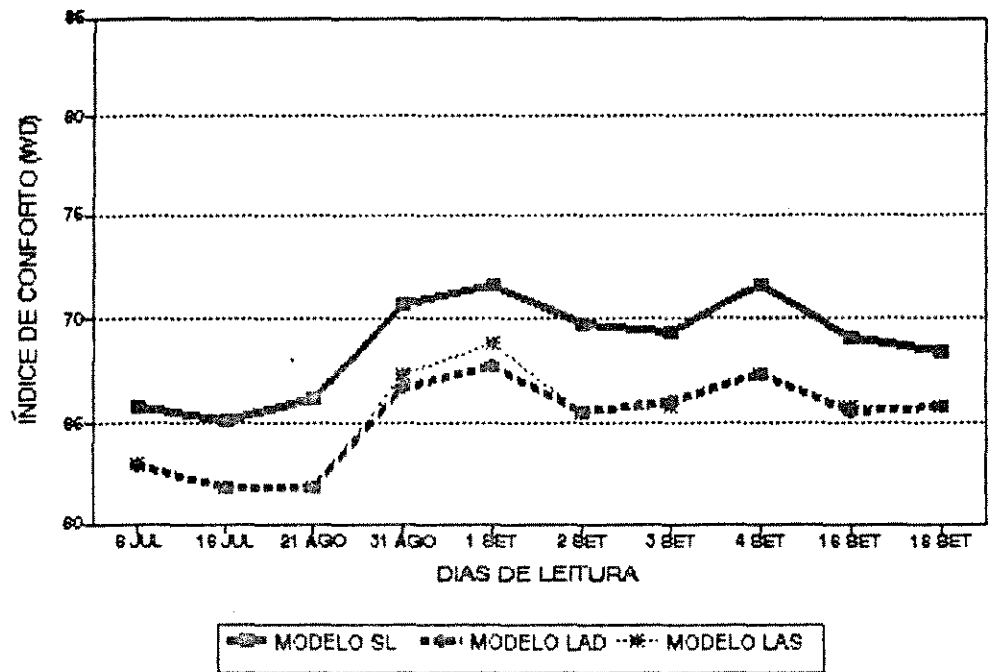


Gráfico 5.8. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 11 horas - inverno

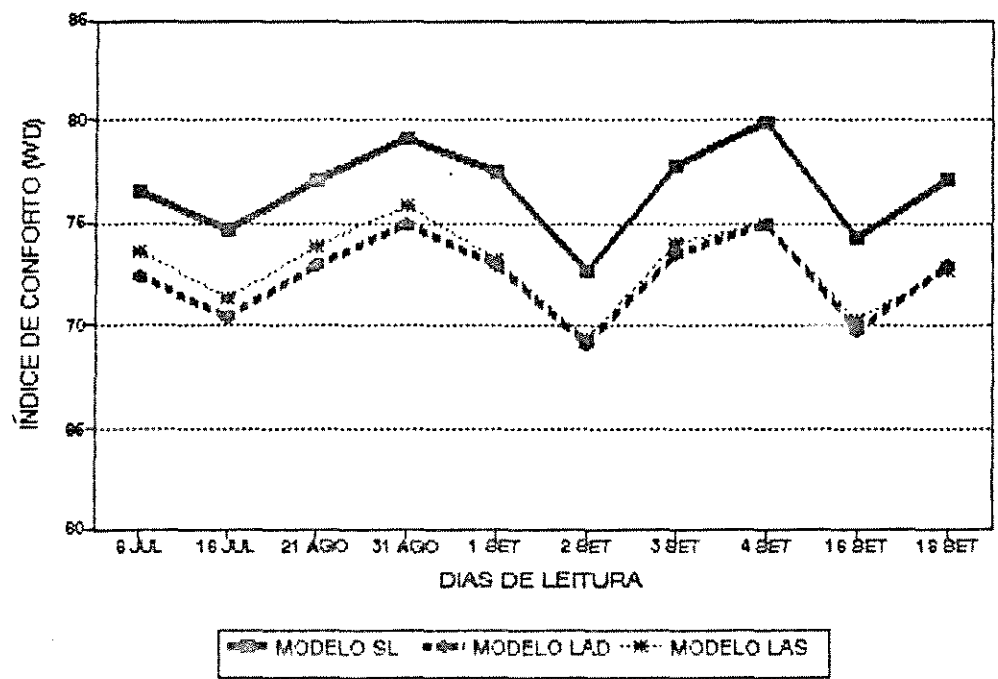


Gráfico 5.9. Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 14 horas - inverno

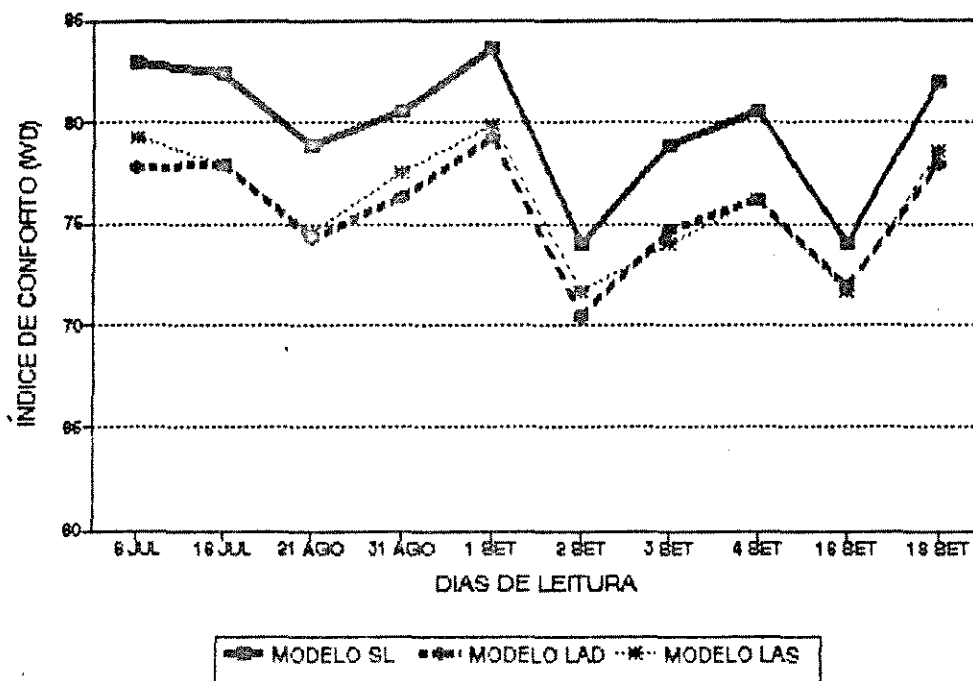
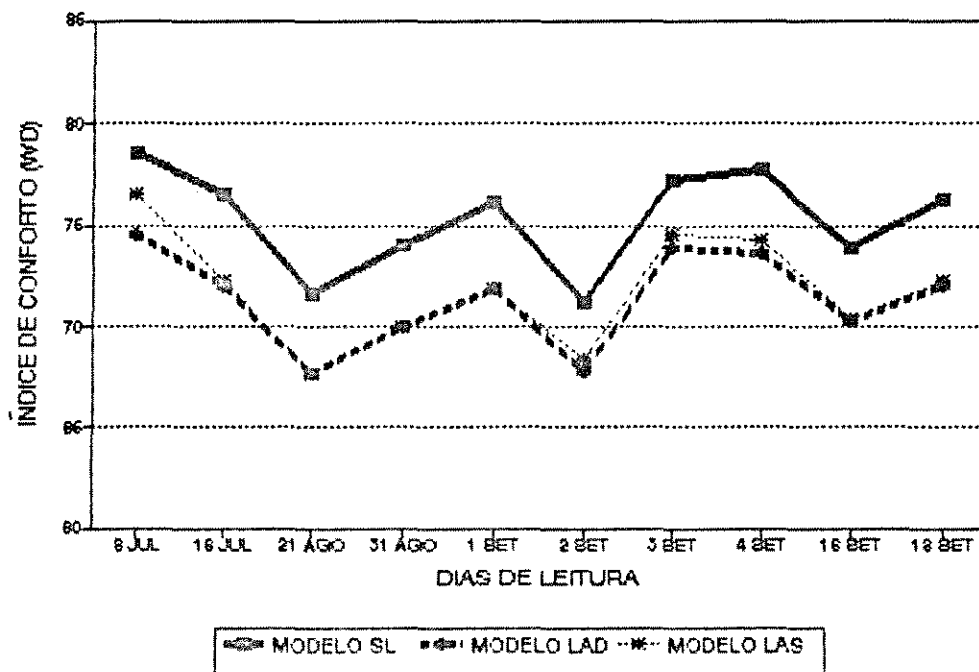
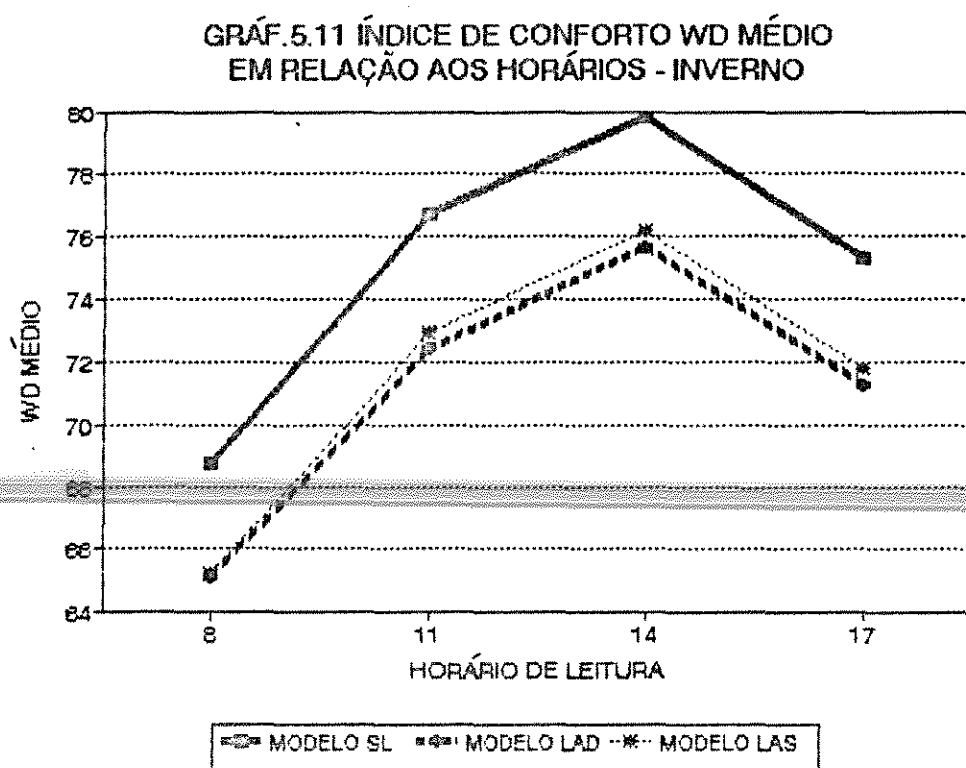


Gráfico 5.10 Índice de Conforto Térmico
Dados coletados às 17 horas - inverno



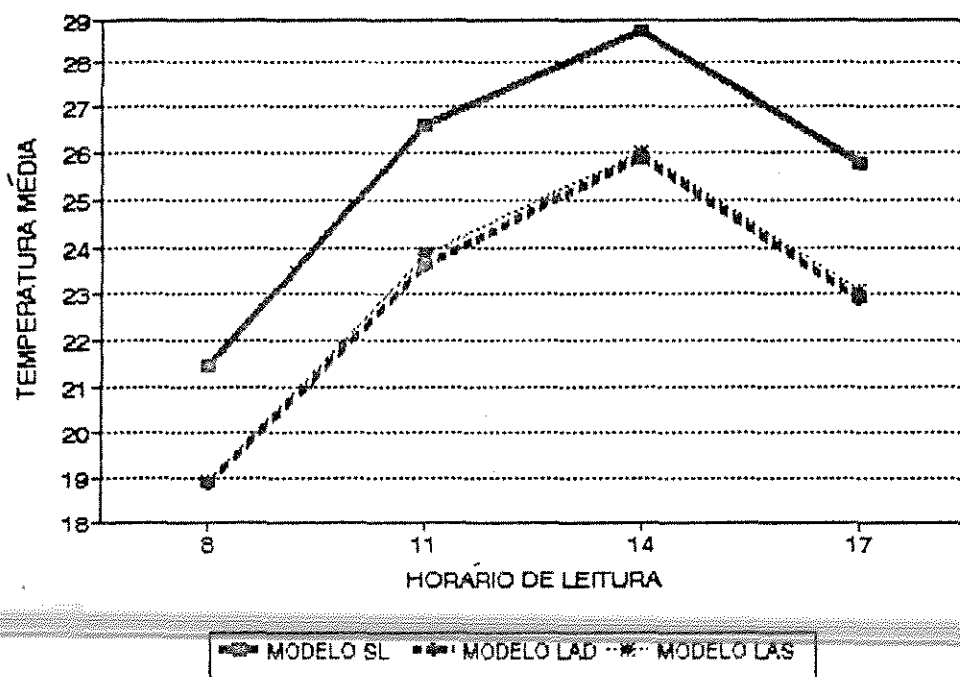
Para tornar ainda mais evidente as diferenças observadas entre os modelos, o Gráfico 5.11 mostra de forma geral, como se comportaram os modelos em relação ao Índice WD nos "Dias críticos" de inverno, nos respectivos horários de leituras.



Em relação aos dados de inverno, às 14 horas houve uma redução na temperatura interna dos modelos LAD e LAS, em relação ao modelo SL, de 12,7% e 11,5%, respectivamente; às 11 horas foi de 11,0% e 10,4%, respectivamente, para os modelos LAD e LAS.

O Gráfico 5.12 ilustra o comportamento da temperatura interna dos modelos, durante os "Dias críticos" de verão, nos respectivos horários de leitura. Em todos os horários de leitura, os modelos com lanternim apresentaram uma menor temperatura interna, sendo que o modelo LAD apresentou os mais baixos níveis de temperatura.

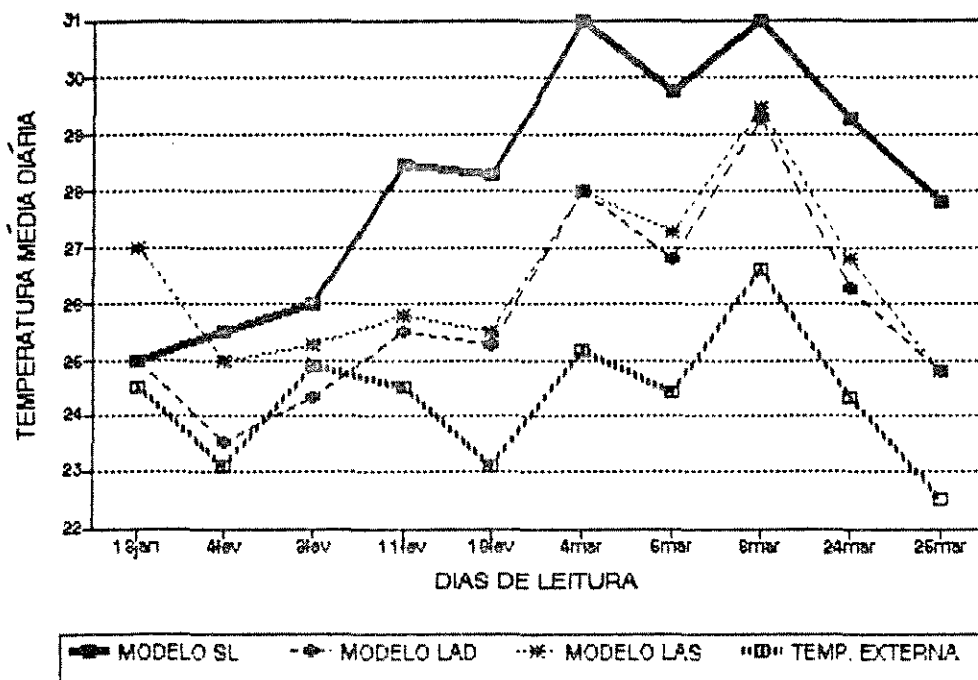
GRÁF. 5.12 TEMPERATURA MÉDIA
EM RELAÇÃO AOS HORÁRIOS - INVERNO



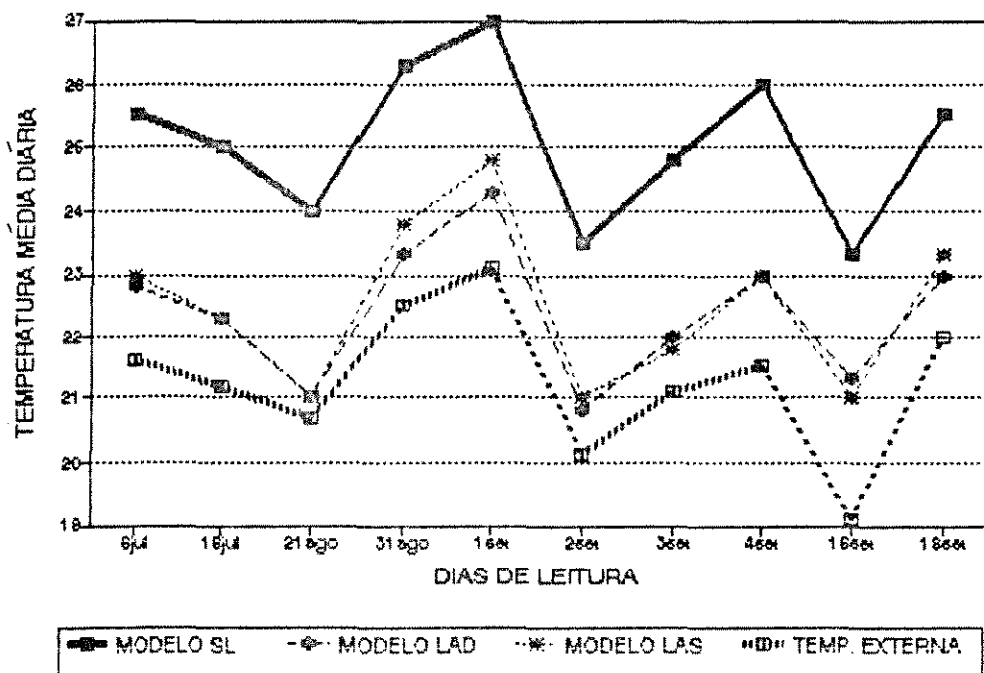
Do acima exposto, pode-se então concluir que a presença do lanternim, em modelos de galpões para suíno, é eficaz na manutenção de um ambiente térmico favorável ao desenvolvimento animal. Os dados também mostram que a ventilação natural é realmente capaz de promover uma maior circulação de ar dentro do modelo, fato este comprovado pela diminuição significativa do índice de conforto térmico (WD) e da temperatura interna dos modelos com lanternim.

Quanto à relação entre a temperatura interna e externa, foi observado que, em todos os horários de leitura tanto no inverno como no verão, a temperatura interna dos três modelos foi superior à temperatura externa. Os Gráficos 5.13 e 5.14 mostram o comportamento da temperatura interna de cada modelo, e da temperatura externa nos dias de leitura.

Gráf.5.13 Comportamento das temperaturas interna e externa durante o verão



Gráf.5.14 Comportamento das temperaturas interna e externa durante o inverno



Como registrado na revisão bibliográfica, é esperado que a temperatura interna seja maior que a temperatura externa. Em decorrência dessa diferença entre a temperatura externa e interna, se a edificação dispuser de aberturas baixas (janelas) e aberturas altas (lanternim), o efeito chaminé deve ser observado.

Os modelos apresentaram comportamento térmico distinto entre eles, nos períodos de inverno e verão. Como já mostrado nas Tabelas 5.1 e 5.2 foi observado que no inverno houve diferença estatisticamente significativa entre os modelos com lanternim (LAD e LAS) e sem lanternim (SL), em todos os horários de leitura. Já no verão, ocorreu apenas diferença entre os modelos SL e LAD, às 11 e 14 horas, tendo o modelo LAS comportamento intermediário. Este comportamento distinto no inverno e no verão, pode ser explicado pelas diferentes formas de ventilação natural (força dos ventos e efeito chaminé) que ocorreram.

Segundo dados meteorológicos, fornecidos pelo CEPAGRI- UNICAMP, as médias da velocidade dos ventos para os meses estudados foram de 1,8m/s em janeiro, 1,5m/s em fevereiro, 1,7m/s em março, 1,7m/s em julho, 2,3m/s em agosto e 2,5m/s em setembro. Os dados mostram que a velocidade dos ventos, no inverno, é maior que no verão, exercendo maior influência na movimentação de ar dentro dos modelos.

Mesmo sem ter os dados de velocidade do vento dentro dos modelos, que seguramente reforçariam a análise, verificou-se que, no inverno, quando a velocidade externa dos ventos foi maior, houve uma maior movimentação de ar dentro dos modelos, verificada pela queda na temperatura e no índice WD, intensificada ainda mais nos modelos com lanternim (LAD e LAS). A presença do lanternim tornou mais eficiente a retirada de calor do ambiente interno.

No verão, quando a velocidade externa dos ventos foi menor, observou-se que, nos horários de maior radiação solar, 11 e 14 horas, houve diferença significativa entre o comportamento térmico dos modelos com e sem lanternim; os modelos com lanternim

apresentaram um menor índice WD, mostrando serem mais eficientes em retirar calor do ambiente. Isto se deve ao fato de estar havendo nestes horários maior radiação solar, que é por sua vez, absorvida pelo telhado transferindo calor para o interior dos modelos. A temperatura interna sofre um aumento, havendo maior diferença entre a temperatura interna e externa, intensificando o efeito chaminé.

Nos horários de maior radiação solar, os modelos LAD e LAS, por apresentarem lanternim, mostraram-se mais eficientes em retirar calor do ambiente através do efeito chaminé.

Resumidamente, no inverno a retirada de calor do interior dos modelos provavelmente foi feita através da força dos ventos, intensificada, nos modelos LAD e LAS, pela presença do lanternim; no verão, o efeito chaminé deve ter sido intensificado pelo aumento da temperatura interna, às 11 e 14 horas, devido a radiação solar mais intensa.

5.2. Análise de regressão polinomial

Para estudos do índice WD, em função dos diferentes horários observados, foram testados modelos de regressão polinomial, verificando-se, que para esses parâmetros, o modelo quadrático apresentou o melhor ajuste.

Através da utilização do programa "Ajuste", desenvolvido por ZULLO e ARRUDA (1986), estabeleceram-se equações de regressão polinomial ajustadas para o índice de conforto WD, em função dos horários de leitura. Considerou-se "X" a variável independente, correspondendo aos horários de leitura (H), ou seja, 8, 11, 14 e 17 horas, e "Y" a variável dependente, correspondente ao índice de conforto térmico (WD), obtendo-se as equações de regressão que se apresentam nas Tabelas 5.3 e 5.4

Através da análise de variância, usando o teste F, foi comprovado o efeito quadrático, revelando que o horário de leitura afeta significativamente o índice WD, mostrando que há dependência do índice WD em relação ao horário de leitura.

Tabela 5.3. Equações de regressão ajustadas para o índice WD em função dos horários de observação - verão.

Modelo	Equação de regressão	r^2	F
SL	$WD = 10,9 + 11,637H - 0,454H^2$	0,9938	39,478
LAD	$WD = 22,3 + 8,966H - 0,343H^2$	0,9957	58,597
LAS	$WD = 20,2 + 9,677H - 0,378H^2$	0,9929	34,552

As equações da regressão observadas para cada modelo, tanto no verão quanto no inverno, foram semelhantes.

Os coeficientes das equações de regressão, para os dados no verão, foram maiores no modelo SL, indicando que neste modelo o índice WD cresce numa razão maior que nos demais modelos, em relação aos horários de observação. Este mesmo comportamento pode ser observado em relação aos coeficientes das equações de regressão, para os dados de inverno, como mostra a Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Equações de regressão ajustadas para o índice WD em função dos horários de observação - inverno.

Modelo	Equação de regressão	r^2	F
SL	$WD = 15,979 + 9,321H - 0,343H^2$	0,9969	78,656
LAD	$WD = 15,094 + 8,811H - 0,323H^2$	0,9949	48,831
LAS	$WD = 14,018 + 9,038H - 0,331H^2$	0,9964	70,256

Através das equações de regressão polinomial, determinou-se o ponto de máximo WD. No verão, o ponto de máximo WD ocorreu às 12h e 50min, com um valor estimado de 86,16

para o modelo SL. Para o modelo LAD ocorreu alguns minutos mais tarde, às 13h e 04min, porém, com o valor estimado menor, de 81,64 e, para o modelo LAS, ocorreu às 12h e 48min, com o valor estimado de 81,84.

No inverno, o ponto de máximo WD ocorreu alguns minutos mais tarde que no verão, porém, o comportamento dos modelos em relação ao ponto de máximo WD foi igual ao observado no verão. O ponto de máximo WD ocorreu às 13h e 43min para o modelo SL, com valor estimado de 79,88; às 13h e 46min para o modelo LAD, com um valor estimado de 75,69 e às 13h e 42min para o modelo LAS, com um valor estimado de 75,97.

Este resultado mostra que o modelo LAD, por possuir lanternim, retira de maneira mais eficiente o calor do ambiente, demorando mais para atingir o ponto de máximo WD, e ainda apresenta um índice WD estimado, menor.

Os resultados da análise de regressão polinomial mostram que o índice WD é influenciado pelo horário de leitura, apresentando um comportamento quadrático. Os modelos com lanternim (modelos LAD e LAS) apresentam, nas equações de regressão, coeficientes menores, indicando que o índice WD cresce numa razão menor que o do modelo sem lanternim (modelo SL). Estes resultados comprovam que a presença do lanternim é importante na manutenção de um ambiente térmico favorável para a produção animal.

5.3. Análise da modelagem matemática em escala

Através da modelagem matemática, foi possível comparar os modelos em escala real e em escala reduzida, como também confrontar os resultados matemáticos com os observados na prática.

Partindo de uma instalação com dimensões reais, através da modelagem matemática, proposta pela Optima (empresa júnior do IMECC-UNICAMP), chegou-se às

dimensões dos modelos em escala distorcida. Neste processo, observou-se que à medida que as dimensões iam sendo diminuídas, a região de maior calor, próxima à parede lateral e ao piso próximo à fonte de calor, foi-se deslocando para as paredes laterais superiores e para o telhado.

Ao passar do modelo real para o modelo em escala reduzida, as superfícies de troca de calor com o meio, piso, telhado e paredes passam a ter maior influência no modelo reduzido. Portanto, pequenas diferenças de temperatura, no modelo reduzido, podem ser expressivas no modelo em escala real.

As Figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 mostram o comportamento da temperatura dentro dos modelos em escalas real e reduzida, com e sem lanternim, através da modelagem matemática. Foi possível observar que houve um acréscimo da temperatura interna nos modelos sem lanternim, quer na escala real (Fig 5.3), quer na escala reduzida (Fig 5.4), quando comparado com os modelos com lanternim em ambas as escalas (Fig 5.1 e Fig 5.2).

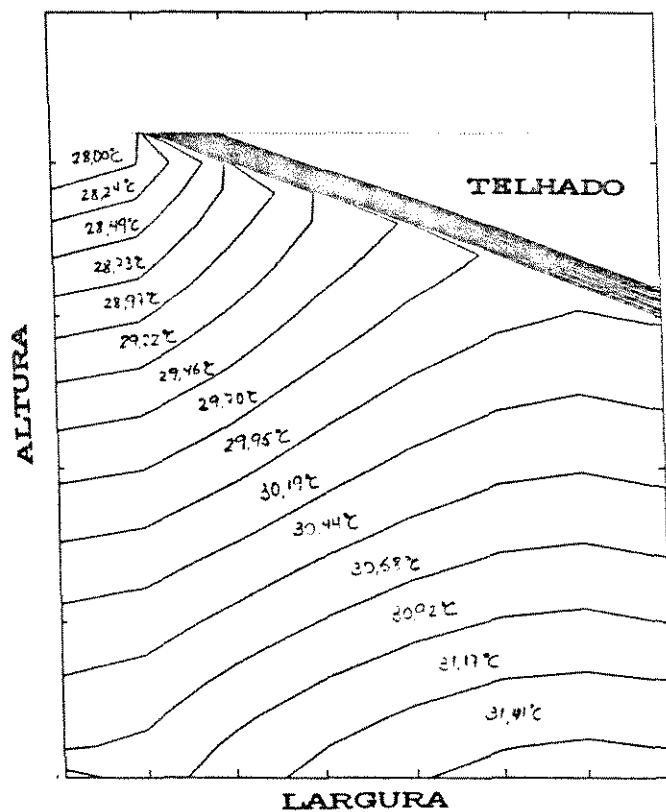


Figura 5.1. Comportamento da temperatura do ar no modelo com lanternim, em escala real.

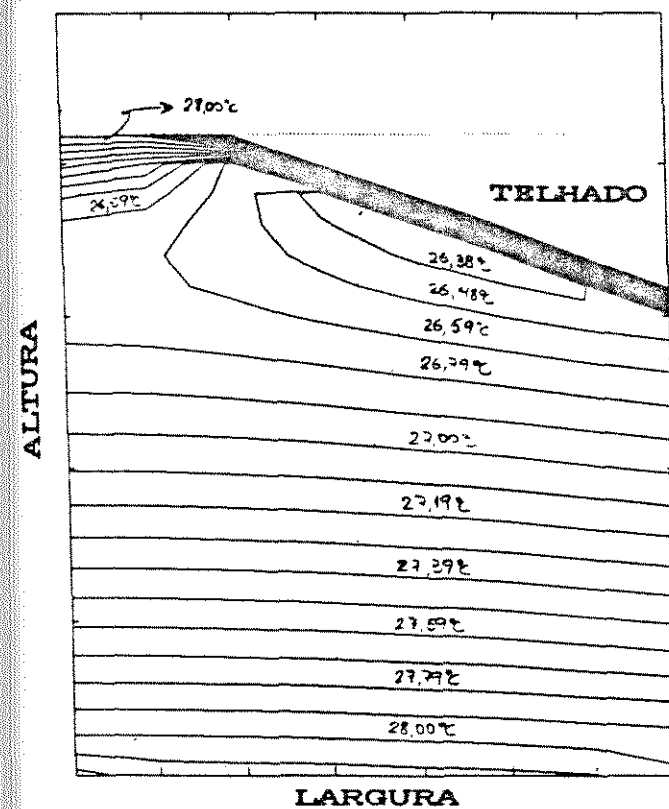


Figura 5.2. Comportamento da temperatura do ar no modelo com lanternim, em escala reduzida.

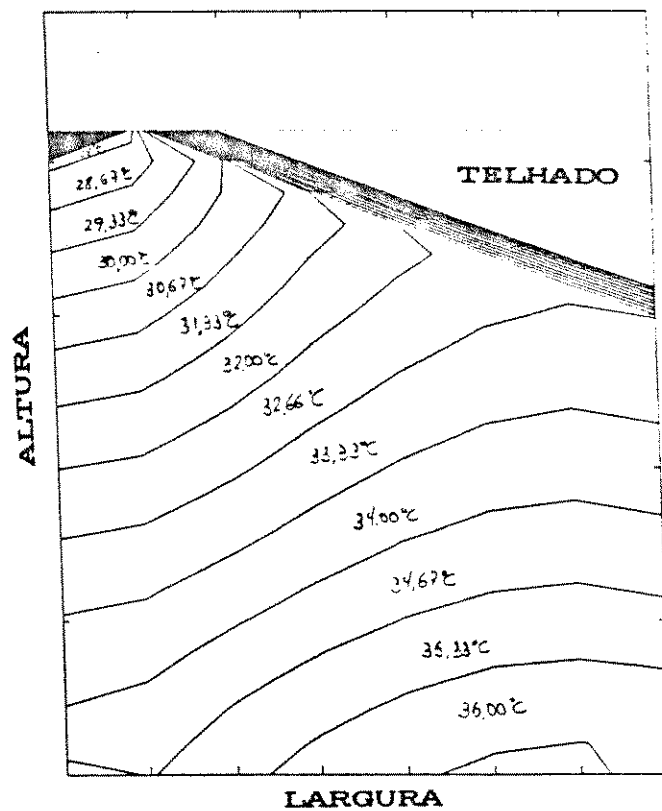


Figura 5.3. Comportamento da temperatura do ar no modelo sem lanternim, em escala real.

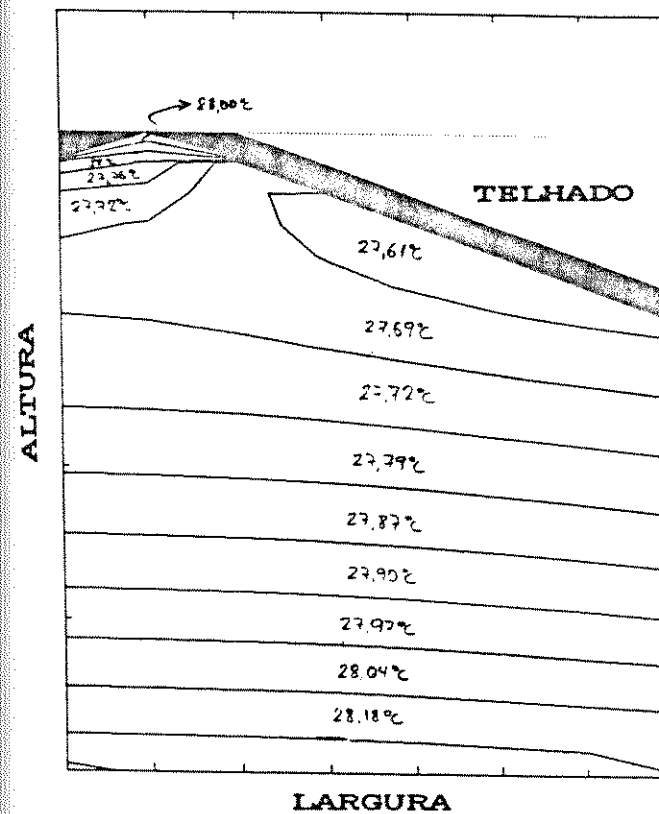


Figura 5.4. Comportamento da temperatura do ar no modelo sem lanternim, em escala reduzida.

Dentro dos modelos, em todas as situações, a região de temperaturas mais altas, foi próxima à fonte de calor; porém, nos modelos com lanternim essa temperatura foi menor.

Com a presença do lanternim ocorre redução da temperatura interna nos modelos, em ambas as escalas. O modelo em escala real, com lanternim, apresenta uma redução na temperatura interna, de aproximadamente $2,3^{\circ}\text{C}$, em relação ao modelo na mesma escala, porém, sem lanternim. Passando para a escala reduzida, observou-se, também, uma redução na temperatura interna do modelo com lanternim em relação ao modelo sem lanternim, porém essa redução foi menor, apenas de $1,0^{\circ}\text{C}$. Observa-se que pequenas mudanças de temperatura, nos modelos em escala reduzida, podem acarretar mudanças bem maiores nos modelos em escala real.

As observações feitas, através da modelagem matemática, reforçam os resultados observados no experimento prático, com os modelos em escala reduzida, onde a temperatura interna dos modelos com lanternim (modelos LAD e LAS) foi menor que a do modelo sem lanternim (modelo SL). O lanternim tem um importante papel na circulação de ar dentro das construções, removendo o calor e proporcionando um ambiente térmico confortável.

6. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos concluiu-se que:

1. Em ambos os períodos, verão e inverno, os modelos com lanternim apresentaram melhor desempenho térmico, com valores mais baixos do Índice VD, indicando que o lanternim é responsável pela remoção de calor do ambiente;
2. No verão houve diferença em relação ao comportamento térmico entre os modelos SL e LAD, às 11 e 14 horas. O modelo LAD apresentou melhor comportamento térmico, mostrando que a presença do lanternim de dupla abertura foi eficiente na remoção de calor do ambiente, nos horários mais quentes do dia;
3. O modelo LAS, durante o verão, apresentou comportamento intermediário, ou seja, não difere, estatisticamente, do modelo SL nem do modelo LAD, às 11 e 14 horas, horários em que estes modelos são diferentes entre si. Nos demais horários, todos os modelos tiveram o mesmo comportamento;
4. Nos horários mais críticos do dia, devido as altas temperaturas, o modelo LAD foi eficiente em resfriar o ambiente, mesmo quando a velocidade dos ventos externos foi menor, no caso do verão;
5. No inverno, os modelos com e sem lanternim apresentaram comportamento térmico diferente entre si, em todos os horários. Os modelos LAD e LAS, ambos com lanternim, demonstraram

ter comportamento térmico semelhante, com um índice de conforto térmico menor que o modelo SL, sem lanternim;

6. O modelo LAD apresentou, em todos os horários de leitura de inverno, um índice de conforto menor que o do modelo LAS. A eficiência do modelo LAD em retirar o calor do ambiente foi, ainda que não estatisticamente significativa, melhor que a do modelo LAS. Isto demonstra que a geometria do lanternim tem influência sobre a movimentação de ar dentro do modelo;

7. Através da análise de regressão polinomial, concluiu-se que o índice VVD é influenciado pelo horário de leitura, apresentando comportamento quadrático. As equações de regressão para cada modelo foram semelhantes;

8. O comportamento térmico dos modelos, observado no experimento prático, foi semelhante ao comportamento observado no modelo matemático;

9. Através da modelagem matemática concluiu-se que uma pequena mudança na temperatura do modelo, em escala reduzida, pode ser expressiva no modelo em escala real.

Com base nas conclusões anteriores, pode-se afirmar que através da presença do lanternim, foi possível proporcionar um ambiente térmico favorável ao desenvolvimento animal, verificado através do índice de conforto térmico.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASHRAE - Handbook of Fundamentals. American Society of Heating and Refrigerating and Air - Conditioning Engineers, Atlanta, c1985.

AXELROD, J. & REISINE, T.D. Stress hormones: their interaction and regulation. **Science**, v.224, p.452-459, 1984.

BACCARI, F. J. Notas de aula, disciplina de Stress e Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia: UNESP, Botucatu. 2. sem. 1990.

BAÊTA, F. C., MEANDOR, N. F., SHANKLIN, M. D. **Equivalent temperature index at temperatures above thermoneutral for lactating dairy cows.** St. Joseph, MI: ASAE, 1987. 21p. (Paper n. 78-3532).

BECKETT, F.E. Effective temperature for evaluating or designing hog environments. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.8, n.2, p.163-166, 1965.

BERBIGIER P. Effect of heat on intensive meat production in the tropics: cattle, sheep and goats, pigs. in: 1º CICLO INTERNACIONAL DE PALEATRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1986, Botucatu. **Anais...Botucatu**, 1986. 129p. p.7-44.

BIAGI, J.D. & SILVA, I.J.O. Software para determinar as propriedades psicrométricas do ar. in: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1990, Piracicaba. **Anais...Piracicaba** 1990. vol.2, 1247p. p.1161-1175.

BOND, T. E. **Environmental control in poultry production.** London, Oliver & Boyd, 1967. 423p.

BROCKETT, B. L. & ALBRIGHT, L.D. Natural ventilation in single airspace buildings. **J. Agric. Engng Res.**, n. 37, p. 141-154, 1986.

BRUCE, J.M. Ventilation and temperature control criteria for pigs. In: Clark, J.A. **Environmental aspects of housing for animal production.** London, Butterworths, c1981.

BRUCE, J. M. Ventilation of a model livestock building by thermal buoyancy. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.25, n.6, p.1724-26, 1982.

- BUCKLIN, R.A., BRAY, D.R., BREEDE, D. K. **Methods to relieve heat stress for Florida dairies**. Florida Cooperative Extension Service, Universidade da Flórida, 7p. 1988 (boletim informativo n. 782).
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H., PITT, D., THATCHER, W.W., COLLIER R.J. **Black globe-humidity comfort index for dairy cows**. St. Joseph, MI.: ASAE, 1977. (Paper n.77-4517).
- BUFFINGTON, D.E., CANTON, G.H., COLLIER R.J. **Inspired-air cooling for dairy cows**. St. Joseph, MI.: ASAE, 1979 (Paper n.79-4510).
- CARNAHAN, B., LUTHER, H.A., WILKES, J.O. **Applied Numeric Methods**. John Wiley & Sons. 1967.
- CASTELO, J. A. **Alojamiento y manejo de las aves**. Barcelona, Real Escuela Oficial y Superior de Agricultura, 1970. 779p.
- CHOINIÈRE, Y., MUNROE, J.A., DESMARAIS, G., RENSON, Y., MÉNARD, O. **Minimum ridge opening widths of an automatically controlled naturally ventilated swine barn for a moderate to cold climate**. Ottawa, Ont.: CSAE, 1988. 17p. (Paper n.88-115)
- CHOINIÈRE, Y. & MUNROE J.A. **Principles and guidelines for natural ventilation of warm dairy housing**. St. Joseph, MI: ASAE, 1990. 19p. (Paper n. 90-4552).
- CLARK, I.A. **Environmental aspects of housing for animal production**. London, Butterworths, 1981. 511p.
- COSTA, E.C. **Arquitetura ecológica**. S.Paulo, Edgard Blucher, 1982. 265p.
- CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Iowa, The Iowa State University Press, 1983. 410p.
- DOWN, M.J., FOSTER, M. P., McMAHON, T. A., REDDING, G.J. **The design of livestock building for natural ventilation: the theoretical basis and a rational design method**. Universidade de Melbourne, 112p. 1985.
- DUNNE, H.W. **Diseases of swine**. Iowa, The Iowa State University Press, 1965. 894p.
- DYBWARD, I.R., HELICKSON, M.A., JOHNSON C.E., MOE D.L. Ridge vent effects on model building ventilation characteristics. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.17, n.2, p.366-370, 1974.
- EDWARDS, R.L., OMTVEDT, I.T., TUMAN, E.J., STEPHENS, D.F. MAHONEY, G.W.A. Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and in early gestation. **J. Anim. Sci.**, v.27, p.1634-37, 1968.
- ENCARNAÇÃO, R.O. Estresse e a função da córtex adrenal na adaptação ao ambiente. **Ciência e Cultura**, v.33, n.10, p.1305- 10, 1981.

- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport, AVI Publishing Co, 1969. 325p.
- FEEDES, J.J.R. & DeSHAZER, J.A. Feed consumption as a parameter for establishing minimum ventilation rates. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.31, n.2, p.571-575, 1988.
- FERRAZ, J.B.S. & DUARTE, F.A.M. Influência de fatores ambientais no desempenho de suínos em fase de aleitamento. in: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SUINOCULTURA, 1980, Campinas. **Anais...** Campinas, 1980.
- FRÉ, C.A., BACCARI, F.J., SPERS, A., MENDES, A.A. Tolerância ao calor e ganho de peso em suínos Landrace e Large White na região de Salto Grande, SP. in: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SUINOCULTURA, 1980, Campinas. **Anais...** Campinas, 1980.
- FROELICH, D. P. & HELICKSON, M. A. Ridge vent effects on model ventilation characteristics. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.18, n.4, p.690-693, 1975.
- FROTA, A.B. & SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo, Ed. Nobel, 1988. 228p.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 3ed. Piracicaba, SP. ESALQ, 1987. 404p.
- GUYTON, A.C. The adrenocortical hormones. In: Guyton, A.C. **Textbook of medical physiology**. 5ed. Philadelphia, W. B. Saunders, 1976. Cap 77, p.1019-1035.
- HAFEZ, E.S.E. **Reproduction in farm animals**. 3ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1974. 760p.
- HARDOIM, P.C. **Estudo do lanternim em edificações avícolas**. Viçosa, 1989. 69f. (Dissertação - mestrado, Universidade Federal de Viçosa.)
- JOHNSON H.D. & GOMES W.R. Effect of elevated ambient temperature on lipid levels and cholesterol metabolism in the ram testis. **Journal of Animal Science**. v.29, p.469-475, 1969.
- KOENIG T. J., HELICKSON, M. A., ROEPKE W. L. Building geometry and wind effects on model open-front beef building ventilation. **Trans ASAE**, St. Joseph, MI, v.21, n.5, p.1199-1208, 1978.
- LE DIVIDICH, J. & RINALDO, D. Effets de l'environnement thermique sur les performances du porc en croissance. **Journées rech. porcine en France**, v.21, p.219-230, 1989.
- LEE, D.H.K. & PHILLIPS, R.W. Assessment of the adaptability livestock to climatic stress. **Journal of Animal Science**. v.7, n.4, p.391-425, 1948.
- LIU, Q., BUNDY, D.S., ZULOVICH, J.M. **Controllable biological features and experimental error**. St. Joseph, MI.: ASAE, 1989. 18p. (Paper n.89-4549).
- MANGOLD, D.E., HANZEN, T.E., HAYS V.W. Effects of air temperature on performance of growing - finishing swine. **Trans ASAE**, St. Joseph, MI, v.10, n.3, p.370-377, 1967.

- MCDONALD, T.A., SMITH, W.H., PICKETT, R.A. e BEESON, W.M. Influence of aged corn and supplemental vitamin A on growing- finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.25, p.1024, 1966.
- MEYER, D.J. & GOETSH, W.D. **A new ridge design for naturally ventilated swine buildings**. St. Joseph, MI.: ASAE, 1984. 19p. (Paper n. 84-4075).
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 2.ed. Porto Alegre, Sulina, 1982. 158p.
- MURPHY, G. **Similitude in Engineering**. The Ronald Press Company. 1950. 302p.
- NÄÄS, I.A. **Estudo da ventilação natural em edificações de abrigo a suínos**. Campinas, 1986. 136f. (Tese - livre docência. Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas).
- NÄÄS, I. A. & BUCKLIN, R. A. **Computer model for naturally ventilated swine housing**. St. Joseph, MI.: ASAE, 1988. (paper n. 88-100).
- NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. Icone, 1989. 183p.
- OLITTA, A. F. L. **Apostila de construções rurais**. Piracicaba, ESALQ, 1978. 153p.
- OLIVEIRA, J.L. **Hot weather livestock housing analysis**. Michigan, 1980. 125f. (Tese - doutorado - Michigan State University).
- OLIVEIRA, P. A. V. & PERDOMO, C. C. Modelos de edificações usadas em criação de suínos no sul do Brasil. in: **I ENCONTRO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS**, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1990, p. 1-12.
- PATTIE, D. R. & MILNE, W. R. Ventilation in flow patterns by use of models. **Trans ASAE**, St. Joseph, MI, v. 9, n. 4, p. 646-649, 1966.
- PERDOMO, C. C. **Análise de diversos tipos de construções para suínos, utilizadas no sul do Brasil**. Porto Alegre, 1984. 124p. (Dissertação- mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- REED, R. H. Desing for natural ventilation in hot humid weather. In: **Housing and building in hot-humid and hot-dry climates**. Washington, DC : Building Research Institut, National Academy of Sciences, National Research Council, 1953. 180p.
- RIVERO, R. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2.ed. Porto Alegre, D.C.Luzzatto Editores, 1966. 240p.
- ROLLER, W.L. & GOLDMAN, R.F. Response of Swine to acute heat exposure. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.12, n.2, p.164- 169, 1969.

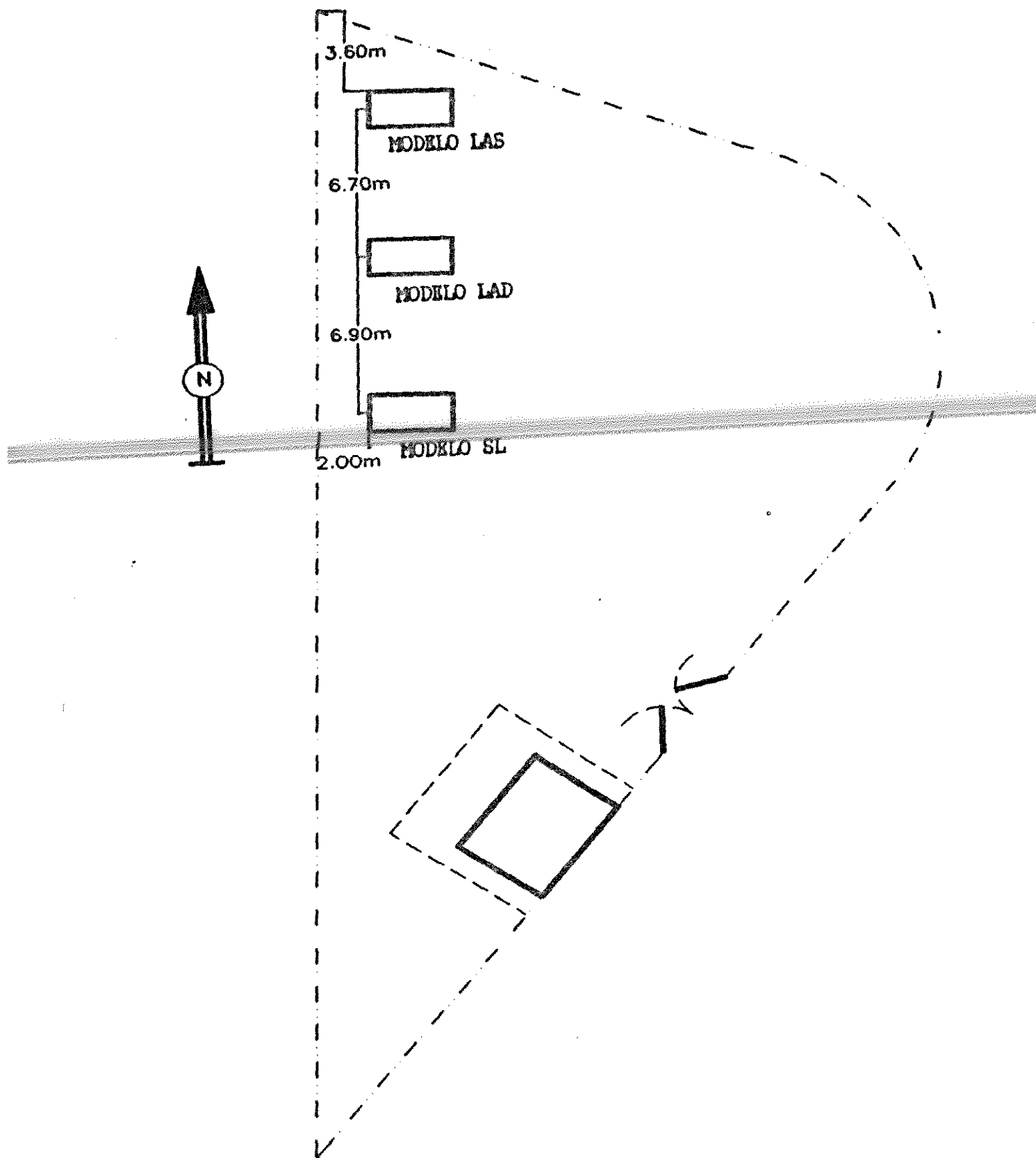
- SCHMIT, A.J. Productivity related to temperature. *Polt. World*. v.121, n.3, p.12-13, 1970.
- SELYE, H. A syndrome produced by diverse noxious agents. *Nature*, n.132 p.32, 1936.
- SHRESTHA, G., CRAMER, C., HOLMES, B.J. Wind induced natural ventilation of an enclosed building. St. Joseph, MI, 26p. 1990, (paper n. 904001).
- SILVA, I.J.O. da, GHELFI F. H., CONSIGLIERO, F.R. Influência dos materias de cobertura no conforto térmico de abrigos. *Engenharia Rural*, v.1, n.2, p.43-55, 1990.
- SMITH, M.R. & HAZEN, T.E. Similitude study of ventilation inlet configuration. *Trans ASAE*, St. Joseph, MI, v.11, n.2, p.218-224, 1968.
- THOM, E.C. Cooling degress-days. Air conditioning, heating, and ventilating. *Trans. ASAE*, St. Joseph, MI, v.55, n.7, p.65-72, 1958.
- TIMMONS M.B. & BAUGHMAN G.R. Similitude analysis of ventilation by stack effect from an open ridge livestock structure. *Trans. ASAE*, St. Joseph, MI, v.24, n.4, p.1030-34, 1981.
- TIMMONS M.B. & BAUGHMAN G.R. The flex house: a new concept in poultry housing. *Trans. ASAE*, St. Joseph, MI, v.26, n.2, p.529-532, 1983.
- TIMMONS, M. B. & BAUGHMAN, G. R. Nomographs for predicting ventilation by thermal buoyancy. *Trans. ASAE*, St. Joseph, MI, v.27, n.6, p.1891-1893, 1984.
- TIMMONS, M. B. *How does ventilation works and why?* St. Joseph, MI, ASAE, 1990, 15p. (paper n. 904551).
- VINCENT, C. K. Effects of season and high environmental temperature on fertility in cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.161, n.11, p.1333- 1338, 1972.
- YOUSEF, M. K. *Stress physiology in livestock*. Ed. Boca Raton, Flórida, CRC Press. 1985. v.1, 217p.
- ZERT, P. *Vademecum del produtor de cerdas*. Saragoza Acribia, 1969. 329p.
- ZULLO, Jr. J. & ARRUDA, F.B. *Programa computacional para ajustes de equações em dados experimentais*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1986. 23p. (Boletim Técnico n.113).

ABSTRACT

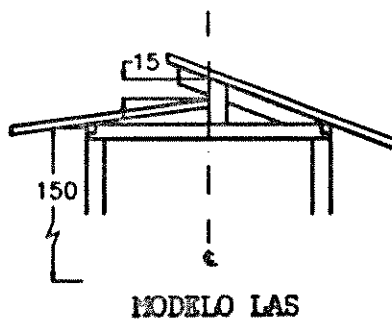
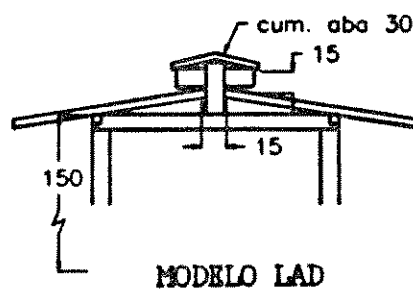
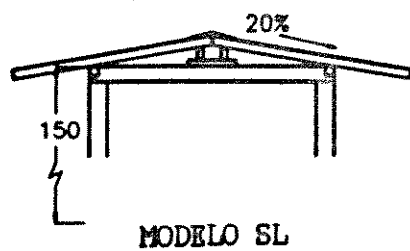
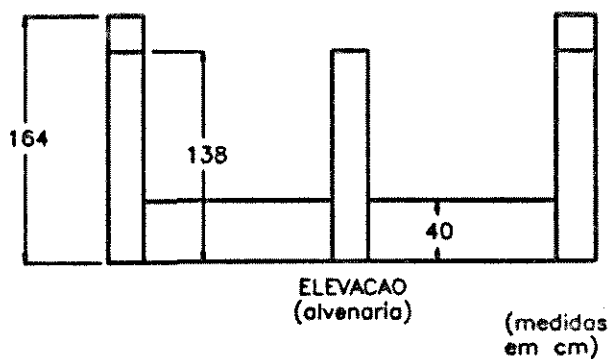
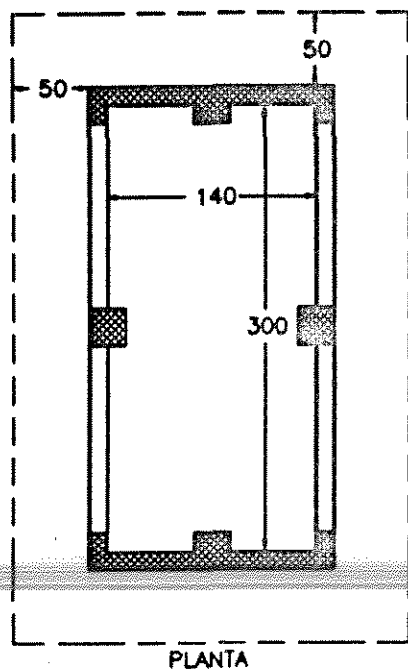
Swine production declines during the hot conditions particularly during the summer in tropical countries. The use of properly designed and constructed housing can reduce these losses. The use of adequate upper openings helps to promote a better environment within the building regarding its thermal behavior. An important factor in the relief of heat stress is air movement by natural ventilation. This research work was conducted within a scale model of a finish swine building to study the stack effect as an alternative to cooling. Three scale models were constructed at the FEAGRI/UNICAMP; one of them was built with overlapped ridge vent (model LAS) and another with covered ridge vent (model LAD). A third model was built without any ridge vent (model SL). Animal heat production was simulated using electric heating located on the floor. Dry and wet bulb temperatures were measured, as well as black globe temperature, humidity and wind velocity. The data were collected daily during the summer of 1993 and winter 1992 at 8:00am, 11:00am, 2:00pm and 5:00pm. The interior thermal performance of each model was analysed and compared by the Wet-Bulb Dry-Bulb Index (WD). Statistical analysis of the data showed significant differences in interior thermal performance among the models. The model with covered ridge vent showed the best thermal performance in summer and winter, followed by the model with overlapped ridge vent.

APÉNDICE

APÊNDICE 1. Planta de localização.



APÊNDICE 2. Planta baixa dos modelos (medidas em cm).



APÊNDICE 3. Entalpia dos "Dias Críticos".

INVERNO 1992		VERÃO 1993	
DATA	ENTALPIA	DATA	ENTALPIA
	J/kg de ar seco		J/kg de ar seco
6 JUL	68,429	18 JAN	87,303
16 JUL	69,489	4 FEV	85,628
21 AGO	69,661	9 FEV	85,047
31 AGO	71,25	11 FEV	87,27
1 SET	76,333	16 FEV	81,97
2 SET	72,326	4 MAR	88,206
3 SET	70,033	5 MAR	88,648
4 SET	71,539	8 MAR	86,034
16 SET	69,312	24 MAR	85,777
18 SET	75,654	25 MAR	82,856

APÊNDICE 4. DADOS DE INVERNO (JUL/AGOS/SET, 1982)
 MODELO SEM LANTERNIM (MODELO SL)

DATA	8 HORAS		UMIDADE	T. GLOBO °C	ÍNDICE WD
	T. BULBO SECO °C	T. BULBO ÚMIDO °C			
6 JUL	20	15	56	19.4	65.75
16 JUL	19.5	15	72	18.8	65.075
21 AGO	20	16	57	19.2	66.2
31 AGO	23	17	52	22.4	70.7
1 SET	23	19	59	23.2	71.6
2 SET	22	18	66	21.6	69.8
3 SET	21.5	18.5	66	21.8	69.35
4 SET	23	19	67	23.2	71.6
16 SET	21.5	18	73	20.8	69.125
18 SET	21	18	66	20.2	68.45

11 HORAS

6 JUL	27	18	37	28.2	76.55
16 JUL	25.5	18.5	54	28	74.75
21 AGO	27	19	43	28.8	77
31 AGO	28.5	19	39	29	79.025
1 SET	27	20	50	27.8	77.45
2 SET	24	18.5	60	24	72.725
3 SET	27	20.5	50	27.2	77.675
4 SET	28.5	21	51	30	79.925
16 SET	25	19	54	25.6	74.3
18 SET	26.5	20.5	56	27	77

14 HORAS

6 JUL	31	20	36	33.2	82.85
16 JUL	30.5	20.5	37	33.2	82.4
21 AGO	28	20	45	27.4	78.8
31 AGO	29.5	19.5	36	28.8	80.6
1 SET	31	21.5	37	33.4	83.525
2 SET	25	18.5	54	25.4	74.075
3 SET	28	20	45	29.4	78.8
4 SET	29	21	45	29.8	80.6
16 SET	25	18.5	54	25.8	74.075
18 SET	30	21	37	31.6	81.95

17 HORAS

6 JUL	28.5	18	33	29.8	78.575
16 JUL	26.5	19.5	48	29.8	76.55
21 AGO	23	19	67	22.8	71.6
31 AGO	25	18.5	54	23.8	74.075
1 SET	26	20	55	24.4	76.1
2 SET	23	18	59	22.4	71.15
3 SET	27	19.5	50	26.6	77.225
4 SET	27.5	19	43	27	77.675
16 SET	24.5	19.5	68	24.6	73.85
18 SET	26.5	19	48	25	76.325

APÊNDICE 4 (CONT). DADOS DE INVERNO (JUL/AGOS/SET, 1992)
 MODELO LANTERNIM DUPLA ABERTURA (MODELO LAD)

65

DATA	8 HORAS		UMIDADE	T. GLOBO °C	ÍNDICE WD
	T. BULBO SECO °C	T. BULBO ÚMIDO °C			
6 JUL	20	15	56	19.4	65.75
16 JUL	19.5	15	72	18.8	65.075
21 AGO	20	16	57	19.2	66.2
31 AGO	23	17	52	22.4	70.7
1 SET	23	19	59	23.2	71.6
2 SET	22	18	66	21.6	69.8
3 SET	21.5	18.5	66	21.8	69.35
4 SET	23	19	67	23.2	71.6
16 SET	21.5	18	73	20.8	69.125
18 SET	21	18	66	20.2	68.45
11 HORAS					
6 JUL	27	18	37	28.2	76.55
16 JUL	25.5	18.5	54	28	74.75
21 AGO	27	19	43	28.8	77
31 AGO	28.5	19	39	29	79.025
1 SET	27	20	50	27.8	77.45
2 SET	24	18.5	60	24	72.725
3 SET	27	20.5	50	27.2	77.675
4 SET	28.5	21	51	30	79.925
16 SET	25	19	54	25.6	74.3
18 SET	26.5	20.5	56	27	77
14 HORAS					
6 JUL	31	20	36	33.2	82.85
16 JUL	30.5	20.5	37	33.2	82.4
21 AGO	28	20	45	27.4	78.8
31 AGO	29.5	19.5	36	28.8	80.6
1 SET	31	21.5	37	33.4	83.525
2 SET	25	18.5	54	25.4	74.075
3 SET	28	20	45	29.4	78.8
4 SET	28	21	45	29.8	80.6
16 SET	25	18.5	54	25.8	74.075
18 SET	30	21	37	31.6	81.95
17 HORAS					
6 JUL	28.5	18	33	29.8	78.575
16 JUL	26.5	19.5	48	29.8	76.55
21 AGO	23	19	67	22.8	71.6
31 AGO	25	18.5	54	23.8	74.075
1 SET	26	20	55	24.4	76.1
2 SET	23	18	59	22.4	71.15
3 SET	27	19.5	50	26.6	77.225
4 SET	27.5	19	43	27	77.675
16 SET	24.5	19.5	68	24.6	73.85
18 SET	26.5	19	48	25	76.325

APÊNDICE 4 (CONT). DADOS DE INVERNO (JUL/AGOS/SET, 1992)
 MODELO LANTERNIM ABERTURA SIMPLES (MODELO LAS)

DATA	8 HORAS		T. GLOBO °C	ÍNDICE WD
	T. BULBO SECO °C	T. BULBO UMIDO °C		
6 JUL	18	15	71	19
16 JUL	17	15	80	18.4
21 AGO	17	15	80	18.8
31 AGO	20.5	17	85	22.4
1 SET	21	19	82	22.6
2 SET	19	17.5	80	19.8
3 SET	19	18	90	21.6
4 SET	20	18.5	82	22.8
16 SET	19	18	90	21.4
18 SET	19	18	90	20.2

11 HORAS

6 JUL	24.5	19	71	19	73.625
16 JUL	23	18.5	67	27.8	71.375
21 AGO	24.5	19.5	60	28.4	73.85
31 AGO	26	19.5	54	28.6	75.875
1 SET	24	19.5	60	27.2	73.175
2 SET	21.5	18.5	73	22.4	69.35
3 SET	24.5	20	68	26	74.075
4 SET	25	20.5	68	29.4	74.975
16 SET	22	19	74	25.2	70.25
18 SET	23.5	20	75	26.2	72.725

14 HORAS

6 JUL	28	21	51	31.4	79.25
16 JUL	27.5	19.5	50	33.2	77.9
21 AGO	25	19.5	54	27	74.525
31 AGO	27	20	50	28.2	77.45
1 SET	28.5	21	51	32.4	79.925
2 SET	23	19	67	24.8	71.6
3 SET	24.5	20	68	26	74.075
4 SET	26	20	55	28.6	76.1
16 SET	23	19	67	24.8	71.6
18 SET	27.5	21	50	30.8	78.575

17 HORAS

6 JUL	26	21	62	28.6	76.55
16 JUL	23.5	19	67	28.6	72.275
21 AGO	20	19	82	22	67.55
31 AGO	22	18.5	74	23.6	70.025
1 SET	23	19.5	68	24	71.825
2 SET	21	18	73	22.2	68.45
3 SET	25	19.5	61	26.6	74.525
4 SET	25	19	61	26	74.3
16 SET	22	19.5	74	24.4	70.475
18 SET	23.5	19	67	24.6	72.275

APÊNDICE 5. DADOS DE VERÃO (JAN/FEV/MARÇO, 1993)
 MODELO SEM LANTERNIM (MODELO SL)

DATA	8 HORAS		UMIDADE	T. GLOBO °C	ÍNDICE WD
	T. BULBO SECO °C	T. BULBO ÚMIDO °C			
18 JAN	21	20	91	21.6	69.35
4 FEV	22	20	83	24.2	70.7
9 FEV	21	20	91	21.6	69.35
11 FEV	26	22	63	25.8	77
16 FEV	28	23	57	28.2	80.15
4 MAR	27.5	23	64	27.8	79.475
5 MAR	27.5	23	64	28	79.475
8 MAR	27.5	23	64	27.8	79.475
24 MAR	24	19	68	24.2	72.95
25 MAR	24	21	75	23.4	73.85

11 HORAS

18 JAN	23	21	75	24.6	72.5
4 FEV	29	23	53	28.8	81.5
9 FEV	26	22	69	24.2	77
11 FEV	31	24	54	33	84.65
16 FEV	30	24	59	30.2	83.3
4 MAR	33	25.5	50	33.6	88.025
5 MAR	32	25	55	33.8	86.45
8 MAR	34.5	24	40	34	89.375
24 MAR	32.5	24.5	55	31.4	86.9
25 MAR	30.5	24.5	59	32.2	84.2

14 HORAS

18 JAN	29	23	58	31.2	81.5
4 FEV	29	23	58	28.6	81.5
9 FEV	31	25	60	24.2	85.1
11 FEV	30.5	24	54	30.6	83.975
16 FEV	30	23.5	53	30.4	83.075
4 MAR	34.5	25	46	35.6	89.825
5 MAR	30	24	59	29.8	83.3
8 MAR	37	24.5	41	38.4	92.975
24 MAR	34.5	22.5	39	34	88.7
25 MAR	31.5	24.5	54	33.4	85.55

17 HORAS

18 JAN	23	20	75	23.8	72.05
4 FEV	26	23	70	24.6	77.45
9 FEV	26.5	19	48	25	76.325
11 FEV	23	20	75	23.8	72.05
16 FEV	26.5	19	48	25	76.325
4 MAR	28	23	64	28.4	80.15
5 MAR	28	23.5	64	28.8	80.375
8 MAR	25	22	64	28.4	75.65
24 MAR	32	21	37	31.2	84.65
25 MAR	29	18	33	29.8	79.25

APÊNDICE 5 (CONT.). DADOS DE VERÃO (JAN/FEV/MARÇO, 1993)
 MODELO LANTERNIM DUPLA ABERTURA (MODELO LAD)

DATA	8 HORAS		UMIDADE	T. GLOBO °C	ÍNDICE WD
	T. BULBO SECO °C	T. BULBO ÚMIDO °C			
18 JAN	21	19.5	82	21.6	69.125
4 FEV	21	20	82	23.2	69.35
9 FEV	21	19.5	82	21.6	69.125
11 FEV	23.5	21	83	25.2	73.175
16 FEV	25	22	69	27.2	75.65
4 MAR	25	22	76	27.6	75.65
5 MAR	25	22.5	76	27.6	75.875
8 MAR	25	22	76	27.6	75.65
24 MAR	21.5	18	66	23.2	69.125
25 MAR	21	20	91	22.4	69.35

11 HORAS

18 JAN	23	20	75	24.6	72.05
4 FEV	26	22	69	28.8	77
9 FEV	23	21.5	83	24.4	72.725
11 FEV	28	23	70	31.8	80.15
16 FEV	27	23	70	29.4	78.8
4 MAR	30	24.5	59	33.4	83.525
5 MAR	28.5	24	70	30.6	81.275
8 MAR	31	23	48	32.6	84.2
24 MAR	29	21	46	30.6	80.6
25 MAR	27.5	23.5	77	31.6	79.7

14 HORAS

18 JAN	29	23	59	30.2	81.5
4 FEV	26	22	69	26.6	77
9 FEV	27.5	24	76	30.8	79.925
11 FEV	27	23	70	29.4	78.8
16 FEV	27	22.5	63	29.6	78.575
4 MAR	31	23.5	48	34.2	84.425
5 MAR	25.5	23.5	69	28.6	77
8 MAR	33.5	23	40	37	87.575
24 MAR	31.5	21.5	37	33.6	84.2
25 MAR	28.5	23.5	64	32.4	81.05

17 HORAS

18 JAN	23	20	75	23.8	72.05
4 FEV	23	22	91	24	72.95
9 FEV	23.5	18.5	60	24.4	72.05
11 FEV	23	20	75	23.8	72.05
16 FEV	23.5	18.5	60	24.4	72.05
4 MAR	25	22	76	27.4	75.65
5 MAR	25.5	22.5	76	28	76.55
8 MAR	25	22	76	27.4	75.65
24 MAR	29	20	40	30.6	80.15
25 MAR	26	18	42	29	75.2

APÊNDICE 5 (CONT). DADOS DE VERÃO (JAN/FEV/MARÇO, 1993)
 MODELO LANTERNIM ABERTURA SIMPLES (MODELO LAS)

DATA	8 HORAS		UMIDADE	T. GLOBO °C	ÍNDICE WD
	T. BULBO SECO °C	T. BULBO ÚMIDO °C			
18 JAN	23	20	68	21.8	72.05
4 FEV	24	21	68	23.4	73.85
9 FEV	23	20	68	21.8	72.05
11 FEV	23.5	21.5	63	25.6	73.4
16 FEV	25.5	23	76	27.8	76.775
4 MAR	25	23	84	28	76.1
5 MAR	25	23	84	27.8	76.1
8 MAR	25	23	84	28	76.1
24 MAR	22	19	74	23.4	70.25
25 MAR	21	20	91	22.4	69.35

11 HORAS

18 JAN	25	21	62	24.8	75.2
4 FEV	27	22.5	69	29.2	78.575
9 FEV	23.5	21.5	83	24.6	73.4
11 FEV	28	24	70	31.8	80.6
16 FEV	27	24.5	77	29.4	79.475
4 MAR	30	27.5	78	33.6	84.875
5 MAR	29.5	26.5	76	33.2	83.75
8 MAR	32	25.5	61	32.8	86.675
24 MAR	30	21	46	30.8	81.95
25 MAR	27	23	76	30.2	78.8

14 HORAS

18 JAN	31	23	44	30.2	84.2
4 FEV	26	22	69	27.8	77
9 FEV	27.5	24	70	30.8	79.925
11 FEV	28	25	77	30	81.05
16 FEV	27.5	25	77	30	80.375
4 MAR	31	27	72	34.2	86
5 MAR	26	23.5	76	28.8	77.675
8 MAR	34	27	56	37	90.05
24 MAR	31.5	21	37	33.8	83.975
25 MAR	28.5	23.5	64	31.8	81.05

17 HORAS

18 JAN	25	20	55	24.2	74.75
4 FEV	23	22	91	24.4	72.95
9 FEV	23.5	19	67	24.6	72.275
11 FEV	25	20	55	24.2	74.75
16 FEV	23.5	19	67	24.6	72.275
4 MAR	25	23.5	84	27.8	76.325
5 MAR	26	23	84	28.4	77.45
8 MAR	25	23.5	84	27.8	76.325
24 MAR	29	20	40	31	80.15
25 MAR	26	18	42	29.2	75.2