

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**BEM-ESTAR DOS ANIMAIS E USO RACIONAL DE ENERGIA  
ELÉTRICA EM SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA  
LEITÕES DESMAMADOS**

**Juliana Sarubbi**

CAMPINAS  
JANEIRO DE 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**BEM-ESTAR DOS ANIMAIS E USO RACIONAL DE ENERGIA  
ELÉTRICA EM SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA  
LEITÕES DESMAMADOS**

Tese de doutorado submetida à banca examinadora para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de concentração de Construções Rurais e Ambiente.

**JULIANA SARUBBI**

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi**

**Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daniella Jorge de Moura**

CAMPINAS  
JANEIRO DE 2009

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

Sarubbi, Juliana  
Sa77b Bem-estar dos animais e uso racional de energia  
elétrica em sistemas de aquecimento para leitões  
desmamados / Juliana Sarubbi. --Campinas, SP: [s.n.],  
2009.

Orientadores: Luiz Antonio Rossi, Daniella Jorge de  
Moura.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Suino-Criação. 2. Conforto termico. 3. Leitão  
(Suino) - Desmame precoce. 4. Leitão (Suino) -  
Desempenho. I. Rossi, Luiz Antonio. II. Moura,  
Daniella Jorge de. III. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV.  
Título.

Título em Inglês: Animal welfare and energy saving in heating systems for  
weaned piglets

Palavras-chave em Inglês: Pig industry, Thermal comfort, Early weaning of  
piglets, Piglets behavior

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Marco Aurélio de Felício Porcionato, Celso Eduardo  
Lins de Oliveira, Maurício Perissinotto, Yamilia de  
Barrios Tolón

Data da defesa: 26/02/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Juliana Sarubbi**, aprovada pela Comissão Julgadora em 26 de fevereiro de 2009, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi – Presidente e Orientador  
Feagri/Unicamp



Prof. Dr. Marco Aurélio de Felício Porcionato – Membro Titular  
FMVZ/USP



Prof. Dr. Celso Eduardo Lins de Oliveira – Membro Titular  
FZEA/USP



Dr. Maurício Perissinotto – Membro Titular  
Cati



Dr.ª Yamilia de Barrios Tolón - Membro Titular  
Feagri/Unicamp

## DEDICATÓRIA

*Ao meu marido Rafael*

*Aos meus pais e irmãos: Mãe, Pai, Fe e Su - fonte de amor e incentivo.*

*A vocês, toda a minha gratidão.*

*Àqueles que verdadeiramente trabalham pelo bem-estar dos animais e não para satisfazer seus próprios egos.*

*A vocês, todo o meu respeito.*

*Aos suínos - razão de todo o meu esforço.*

*A diferença entre envolvimento e comprometimento é como um café com ovos e presunto: a galinha foi envolvida e o porco foi comprometido.*

Adaptado de Martina Navratilova

*Por que não, pelo menos, se envolver por ele?*

## AGRADECIMENTOS

*Como não poderia deixar de ser, tenho muitas pessoas às quais devo agradecer. Este trabalho contou com a ajuda profissional e moral de muitas pessoas! Assim, na esperança de não me esquecer de ninguém, faço meus agradecimentos.*

*Primeiramente, ao inventor do silver tape, sem o qual esta tese certamente não seria possível.*

*Ao meu marido, Rafael Augustus de Oliveira, pela paciência, amor, compreensão... Ao Engenheiro Agrícola Rafael Augustus de Oliveira, sem o qual este trabalho não seria concretizado.*

*Ao meu orientador, por me agüentar por tanto tempo (mesmo nos momentos de altíssimos níveis de cortisol) e mesmo assim continuar com paciência! Pelos ensinamentos de engenharia e, principalmente, sobre a vida!*

*E quando o mundo parece estar contra você, quando tudo está tão difícil de entender, quando parece que não vai dar mais: eis que surge a Super Dani! Querida co-orientadora, você não faz idéia da importância que você teve em todo o meu processo de aprendizagem... Obrigada por acreditar em mim!*

*Ao meu pai, pelas férias roubadas, pelos pingos de solda nos braços, pelos serviços de marcenaria, pelas mordidas de leitões nos dedos, pelas soluções à la Professor Pardal, pelos sábados de Santa Efigênia, pelos serviços de motorista... À minha mãe pelo apoio psicológico, pelos serviços de hotel da equipe, pelos serviços de secretária e escriturária, pelas vias sacras pelas lojas de materiais de construção... Sem vocês tudo teria sido tão mais difícil! Obrigada por tudo e por serem meus maiores fãs e exemplos!*

*Ao Fe, pelas horas de consultoria, pelas broncas, discursos de incentivo e por acender a luz toda vez que o caminho parecia escuro demais!*

*Ao vovô, melhor soldador do país e melhor vô do mundo!*

*Aos meus irmãos de laboratório: Du (e a Marli?!), Paulinho (Aeeeeehhh!!!), Edson (pessoa incrível!), Nina (Piu!) e Iânglio (Against the dark side of the force!). Obrigada pelo apoio técnico, por compreender que o doutorado é um instrumento poderosíssimo de alterações de humor e, mesmo assim, continuarem incondicionalmente do meu lado!*

*Aos alunos Marcus, Shima e Caio pelo auxílio nos testes e aos estagiários Carolina Morano e Heverton Moreira pela ajuda com os porquinhos e companhia nas costumeiras horas de solidão.*

*Aos tios Fernando e Ovídio e ao primo João Leonardo, por permitirem todas as minhas estripulias na granja (e, mais ainda, colaborarem com elas)!*

*Ao Mateus, grande mestre, que, apesar das minhas bagunças na granja, sempre acreditou no meu trabalho e me incentivou!*

*Ao Engenheiro e amigo Angel Pontin Garcia, pelo apoio técnico e amizade!*

*Às doutoras Marcia Carvalho Garcia e Regina Célia Spadari-Bratfisch e à Débora, do Instituto de Biologia, pelo profissionalismo, carinho e confiança.*

*Ao Prof. Adroaldo José Zanella, pelo incentivo e orientações.*

*Aos funcionários Pedro, Zé Maria, Gisleiva e Flávia, Sidnei, Clemilton, Aninha, Marta, Alexandre, Socorro, Rosângela.*

*Ao Prof Beraldo pelos ensinamentos técnicos.*

*Às amigas Lilia Sonoda, Meiri Gil, Carol Dinten, por me mostrarem sempre o melhor caminho a seguir, minha profunda gratidão!*

*À minha irmã do coração Rana Rached, pessoa de fundamental importância na minha vida. Obrigada por sempre me incentivar, orientar, aconselhar... Obrigada por sua amizade.*

*Às meninas MTCX: Ta, Fer, Juzinha e Josi e ao grande amigo Zezito. Obrigada por entenderem minhas ausências e por me ensinarem que a amizade é capaz de superar obstáculos enormes!*

*Ao Krigor, Treks, Schummy, desculpem-me pela minha ausência e por ter passado um tempão sem dar a atenção que vocês merecem... amo vocês!*

*Aos demais colegas, amigos e familiares que colaboraram, direta ou indiretamente nesta tese e no meu desenvolvimento pessoal e profissional: Karla e Thayla, Prof Kil, Prof Mauro, Prof Funes, Prof Inácio... Cecília e Erick, Gabi e Marinitchas, Michele, Carmel, Anna Letícia, Vânia, Conan, R(rrrrrr)ojane, Rosa Helena, Profa Ju Tófano, Prof Ueliton, Marcelo estatístico, Picachu e Douglas...*

*Obrigada, meu Deus, por guiar meus passos!*

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMO .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
<b>I INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
1.1.1 <i>Novas barreiras comerciais para a suinocultura</i> .....	3
1.1.1.1 Sustentabilidade na suinocultura .....	4
1.1.1.2 Bem-estar dos animais na suinocultura .....	5
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.3 JUSTIFICATIVAS .....	9
1.4 ESTRUTURA DA TESE.....	10
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
<b>II DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS</b>	<b>14</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	14
2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.2.1 <i>Sistemas de aquecimento na suinocultura</i> .....	15
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.3.1 <i>Locais e instalações de teste</i> .....	16
2.4 PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO.....	20
2.4.1 <i>Sistema de aquecimento por meio de resistências elétricas suspensas – TR</i> .....	20
2.4.2 <i>Sistema de aquecimento por meio de piso aquecido – TP</i> .....	22
2.4.3 <i>Sistema de aquecimento por meio do aquecimento do ar -TA</i> .....	30
2.4.4 <i>Comparação entre as tecnologias</i> .....	36
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
2.5.1 <i>Sistema TR – Resistências elétricas</i> .....	38
2.5.2 <i>Sistema TP – Piso aquecido</i> .....	39
2.5.3 <i>Sistema TAES - Ar insuflado aquecido por energia elétrica ou energia solar</i> .....	42
2.5.4 <i>Sistema TAE – Ar insuflado aquecido por energia elétrica</i> .....	45
2.5.5 <i>Comparação entre as tecnologias</i> .....	46
2.5.6 <i>Considerações sobre custos das tecnologias</i> .....	49
2.6 CONSIDERAÇÕES PARA APERFEIÇOAMENTO DOS SISTEMAS .....	49

2.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
<b>III UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EM DIFERENTES SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS .....</b>		
		<b>52</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	52
3.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	53
3.2.1	<i>Uso de energia elétrica na suinocultura.....</i>	53
3.2.2	<i>Uso racional de energia elétrica na suinocultura.....</i>	55
3.2.3	<i>Utilização da energia solar para aumento da sustentabilidade.....</i>	57
3.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3.3.1	<i>Local.....</i>	62
3.3.2	<i>Faixa de temperatura ambiente utilizada.....</i>	62
3.3.3	<i>Instalações utilizadas.....</i>	62
3.3.4	<i>Descrição das tecnologias e tratamentos.....</i>	63
3.3.5	<i>Parâmetros sobre utilização de energia elétrica.....</i>	64
3.3.6	<i>Parâmetro produtivo – Ganho de peso total do lote.....</i>	64
3.3.7	<i>Parâmetro de eficiência energética do tratamento – Consumo específico.....</i>	65
3.3.8	<i>Considerações sobre as análises.....</i>	65
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
3.4.1	<i>Utilização de energia elétrica pelos sistemas.....</i>	66
3.4.2	<i>Peso vivo dos suínos para cálculo de consumo específico.....</i>	72
3.4.3	<i>Consumo específico - Ces.....</i>	72
3.5	CONCLUSÕES .....	74
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
<b>IV SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS: RESPOSTAS DO AMBIENTE .....</b>		
		<b>78</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	78
4.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	79
4.2.1	<i>O ambiente e o bem-estar do animal.....</i>	79
4.2.2	<i>Relação entre as variáveis climáticas através de índices.....</i>	79
4.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	80
4.3.1	<i>Local.....</i>	80
4.3.2	<i>Faixa de temperatura ambiente utilizada.....</i>	81
4.3.3	<i>Instalações utilizadas.....</i>	81
4.3.4	<i>Descrição das tecnologias e tratamentos.....</i>	82
4.3.5	<i>Respostas do ambiente às tecnologias.....</i>	83
4.3.5.1	<i>Variáveis climáticas.....</i>	83
4.3.5.2	<i>Parâmetros bioclimáticos.....</i>	84

4.3.5.3	Qualidade do ar: Gases .....	85
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
4.4.1	<i>Variáveis climáticas</i> .....	86
4.4.2	<i>Variáveis bioclimáticas</i> .....	100
4.4.3	<i>Qualidade do ar: gases</i> .....	103
4.5	CONCLUSÕES .....	105
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	106
<b>V</b>	<b>SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS: RESPOSTAS DOS ANIMAIS .....</b>	<b>109</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	109
5.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	109
5.2.1	<i>Bem-estar do suíno</i> .....	109
5.2.2	<i>O bem-estar e a saúde do animal</i> .....	114
5.2.3	<i>O bem-estar e o desempenho do animal</i> .....	114
5.2.4	<i>O conforto térmico do suíno</i> .....	115
5.2.5	<i>Bem-estar do suíno de creche</i> .....	119
5.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	119
5.3.1	<i>Local</i> .....	119
5.3.2	<i>Leitões e manejo</i> .....	120
5.3.3	<i>Faixa de temperatura ambiente utilizada</i> .....	121
5.3.4	<i>Instalações utilizadas</i> .....	121
5.3.5	<i>Considerações gerais sobre as análises observacionais</i> .....	121
5.3.6	<i>Descrição das tecnologias e tratamentos</i> .....	123
5.3.7	<i>Respostas dos animais às tecnologias</i> .....	124
5.3.7.1	Parâmetros produtivos.....	125
5.3.7.2	Parâmetros fisiológicos .....	126
5.3.7.3	Parâmetros comportamentais.....	128
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	131
5.4.1	<i>Respostas dos animais às tecnologias</i> .....	132
5.4.1.1	Respostas produtivas .....	132
5.4.1.2	Respostas fisiológicas.....	135
5.4.1.3	Respostas comportamentais.....	143
5.5	CONCLUSÕES .....	175
5.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	177
<b>VI</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>182</b>
6.1	CONCLUSÕES ENCONTRADAS NO TRABALHO .....	182
6.2	CONCLUSÕES SOBRE O MELHOR SISTEMA DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES EM CRECHE.....	184



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.3-1: Esquema da distribuição das baias e dos tratamentos (tecnologias) nas salas.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.4-1: Desenho esquemático do tratamento TR. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2.4-2: Desenho esquemático do tratamento TRL. ....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2.4-3: Esquema de ligação das placas aquecidas para formação do piso.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.4-4: Sistema de confecção dos pisos de aquecimento - Laboratório de Materiais e Estruturas da Faculdade de Engenharia Agrícola. ....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.4-5: Display do controlador do piso aquecido.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.4-6: Sensor de temperatura utilizado no interior das placas para a atuação do controlador. ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.4-7: Controlador de temperatura do piso – Tratamento TP. ....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2.4-8: Desenho esquemático do tratamento TP. ....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.4-9: Esquema do tratamento TA.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.4-10: Intercambiador comercial utilizado.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.4-11: Arquitetura do sistema de aquecimento do ar. ....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.4-12: Esquema inicial da planta de aquecimento solar, dos sensores e atuadores do sistema de controle.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2.4-13: Bancada de teste do sistema de controle desenvolvido.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2.5-1: Sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas, instalado na baia. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.5-2: Piso aquecido instalado na creche. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2.5-3: Sistema de aquecimento do ar por convecção com energia solar ou elétrica. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 2.5-4: Tubulação de distribuição do ar quente do interior da sala.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 2.5-5: Tubulação de captação do ar quente no interior da sala. ....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 2.5-6: Sistema de captação e armazenamento de energia solar: Reservatório de água quente, coletores solares e bomba para circulação forçada. ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 2.5-7: Termostato para acionamento de TAE, indicando temperatura no interior da sala. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.2-1: Participação da energia elétrica (e combustíveis) no custo de produção total do suíno, nos estados brasileiros, em novembro de 2008. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 3.2-2: Partes constituintes de um coletor solar (fluxo sobre a placa coletora). ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 3.2-3: Formas de transferência de calor em um coletor solar com leito armazenador para aquecimento de ar.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 3.4-1: Consumo médio diário de energia elétrica nas análises 3 e 4.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3.4-2: Demanda máxima registrada para cada tratamento, nas análises 3 e 4.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 3.4-3: Fator de potência médio de TA, nas análises 3 e 4. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3.4-4: Comportamento de funcionamento de TR, em função da temperatura.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 3.4-5: Comportamento de funcionamento de TP, em função da temperatura.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 3.4-6: Comportamento de funcionamento de TA, em função da temperatura.....</i>	<i>71</i>

<i>Figura 4.3-1: Parâmetros avaliados para verificação das respostas do ambiente e dos animais às tecnologias.</i>	83
<i>Figura 4.3-2: Esquema ilustrativo dos pontos de coleta de gases.</i>	85
<i>Figura 4.4-1: Distribuição da temperatura ao longo do período estudado na análise de interferência, para os tratamentos TR, TSA2, TSA3 e Text.</i>	88
<i>Figura 4.4-2: Distribuição da temperatura ao longo da análise 1, para os tratamentos TR, TRL e Text.</i>	91
<i>Figura 4.4-3: Distribuição da temperatura ao longo da análise 2, para os tratamentos TR, TSA2, TAE e Text.</i>	94
<i>Figura 4.4-4: Distribuição da temperatura ao longo da análise 3.</i>	97
<i>Figura 4.4-5: Distribuição da temperatura ao longo da análise 4.</i>	99
<i>Figura 4.4-6: Representação esquemática da concentração de amônia em cada quadrante.</i>	104
<i>Figura 4.4-7: Comportamento da média da concentração de amônia nos 3 tratamentos estudados, em diversos horários e alturas.</i>	105
<i>Figura 5.2-1: Esquema de ação dos fatores estressores e provável resposta do animal em caso de estresse prolongado.</i>	111
<i>Figura 5.3-1: Parâmetros avaliados para verificação das respostas dos animais às tecnologias.</i>	125
<i>Figura 5.4-1: Distribuição gráfica da concentração salivar diária de cortisol dos leitões suínos (Linha 1=TR, Linha 2=TP, Linha 3=TA).</i>	140
<i>Figura 5.4-2: Área sob a curva do cortisol de amostras de saliva dos leitões (1=TR, 2=TP, 3=TA).</i>	140
<i>Figura 5.4-3: Condições de limpeza das placas aquecidas (à esquerda) e não aquecidas (à direita) após estabelecimento dos locais de defecação pelos leitões.</i>	143
<i>Figura 5.4-4: Comportamento dos leitões sobre o piso não aquecido.</i>	144
<i>Figura 5.4-5: Média do número de leitões no campo de observação, durante a análise 3.</i>	145
<i>Figura 5.4-6: Média do número de leitões no campo de observação, durante a análise 4.</i>	145
<i>Figura 5.4-7: Distribuição dos leitões, durante períodos de descanso em TP.</i>	146
<i>Figura 5.4-8: Distribuição dos leitões, durante períodos de descanso em TR.</i>	147
<i>Figura 5.4-9: Distribuição dos leitões, durante períodos de descanso em TA.</i>	148
<i>Figura 5.4-10: Comportamento padrão dos leitões, perante um estímulo, nos primeiros dias pós-desmame.</i>	149
<i>Figura 5.4-11: Porcentagem média horária de leitões deitados, durante a análise 3.</i>	150
<i>Figura 5.4-12: Porcentagem média horária de leitões deitados, durante a análise 4.</i>	151
<i>Figura 5.4-13: Nível de atividade dos leitões (média horária), durante a análise 3.</i>	152
<i>Figura 5.4-14: Nível de atividade dos leitões (média horária), durante a análise 4.</i>	152
<i>Figura 5.4-15: Número de visitas ao comedouro (média horária) durante análise 3.</i>	154
<i>Figura 5.4-16: Número de visitas ao comedouro (média horária) durante análise 4.</i>	154
<i>Figura 5.4-17: Total de visitas ao comedouro durante análise 3.</i>	155
<i>Figura 5.4-18: Total de visitas ao comedouro durante análise 4.</i>	156
<i>Figura 5.4-19: Número de visitas ao bebedouro (média horária) durante análise 3.</i>	157
<i>Figura 5.4-20: Número de visitas ao bebedouro (média horária) durante análise 4.</i>	157
<i>Figura 5.4-21: Total de visitas ao bebedouro durante análise 3.</i>	158
<i>Figura 5.4-22: Total de visitas ao bebedouro durante análise 4.</i>	158

<i>Figura 5.4-23: Número de episódios de luta (média horária) durante a análise 3.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 5.4-24: Número de episódios de luta (média horária) durante a análise 4.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 5.4-25: Total de episódios de luta contabilizados durante análise 3. ....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 5.4-26: Total de episódios de luta contabilizados durante análise 4. ....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 5.4-27: Número de leitões envolvidos em lutas durante análise 3. ....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 5.4-28: Número de leitões envolvidos em lutas durante análise 4. ....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 5.4-29: Número de leitões envolvidos em episódios de fuga e perseguição, durante análise 3. ....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 5.4-30: Número de leitões envolvidos em episódios de fuga e perseguição, durante análise 4. ....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 5.4-31: Número de leitões que manifestaram comportamento lúdico de corrida, durante análise 3.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 5.4-32: Número de leitões que manifestaram comportamento lúdico de corrida, durante análise 4.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 5.4-33: Número de leitões com comportamento dessincronizado (média horária) durante análise 3.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 5.4-34: Número de leitões com comportamento dessincronizado (média horária) durante análise 4.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 5.4-35: Total de leitões com comportamento dessincronizado durante análise 3.....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 5.4-36: Total de leitões com comportamento dessincronizado durante análise 4.....</i>	<i>170</i>
<i>Figura 5.4-37: Número médio de horas de sono dos leitões, nas análises 3 e 4.....</i>	<i>171</i>
<i>Figura 5.4-38: Porcentagem de melhoria do escore de lesão na análise 2. ....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 5.4-39: Porcentagem de melhoria do escore de lesão.....</i>	<i>174</i>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.3-1: Características das salas estudadas.</i> .....	19
<i>Tabela 3.4-1: Consumo total de energia elétrica pelos tratamentos, em 2 semanas de uso, durante as análises 3 e 4.</i> .....	66
<i>Tabela 3.4-2: Demanda máxima registrada pelos tratamentos, durante as análises 3 e 4.</i> .....	67
<i>Tabela 3.4-3: Fator de potência médio de TA, durante as análises 3 e 4.</i> .....	69
<i>Tabela 3.4-4: Ganho de peso total do lote, em kg de peso vivo, submetidos às análises 3 e 4.</i> .....	72
<i>Tabela 3.4-5: Consumo específico dos tratamentos, em kWh/kg de peso vivo de suíno produzido, nas análises 3 e 4.</i> .....	73
<i>Tabela 3.4-6: Quantidade de energia consumida para o aumento de 1°C na instalação.</i> .....	74
<i>Tabela 4.4-1: Médias das variáveis climáticas e valores de amplitudes térmicas e de umidade para os tratamentos, ao longo da análise de interferência.</i> .....	86
<i>Tabela 4.4-2: Médias das variáveis climáticas e valores de amplitudes térmicas e de umidade para os tratamentos, ao longo da análise 1.</i> .....	90
<i>Tabela 4.4-3: Médias das temperaturas de bulbo seco e valores de amplitudes térmicas e de umidade para os tratamentos, ao longo da análise 2.</i> .....	93
<i>Tabela 4.4-4: Médias das variáveis climáticas e valores de amplitudes térmicas e de umidade ao longo da análise observacional 3.</i> .....	95
<i>Tabela 4.4-5: Médias das variáveis climáticas e amplitudes térmicas e de umidade ao longo da análise 4.</i> .....	97
<i>Tabela 4.4-6: Valores médios de ITU para o período da análise de interferência.</i> .....	101
<i>Tabela 4.4-7: Valores médios de ITU para o período da análise 1.</i> .....	102
<i>Tabela 4.4-8: Valores médios de ITU para o período das análises 3 e 4.</i> .....	102
<i>Tabela 4.4-9: Média da concentração de amônia encontrada nos quadrantes, durante a análise 3.</i> .....	103
<i>Tabela 5.2-1: Condições térmicas ótimas propostas pela literatura para suínos em creche.</i> .....	116
<i>Tabela 5.4-1: Peso médio, em kg, antes e depois da análise observacional 2.</i> .....	132
<i>Tabela 5.4-2: Peso médio, em kg, antes e depois da análise observacional 3.</i> .....	133
<i>Tabela 5.4-3: Peso médio, em kg, antes e depois da análise observacional 4.</i> .....	134
<i>Tabela 5.4-4: Taxas de mortalidade apresentadas durante a análise 4.</i> .....	135
<i>Tabela 5.4-5: Médias de temperatura superficial de flanco para análise de interferência.</i> .....	135
<i>Tabela 5.4-6: Médias de temperatura superficial de flanco para análise 1.</i> .....	136
<i>Tabela 5.4-7: Média das temperaturas superficiais de flanco, durante a análise 2.</i> .....	136
<i>Tabela 5.4-8: Médias de temperatura superficial de flanco durante análises observacionais 3 e 4.</i> .....	137
<i>Tabela 5.4-9: Concentração salivar de cortisol de suínos (<math>\mu\text{g/dL}</math>), com 28 dias, submetidos a três diferentes sistemas de aquecimento.</i> .....	139
<i>Tabela 5.4-10: Horário de dormir e de acordar dos leitões nas análises 3 e 4.</i> .....	171
<i>Tabela 5.4-11: Comportamento anormais visualizados nas análises 3 e 4.</i> .....	172

*Tabela 6.2-1: Comparação entre os sistemas atuais quanto aos aspectos de implantação e operação, uso de energia elétrica, respostas do ambiente e dos animais. .... 186*

## LISTA DE ABREVIATURAS

TR	- Tecnologia de aquecimento por resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente, a 1m do piso
TP	- Tecnologia de piso aquecido
TA	- Tecnologia de aquecimento do ar
TAE	- Tecnologia de aquecimento do ar com energia elétrica
TAES	- Tecnologia de aquecimento do ar com energia solar
TSA2	- Baia sem aquecimento, localizada na mesma sala que TR
TSA3	- Baia sem aquecimento, localizada em sala diferente de TR
TRL	- Tecnologia de aquecimento por resistências elétricas suspensas, distribuídas linearmente a 1m do piso
GLOBALGAP	- Antigo EUREPGAP
EUREP	- <i>European Retailers Produce Working Group</i>
GAP	- <i>Good Agricultural Practices</i>
HFAC	- <i>Humane Farm Animal Care</i>
CEE	- Comunidade Econômica Européia
USDA	- United States Department of Agriculture
T1, T2 e T3	- Baias de posicionamento dos leitões
CLP	- Controlador Lógico Programável
CONAB	- Companhia Nacional de Abastecimento
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
Ces	- Consumo específico
CSC	- Concentração salivar de cortisol
ASC	- Área sob a curva

## RESUMO

Para que os mecanismos que visam promover condições de bem-estar aos suínos possam ser utilizados, é necessário que se desenvolvam pesquisas para reduzir seus custos e aumentar sua praticidade, possibilitando a sustentabilidade do processo. O aquecimento de leitões em fase de creche e maternidade pode ser trabalhado no sentido de viabilizar a eficiência do uso da energia elétrica sem, no entanto, prejudicar o bem-estar dos suínos. Por meio deste trabalho, objetivou-se comparar três tecnologias de aquecimento para leitões a partir de três semanas de idade, em fase de creche, com relação ao uso de energia elétrica, condições de bem-estar e desempenho dos animais. Estudaram-se três tecnologias de aquecimento: TR – resistências elétricas suspensas, TP – piso aquecido e TA – aquecimento por convecção. O sistema de aquecimento por pisos foi melhor sob o aspecto de uso de energia elétrica. O sistema de aquecimento por resistências elétricas foi o melhor com relação ao atendimento das necessidades térmicas dos animais e o sistema de aquecimento por convecção foi o melhor considerando a resposta produtiva, comportamental e fisiológica dos animais. De maneira geral, atribuindo-se pesos aos aspectos analisados (implantação e operação, uso de energia elétrica, respostas do ambiente e respostas dos animais), o sistema de aquecimento por resistências suspensas foi o melhor. Porém, sugerem-se testes para aprimoramento das tecnologias com a utilização de sistemas híbridos.

**Palavras-chave:** suinocultura, conforto térmico, creche, racionalização de energia elétrica, energia solar, comportamento de leitões.

## ABSTRACT

In order to the mechanisms which promote the welfare in pig production can be used, it is necessary to develop research works to lower their costs and increase their practicality, enabling the sustainability of the process. Heating of piglets in nursery and maternity phases may be improved to raise energy savings, without undermining the welfare of animals. This research work aimed to compare three of heating technologies for piglets of three weeks aged, nursery phase, in relation to electrical energy use, welfare conditions and animal performance. The studied heating technologies were: TR - suspended electrical resistors, TP - heated floor and TA – heating by convection. The heated floor system was better under the aspect of electrical energy use. The electrical resistance heating system was the best regarding to the animals environmental needs, and convection heating system was the best considering the productive, behavior and physiological animal responses. Considering installation and operation, electrical energy use, environmental and animal welfare aspects, the heating system by suspended resistors was the best. However, more tests are suggested in order to improve TA and hybrid systems use.

**Keywords:** pig industry, thermal comfort, pig nursery, energy saving, solar energy, piglets behavior

# I INTRODUÇÃO

Os índices da suinocultura brasileira são comparáveis aos índices de países desenvolvidos. O baixo custo de produção (apesar de não haver subsídios agropecuários governamentais) e a grande área do país, entre outros fatores, fazem do Brasil um país interessante para esta cultura. Apesar do baixo custo de produção, a margem de lucro do suinocultor não é alta e, neste sentido, todos os esforços que se voltem para o aumento da produtividade e redução dos custos de produção são de grande valia.

A suinocultura trabalha continuamente na busca de melhores índices zootécnicos. Para tanto, investe cada vez mais em genética, sanidade, manejo e nutrição, pois é sabido que estes fatores encontram-se interligados e são responsáveis pelo bom desempenho do suíno. Outro fator, que influencia todos estes, é o ambiente. Sem um ambiente adequado o animal é incapaz de demonstrar seu máximo potencial genético, de manter sua higidez e de nutrir-se de forma adequada. Esta observação é válida, tanto do ponto de vista de consumo, como de aproveitamento do alimento, uma vez que a energia consumida é desviada para a manutenção de sua temperatura corporal.

O ambiente inadequado ao animal é também potencialmente estressante, causando diversos transtornos metabólicos.

Para Fraser e Broom (1990) o bem-estar animal está relacionado ao estado do animal no que se refere às tentativas para lidar com o ambiente no qual está inserido.

Os fatores ambientais, tais como climáticos (temperatura ambiente, umidade, ventos etc.) ruídos, gases, iluminação e outros, fazem com que os animais respondam com redução dos índices produtivos em virtude da alteração de sua alostasia ou homeostasia (equilíbrio do ambiente interno) e, conseqüentemente, prejuízo ao seu bem-estar.

O bem-estar animal é uma questão muito considerada pelo consumidor moderno. Esta condição passa a ser um enfoque de qualidade do produto. Proporcionar melhoria nas condições de bem-estar ao animal é ainda mais importante quando se considera o advento da rastreabilidade da cadeia produtiva. O conceito de rastreabilidade da produção vem sendo cada vez mais incutido na mentalidade do produtor e do consumidor, além de ser exigência do

mercado internacional. Através deste mecanismo, o consumidor toma conhecimento dos procedimentos de criação.

Juntamente com as questões de segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado como um grande desafio nos últimos tempos. As pessoas desejam consumir carne com qualidade ética.

A busca do atendimento aos desejos do consumidor passa a ser imprescindível e as dificuldades são crescentes, uma vez que o mercado encontra-se cada vez mais exigente. Para atingir este objetivo é importante seguir normas já estabelecidas, como por exemplo, as do protocolo GLOBALGAP (antigo EUREPGAP), que foram criadas para o atendimento dos anseios do consumidor. Todas as alterações a serem feitas neste sentido, não devem prejudicar a produtividade dos sistemas de produção.

Há diversas maneiras de se trabalhar em prol do bem-estar dos animais e do aumento da produtividade. No entanto, algumas medidas envolvem custos de instalação, operação e manutenção, não são muito práticas e exigem treinamentos.

A utilização de equipamentos de climatização, por exemplo, é feita, geralmente, de maneira inadequada. Os equipamentos não passam por manutenções freqüentes e são utilizados sem o conhecimento adequado de seu funcionamento, bem como sem o conhecimento das necessidades reais dos animais. A falta de treinamento dos trabalhadores ligados à produção é também grande responsável pela baixa eficiência da utilização.

Em geral, as condições de utilização de energia elétrica no meio rural são bastante precárias, o que pode contribuir para maior consumo desta energia, e de outras indiretamente, e mau uso dos equipamentos. Quando isto ocorre, pode prejudicar o bem-estar e à saúde dos animais e, conseqüentemente, o seu desempenho.

A energia elétrica é um fator a ser considerado no preço final do suíno. Com o incremento dos sistemas de climatização, visando o bem-estar do animal e maior produtividade, houve um aumento no consumo desta energia. Há necessidade de se estudar se o aumento no consumo final da granja é compensatório ou viável economicamente, ao considerarmos o aumento da produtividade.

Para que os mecanismos que visam promover o bem-estar de suínos possam ser utilizados, é necessário que se desenvolvam pesquisas que mirem na redução de seus custos e no aumento da sua praticidade, possibilitando a sustentabilidade do processo.

O aquecimento de leitões em fase de creche e maternidade, por exemplo, é um setor da granja que demanda grande consumo de energia elétrica. Assim, pode ser trabalhado no sentido de viabilizar a eficiência do uso da energia elétrica sem, no entanto, prejudicar o bem-estar dos suínos.

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de demonstrar que é possível fornecer aquecimento aos leitões de creche com baixo consumo de energia elétrica, com melhoria das condições de bem-estar e desempenho dos animais.

## **1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### ***1.1.1 Novas barreiras comerciais para a suinocultura***

Concernente à carne suína, na Europa, grande mercado produtor e consumidor, os produtos de origem animal oriundos de fazendas que lhes garantam boas condições de criação dos animais, têm presença privilegiada nas prateleiras dos supermercados, uma vez que conquistaram a preferência dos consumidores mais conscientizados, tornando-se uma tendência mundial. As barreiras impostas para exportação de carne suína, até há pouco tempo, eram de ordem basicamente sanitária. Porém, as exigências de mercado no cenário mundial mostram uma outra configuração na produção animal, baseada no bem-estar dos animais, na proteção ao meio ambiente e na legislação trabalhista. (SAMPAIO, 2004).

Sob este aspecto, há a necessidade de se praticar o conceito de sustentabilidade, inclusive em ambiente agropecuário, visando atender aos mercados consumidores. Também é imperativo atender aos anseios do consumidor para que a atividade continue sustentável.

### 1.1.1.1 Sustentabilidade na suinocultura

Sustentabilidade é proveniente do latim *sustentare*. No Minidicionário Melhoramentos da Língua Portuguesa (1997), sustentar significa equilibrar-se, não cair, manter-se à altura de. Desta forma, sustentável é tudo que é capaz de ser suportado, mantido.

No entanto, de acordo com Rattner (1999), não há um consenso com relação ao real conceito de sustentabilidade.

A falta de precisão deste conceito evidencia a ausência de um quadro de referência teórico capaz de relacionar sistematicamente as contribuições que este trabalho pode oferecer neste sentido. Ou seja, não é possível saber exatamente qual a exata contribuição que este trabalho pode oferecer para o exercício da sustentabilidade na suinocultura.

Porém, os sistemas de produção têm seguido um novo padrão, não desprezado pelo setor agropecuário. Busca-se que as atividades sejam ecologicamente corretas, socialmente justas, economicamente viáveis e que respeitem todas as formas de vida e que, por isso, de acordo com alguns conceitos, sejam sustentáveis.

De acordo com o glossário do Catálogo Sustentável, criado pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade (2008), da Fundação Getúlio Vargas (FGV), sustentabilidade é desenvolvimento econômico baseado no equilíbrio entre as dimensões ecológica, social e econômica. Esta abordagem do setor privado em relação ao desenvolvimento traz uma importante contribuição social ao mesmo tempo em que se cria valor para acionistas. Pressupõe a redução ou otimização do uso de recursos naturais, a minimização de impactos sobre o meio ambiente e a sociedade no decorrer do ciclo de vida de produtos e processos produtivos, além da melhoria da qualidade de vida de todos os seres.

Há um apelo de que medidas sustentáveis podem aumentar a competitividade da carne suína (MIELE e KUNZ, 2008).

Na suinocultura, esta busca não se dá apenas pela necessidade ao atendimento das necessidades do consumidor e da criação de uma imagem politicamente correta do produto. Dá-se também em virtude do sentimento de uma possibilidade de colapso do sistema de produção, caso a evolução produtiva continue a seguir por estes meandros.

Este sentimento não é infundado. Situações como a intensa degradação ambiental decorrente da criação de suínos em Santa Catarina (SEGANFREDO et al. 2003), as constantes oscilações do preço de venda do suíno e do valor dos principais grãos para a alimentação dos animais (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA/APTA/SAA-SP, 2008), o nível de satisfação dos trabalhadores da suinocultura (SARUBBI et al, 2005) são apenas alguns dos problemas pelos quais passam os produtores de suínos.

Como condutas ligadas à sustentabilidade na suinocultura inferem-se, por exemplo, o uso racional de recursos, utilização de equipamentos viáveis economicamente e de tecnologias de proteção ao meio ambiente, além de preocupações com o bem-estar dos animais entre outros.

Com relação à inclusão do bem-estar na sustentabilidade, a relação entre os dois conceitos está tanto na preocupação em respeitar todas as formas de vida, quanto na concepção de um produto com valor agregado e na manutenção de um animal que tenha qualidade de vida para que possa se manter produtivo (relação não necessariamente verdadeira, fato que será discutido adiante).

#### **1.1.1.2 Bem-estar dos animais na suinocultura**

O bem-estar animal é um assunto que envolve muitas disciplinas da ciência animal. Segundo Broom e Molento (2004), bem-estar é um termo de uso corrente em várias situações e seu significado geralmente não é preciso. Bem-estar deve ser definido de forma que permita pronta relação com outros conceitos, tais como: necessidades, liberdades, felicidade, adaptação, controle, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde.

De acordo com Broom e Molento (2004), a lógica da economia pecuária permite postular uma relação generalizada entre produtividade e bem-estar dos animais de produção. Aumentos no grau de bem-estar podem trazer queda de produtividade (McINERNEY, 2004). Desta feita, estudos que buscam o equilíbrio entre o bem-estar, produtividade e custos são importantes.

Juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado entre os maiores desafios confrontando a agropecuária nos anos

vindouros. As pessoas desejam consumir carne com qualidade ética e o estresse tem sido o principal mecanismo de medida ou de avaliação do bem-estar animal (MACHADO FILHO e HÖTZEL, 2000).

O bem-estar dos animais pode ser uma barreira no âmbito da comercialização interna, afinal, há uma percepção do público acerca do tema. Entretanto, Machado Filho (2001) apresenta que o atendimento ao bem-estar dos animais não é uma preocupação ainda muito arraigada no leque de conceitos do povo brasileiro.

De acordo com Zanella (2007), a garantia do bem-estar dos animais de produção é importante porque os animais são seres capazes de sentir dor, estresse, medo e prazer, porque pode melhorar a qualidade do produto e sua imagem e, também, porque poderá evitar barreiras comerciais para exportação.

Nos países da Europa Ocidental, por exemplo, o bem-estar animal é geralmente considerado desejável para a proteção dos animais. A legislação da União Européia agiu para promover esta proteção.

Além disso, aspectos de qualidade ética, como o bem-estar animal, geralmente estão incorporados em sistemas de garantia de qualidade (WARRIS e BROWN, 2000). Sob este aspecto, os europeus entenderam que o bem-estar dos animais pode promover uma carne de melhor qualidade.

Desta forma, o atendimento às regras de bem-estar animal têm seu foco no processo de exportação. Nesta esfera, houve necessidade de estabelecer regras para que os anseios do consumidor fossem atendidos.

Um exemplo importante destas regras é o GLOBALGAP (também conhecido como EUREPGAP). Trata-se de um sistema de gestão da qualidade, com a finalidade de melhorar os padrões dos produtos da indústria alimentícia. Originou-se em 1997, na Alemanha. EUREP significa "*European Retailers Produce Working Group*", um grupo de trabalho que elaborou um protocolo de boas práticas agrícolas (*Good Agricultural Practices – GAP*), a serem seguidas pelos produtores. Este programa pode ser aplicado na produção de frutas, vegetais, flores e carne. É um programa voluntário, baseado em critérios que atendem às questões de sustentabilidade.

O produtor que adere ao sistema recebe um certificado, consolidado e mantido por auditorias, comprovando sua participação.

O GLOBALGAP, protocolo que tem seu foco na qualidade do produto final, aborda tanto questões às quais o conceito de sustentabilidade faz referência, quanto estabelece importantes regras para a garantia do bem-estar dos animais.

No que diz respeito à implantação do GLOBALGAP na suinocultura, alguns pontos devem ser observados, como por exemplo: a minimização dos impactos ambientais causados pela atividade (incluindo o uso racional de recursos), o estabelecimento de uma gestão de qualidade do processo produtivo, visando reduzir riscos, assegurando a segurança dos alimentos produzidos, o bem-estar animal etc.

Desta forma, o Programa GLOBALGAP é um artifício que atende aos anseios dos consumidores, que requerem atualmente maior segurança dos alimentos, até a preocupação com o bem-estar dos animais nas propriedades rurais, estendendo-se à proteção do meio ambiente e bem-estar dos trabalhadores.

O Comitê de direção do GLOBALGAP – Garantia Integrada da Fazenda apresenta que um dos seus objetivos é aumentar a participação no Sistema de Garantia de Fazenda no mundo inteiro. Desta forma, torna-se imprescindível que o Brasil empenhe-se em se adequar a estas normas.

A Norma do GLOBALGAP estabelece um nível global de critérios de bem-estar animal nas unidades de produção de suínos. Abrange a área de instalações para suínos (iluminação, espaçamento, ventilação e temperatura, qualidade do ar, equipamentos etc.) (GLOBALGAP, 2007).

Com base no regulamento geral da GLOBALGAP, o quadro 1 resume os critérios requeridos para a certificação, no caso de instalações para suínos em fase de creche.

**Quadro 1.1. Resumo dos critérios requeridos para a certificação quanto ao bem-estar de suínos em fase de creche na normativa do GLOBALGAP.**

<b>Critério</b>	<b>Exigência</b>
Largura máxima do espaço entre as ripas de concreto (em caso de piso ripado)	11 mm
Largura mínima das ripas (em caso de piso ripado)	50 mm
Para evitar problemas de comportamento, todos os animais devem ter acesso a objetos adequados para prover enriquecimento o ambiente	Correntes, palha, brinquedos plásticos, botas velhas de borracha, etc. Não são permitidos: pneus e outros alimentos e adição de mais comedouros e bebedouros.
Temperatura para leitões recém-desmamados	27 a 32°C
Temperatura para leitões > 6 semanas	21 a 24 °C
Galpões de ambiente controlado devem ser construídos para permitir atingir e manter estas temperaturas	Sim
Animais sem sintomas de estresse térmico (frio ou calor)	Sim
Concentração de poluentes	Amônia - 20 ppm Dióxido de carbono - 5000 ppm Monóxido de carbono - 30 ppm Sulfeto de hidrogênio - 10 ppm Poeiras inaláveis - 10mg/m <sup>3</sup>
Disponibilidade de luz elétrica no galpão	Sim

FONTE: GLOBALGAP, 2007

A norma GLOBALGAP não é a única disponível que aborda o tema. Há outras iniciativas para regularização da situação dos animais confinados, como os padrões do *Humane Farm Animal Care* (HFAC, 2008), e legislações, tais como o *Animal Welfare Act da Austrália* (Government of Western Australian, 2003), a Directiva europeia (91/630/CEE) (UNIÃO EUROPEIA, 1991) e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

## 1.2 OBJETIVOS

### Objetivo geral:

- Avaliar as possibilidades de se fornecer aquecimento aos leitões de creche com baixo consumo de energia elétrica, com melhoria das condições de bem-estar e desempenho dos animais, contribuindo assim para a sustentabilidade na suinocultura.

### Objetivos específicos:

- Desenvolver novos equipamentos e metodologias de aquecimento ou utilizar a combinação de tecnologias (ou sistemas híbridos).
- Avaliar os sistemas de aquecimento propostos sob aspectos de eficiência.
- Comprovar que a medida de cortisol salivar é uma forma importante de se comparar tratamentos que influenciam no bem-estar de suínos.
- Encontrar formas de fazer uso racional de energia elétrica em sistemas de aquecimento.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS

- Alguns trabalhos avaliaram os sistemas de aquecimento de leitões de acordo com o uso racional de energia elétrica. Porém, a maioria deles demonstrou preocupação apenas com suínos em fase de maternidade, ou seja, antes do desmame.
- Em virtude da grande quantidade de doenças que acometem a fase de creche, problemas comportamentais e agentes estressores comprovados, é necessário que se desenvolvam mais trabalhos sobre formas de minimizar o estresse, principalmente térmico, destes animais.
- Por se utilizar grande quantidade de energia para aquecimento na suinocultura, é necessário trabalhar para que o uso racional deste recurso seja viabilizado.

- Há necessidade de melhorar as condições de bem-estar animal e a produtividade sem aumentar custos de produção. Ou, então, trabalhar com medidas economicamente viáveis.
- O mercado consumidor embute, cada vez mais, no conceito de qualidade do produto de origem animal, a criação sob condições humanitárias. Desta forma, deve-se buscar mecanismos de promoção de bem-estar economicamente viáveis, que possam também ser utilizados, de forma democrática, ou seja, por pequenos produtores e atividades pecuárias com alto custo de produção.
- Há necessidade de adequação do sistema de produção brasileiro aos novos padrões de qualidade, como é o caso do GLOBALGAP, para que a agropecuária possa ser competitiva no mercado internacional.
- Há poucos trabalhos que tratam de uso racional da energia elétrica na suinocultura. Desta forma, não há subsídios para que técnicos justifiquem sua importância para o produtor rural.
- Há necessidade de se praticar o conceito de agricultura sustentável. O uso racional da energia elétrica é imprescindível para o exercício da sustentabilidade.
- Deve-se trabalhar no sentido de divulgar as informações acerca da utilização de energia elétrica e promoção do bem-estar animal a baixo custo.
- Adequar as tecnologias à realidade da suinocultura brasileira é necessário, em virtude da pequena margem de lucro e da oscilação do custo de produção.

#### **1.4 ESTRUTURA DA TESE**

Esta tese foi dividida em capítulos para melhor discussão dos resultados.

Desta forma, o capítulo I apresenta a importância de estudos, tais como o apresentado neste fascículo.

O capítulo II explica como foram desenvolvidos os sistemas e equipamentos para aquecimento e quais os principais problemas encontrados na implantação e funcionamento dos mesmos. Apresenta também vantagens e desvantagens de cada um.

No capítulo III é exposto como os sistemas desenvolvidos se comportaram com relação à utilização de energia elétrica.

O capítulo IV mostra de que forma os sistemas interferiram no ambiente, considerando variáveis climáticas, índice de conforto térmico e qualidade do ar.

Por sua vez, o capítulo V expõe de que forma os animais responderam à utilização das tecnologias. Para tanto, foram observados parâmetros referentes ao comportamento, à fisiologia e ao desempenho dos animais.

O capítulo VI, denominado CONCLUSÕES, são encontradas ponderações levando-se em consideração todos os aspectos avaliados nos capítulos anteriores, procurando indicar qual o melhor sistema sob os aspectos de bem-estar animal e uso de energia elétrica.

## 1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROOM, D.M.; MOLENTO C.F.M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas - revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, PR, v. 9, n. 2, p.1-11, 2004.

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE. **Catálogo Sustentável - FGV**. [S.l.]: FGV, 2008. Disponível em: <http://www.catalogosustentavel.com.br/>. Acesso em: 13 jul. 2008.

GLOBALGAP - Garantia Integrada da Fazenda (IFA). Versão 3.02, Colônia, Alemanha, 2007. Disponível em: [http://www.eurepgap.org/farm/Languages/English/index\\_html](http://www.eurepgap.org/farm/Languages/English/index_html). Acesso em: 12 ago. 2008.

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA. **Animal Welfare Act 2003**. Animal Welfare (General) Regulations. Version 01-00-02, 21 jul. 2008. Disponível em: [http://www.slp.wa.gov.au/pco/prod/FileStore.nsf/Documents/MRDocument:8304P/\\$FILE/AnimalWlfrGnrIRegs2003\\_01-00-02.pdf?OpenElement](http://www.slp.wa.gov.au/pco/prod/FileStore.nsf/Documents/MRDocument:8304P/$FILE/AnimalWlfrGnrIRegs2003_01-00-02.pdf?OpenElement). Acesso em: 10 dez. 2008.

HUMANE FARM ANIMAL CARE – HFAC. **Padrões dos Cuidados com Animais: Porcos**. 2008. Disponível em: [http://www.certifiedhumane.org/pdfs/Std08Porcos1R\\_po.pdf](http://www.certifiedhumane.org/pdfs/Std08Porcos1R_po.pdf). Acesso em: 15 fev. 2008.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA/APTA/SAA-SP - IEA. **Preços médios mensais recebidos pelos produtores**. 2008. Disponível em:

<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>. Acesso em: 20 out. 2008.

MACHADO FILHO L.C.P.e HÖTZEL, M.J. Bem-estar dos suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5. 27 e 28 de setembro de 2000, São Paulo-SP. **Anais...** São Paulo-SP: [s.n], 2000, p. 70 – 82.

MACHADO FILHO, L.C.P. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão brasileira. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., nov/dez. 2000, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p. 34-40.

McINERNEY, J. Animal welfare, economics and policy: report on a study undertaken for the farm & animal health economics. Londres: Division of DEFRA; 2004.

MELHORAMENTOS minidicionário da Língua Portuguesa. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1997.

MIELE, M., KUNZ, A. **Tratar dejetos para fortalecer a competitividade da carne suína**. Disponível em: [www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_artigos/artigos\\_k2j7811t.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_k2j7811t.pdf). Acesso em: 15 ago. 2008.

RATTNER, H. Sustentabilidade - uma visão humanista. **Ambiente e sociedade**, Campinas, n. 5, p.233-240, dez. 1999. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1414-753X1999000200020eIng=enenrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1414-753X1999000200020eIng=enenrm=iso)>. Acesso em: 28 dez. 2008.

SAMPAIO, C. A. P. **Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação**. 2004. 130p. Tese (Doutor em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.

SARUBBI, J., SILVA, I. J. O., SILVA, C. A. Perfil e nível de satisfação do trabalhador da suinocultura na região de Campinas-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12., 2005, Fortaleza-CE. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. CD-ROM

SEGANFREDO, M.A., SOARES, I.J., KLEIN, C.S. **Potencial Fertilizante e Poluente dos Dejetos de Suínos no Contexto das Pequenas Propriedades do Oeste de SC.** Concórdia-SC: Embrapa Suínos e Aves, dez. 2003. (Comunicado técnico, n. 342).

UNIÃO EUROPEIA. Directiva 91/630/CEE. 1991

WARRISS, P.D., BROWN, S.N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão britânica. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., nov./dez. 2000, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2000, p.17-20.

ZANELLA, A. Tendências e desafios para o bem-estar animal. In: WORKSHOP DE ABATE HUMANITÁRIO. 2007. Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2007. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/wahumano/>. Acesso em: 20 dez. 2007.

## **II DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

A manutenção de condições que proporcionem bem-estar de leitões desmamados é necessária para que o animal expresse todo seu potencial produtivo.

Para que os mecanismos que visam promover o bem-estar de suínos possam ser utilizados, é necessário que se desenvolvam pesquisas que visem reduzir seus custos e aumentar sua praticidade.

Muitos trabalhos são realizados visando melhorar as condições de aquecimento para animais de maternidade, realizando comparação de tecnologias já existentes. Porém, poucos são realizados no ambiente de creche, com novas tecnologias de aquecimento.

O aquecimento de leitões em fase de creche e maternidade é um ponto da granja que demanda grande consumo de energia elétrica. Assim, pode ser trabalhado no sentido de viabilizar a eficiência do uso da energia elétrica sem, no entanto, prejudicar o bem-estar dos suínos.

Neste capítulo foram descritas etapas de desenvolvimento de alguns sistemas e equipamentos, objetivando-se o atendimento das necessidades ambientais de leitões em fase de creche.

O sucesso neste processo de desenvolvimento é importante para comprovar que é possível adaptar e agregar diferentes tecnologias de aquecimento para leitões em fase de creche, a fim de suprir as condições ambientais requeridas pelos animais em função da disponibilidade de energias economicamente viáveis.

## 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.2.1 *Sistemas de aquecimento na suinocultura*

Os sistemas de aquecimento mais comumente utilizados na suinocultura são: lâmpada infravermelha ou incandescente suspensa, resistência elétrica suspensa, piso aquecido com resistência elétrica ou aquecimento a gás.

Alguns trabalhos avaliaram estes sistemas de acordo com o uso racional de energia elétrica. Porém, a maioria deles demonstrou preocupação apenas com suínos em fase de maternidade, ou seja, antes do desmame.

Em virtude da grande quantidade de doenças que acometem a fase de creche, problemas comportamentais e agentes estressores comprovados (MERLOT, MEUNIER-SALAÛN e PRUNIER, 2004), é necessário que se desenvolvam mais trabalhos sobre formas de se minimizar o estresse, principalmente térmico destes animais.

Por se utilizar grande quantidade de energia para aquecimento na suinocultura é preciso trabalhar para que o uso racional deste recurso seja viabilizado.

Não é tão recente a preocupação em se reduzir o consumo de energia elétrica. Muito embora, os trabalhos sejam mais amplos na avicultura que na suinocultura.

Perdomo et al. (1989) concluíram que aquecimento com o uso de lâmpadas incandescentes no escamoteador para leitões, utilizando termostato, possibilitou uma economia de energia elétrica muito superior aos demais tratamentos (luz infravermelha e resistência elétrica), sem que houvesse danos ao desempenho dos animais.

Sobestiansky et al. (1987) realizaram um trabalho para redução do consumo energético com a utilização de termostato. A utilização da fonte de aquecimento controlada por termostato permite manter a temperatura na faixa de conforto dos leitões e reduz o consumo de energia elétrica. Hoje, esta preocupação continua, dentre outros fatores, em razão da necessidade de se reduzir o custo do produto final.

Pandorfi et al. (2004) verificaram que o aquecimento proporcionado aos leitões, dentro do escamoteador, em fase de maternidade pela lâmpada incandescente e resistência elétrica foi

o que mais se aproximou da faixa de conforto térmico dos animais, 32 a 28°C. O tratamento piso térmico (ROSSI et al., 2005) esteve abaixo da condição recomendada, principalmente na primeira semana de vida dos animais. Com relação à lâmpada de infravermelha, os dados referentes à temperatura no interior do abrigo estiveram, em média, sempre acima da condição ideal durante toda a fase experimental, ultrapassando o valor da temperatura crítica superior de 33 a 38°C.

Sarubbi (2005) discute que um sistema de climatização bem projetado, bem manejado e com manutenção periódica é capaz de minimizar as condições climáticas de uma instalação para suínos, melhorando as condições de conforto para os animais.

## **2.3 MATERIAL E MÉTODOS**

### ***2.3.1 Locais e instalações de teste***

O desenvolvimento e teste das tecnologias foram realizados em laboratórios da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp e em uma criação comercial de suínos, localizada no município de Boituva, estado de São Paulo. A granja situa-se a 547 m acima do nível do mar, na latitude 23°16'27.24"S e longitude 47°43'45.81"O. Possui criação intensiva confinada, ciclo completo e organização semanal da produção. Os trabalhos foram desenvolvidos de fevereiro a julho de 2008.

As edificações das granjas possuem orientação Leste-Oeste.

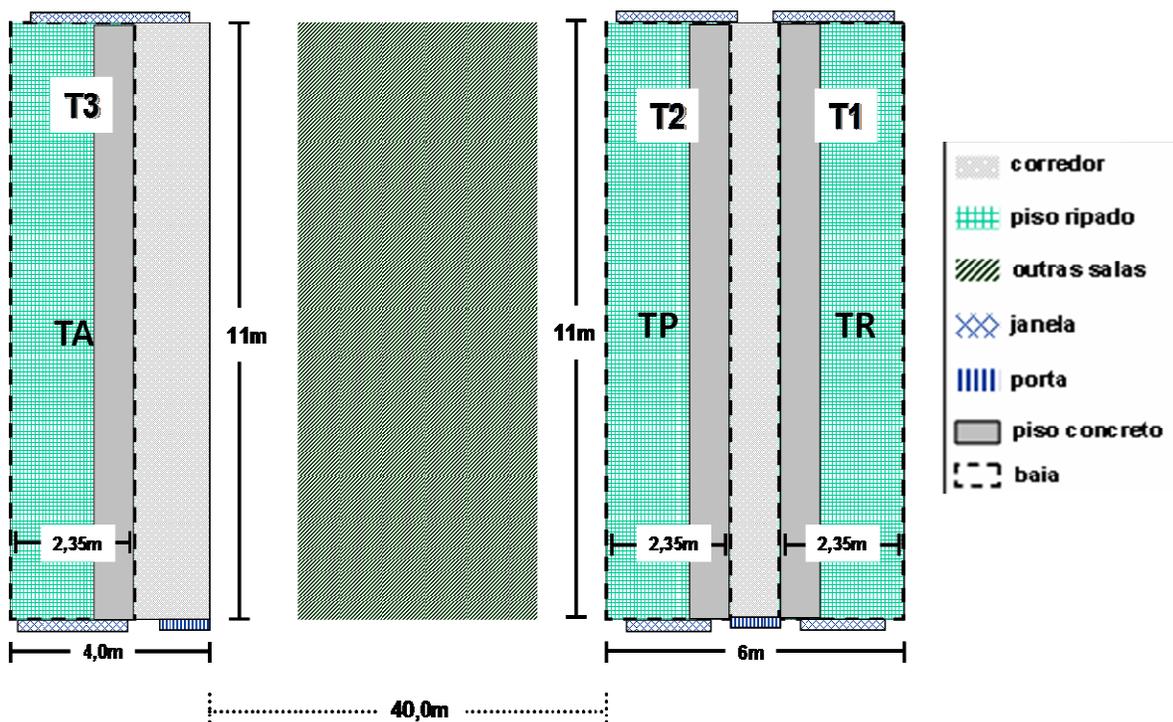
A unidade suinícola possui 1000 matrizes suínas e produz matrizes próprias e adquire avós de uma empresa de genética mundialmente reconhecida.

A granja aplica o sistema de manejo em lotes. Desta forma, leitões de diferentes idades não são misturados na mesma instalação. Cada lote desmamado é distribuído em três baias idênticas, dentro de duas salas diferentes.

Por se tratar de experimentações em uma granja comercial, não foi possível alocar cada tratamento em uma instalação (sala) isolada e diferente. Assim, dois tratamentos foram dispostos na mesma sala.

Por causa desta e de outras limitações surgidas durante a realização deste trabalho, bem como pela dificuldade de se controlar variáveis, é que se optou por denominar os estudos de análises observacionais e não de experimentos.

Na figura 2.3-1 foi esquematizado o posicionamento dos tratamentos.



**Figura 2.3-1: Esquema da distribuição das baias e dos tratamentos (tecnologias) nas salas.**

Os indicativos T1, T2 e T3 representam o posicionamento das baias nas salas.

No quadro 2.1 foi descrito em quais posições se alocaram os tratamentos, dependendo da análise observacional realizada.

**Quadro 2.1.– Posição dos tratamentos em cada análise observacional**

<b>Análise observacional</b>	<b>Posição (baia)</b>	<b>Tratamento</b>
<b>Teste de interferência</b> (verificação de possível interferência entre tratamentos localizados em T1 e T2)	<b>T1</b>	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático.
	<b>T2</b>	<b>TSA2</b> – sem aquecimento, na mesma sala que TR
	<b>T3</b>	<b>TSA3</b> – Sem Aquecimento, em sala diferente que TR (não foram avaliados os parâmetros dos animais)
<b>Análise 1</b> (melhorias na forma de aquecimento já utilizada na granja)	<b>T1</b>	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático.
	<b>T2</b>	<b>TRL</b> - Resistências elétricas suspensas, distribuídas Linearmente com acionamento manual
<b>Análise 2</b> (teste do sistema de aquecimento por insuflação de ar quente)	<b>T1</b>	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático
	<b>T2</b>	<b>TSA2</b> – Sem Aquecimento, na mesma sala que TR
	<b>T3</b>	<b>TA (TAE)</b> – sistema de Aquecimento do ar utilizando energia elétrica
<b>Análise 3 e 4</b> (comparação entre tecnologias)	<b>T1</b>	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático
	<b>T2</b>	<b>TP</b> – Piso aquecido
	<b>T3</b>	<b>TA (TAES)</b> – sistema de aquecimento do ar utilizando combinação entre energia elétrica e solar

As três baias (T1, T2 e T3) são idênticas. As salas nas quais as baias estão localizadas diferenciam-se apenas pela largura, tendo, portanto, áreas diferentes. Isto ocorre porque uma sala aloja 2 baias e a outra apenas 1. Na tabela 2.3-1 apresentam-se as características e dimensões das salas estudadas e suas baias.

**Tabela 2.3-1: Características das salas estudadas.**

	Sala T1/T2	Sala T3
<b>Características das salas</b>		
Área Total da sala	66,0 m <sup>2</sup>	44,0 m <sup>2</sup>
Comprimento	11,0 m	11,0 m
Largura	6,0 m	4,0 m
Pé-direito	2,8 m	2,8 m
Altura da cumeeira	5,2 m	5,2 m
Numero de janelas	3	2
Área total de janela	10,8 m <sup>2</sup>	6,8 m <sup>2</sup>
Altura do forro (piso baia-forro)	1,85 m	1,85 m
Altura baia suspensa (chão-baia)	0,4 m	0,4 m
Dimensões da porta (altura x largura)	1,88 m x 1,0 m	1,88 m x 1,0 m
<b>Características das baias</b>		
Comprimento de cada baia	11 m	11 m
Largura de cada baia	2,35 m	2,35 m
Área de piso de concreto/baia	8,7 m <sup>2</sup>	8,7 m <sup>2</sup>
Área de piso de ripado/baia	17,6 m <sup>2</sup>	17,6 m <sup>2</sup>
Área total da baia	25,9 m <sup>2</sup>	25,9 m <sup>2</sup>
<b>Densidade (animais/m<sup>2</sup>)</b>	5	5
<b>Tratamentos alocados</b>	T1 – TR T2 – TRL, TSA2 e TP	TSA3 TA (TAE e TAES)

As salas utilizadas são de alvenaria, cobertas com telhas de barro. Todas as baias são suspensas e foram cobertas com forro amarelo de polipropileno, visando reduzir a área a ser aquecida. As salas possuem janelas teladas, situadas nos dois lados, no sentido da largura (figura 2.3-1), e que são protegidas por cortinas amarelas de polipropileno.

O manejo das cortinas é realizado pelo funcionário, que abre as cortinas no período da manhã e as fecha à tarde. O objetivo deste procedimento é aumentar a ventilação das salas,

para melhorar a qualidade do ar. Foram registrados e considerados todos os momentos de abertura e fechamento das cortinas.

Originalmente, aproximadamente 1/3 da área de piso das baias é composto de concreto e 2/3 são de piso plástico vazado. Esta configuração foi alterada apenas em TP, conforme será descrito adiante.

As avaliações das tecnologias podem ter sido penalizadas em virtude da impossibilidade de se trabalhar com ambientes iguais e isolados para cada tecnologia. Assim, procurou-se verificar a interferência entre as tecnologias TR e TP, por meio de uma análise observacional (descrita no capítulo IV).

As tecnologias TR e TP foram distribuídas de forma aleatória em uma sala. A tecnologia TA foi alocada sozinha em outra sala, em razão do aquecimento do ar, que é realizado em todo o ambiente.

As tecnologias foram dimensionadas e/ou programadas para que mantivessem a temperatura de bulbo seco entre 28°C e 30°C (faixa considerada para temperatura de conforto dos animais para os quais as tecnologias estavam sendo desenvolvidas).

As análises foram realizadas nos períodos de 21 de fevereiro a 21 de julho de 2008.

## **2.4 PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO**

### ***2.4.1 Sistema de aquecimento por meio de resistências elétricas suspensas – TR***

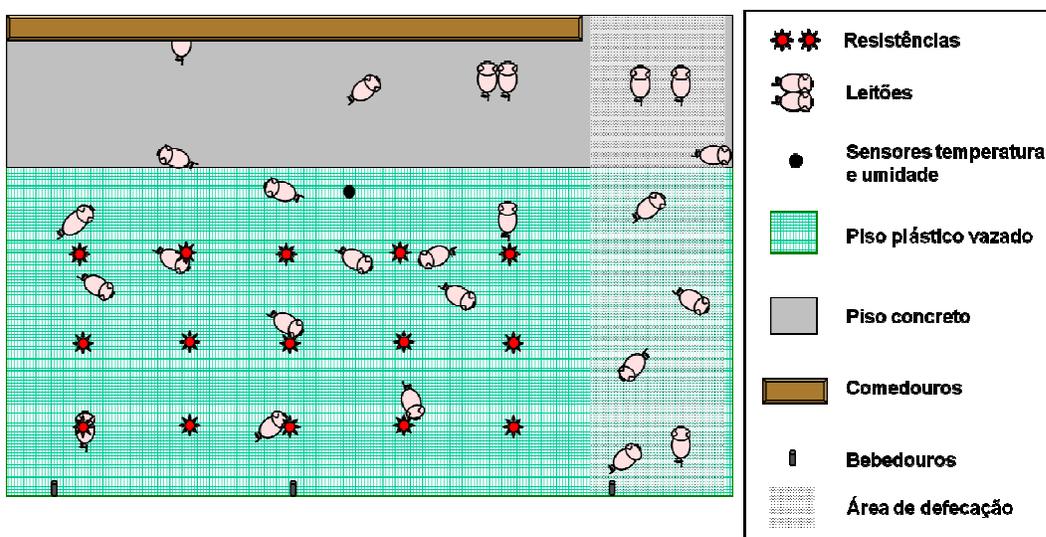
O sistema de aquecimento de leitões por resistências elétricas, denominado TR, foi composto por 15 resistências elétricas de 200W, uniformemente distribuídas, suspensas, distando 1m do piso da baia.

As resistências foram dispostas em 3 fileiras com 5 resistências cada. Preocupou-se com a distribuição homogênea das fontes de calor na baia. O número de resistências e potência total utilizada foram selecionados baseando-se no método já utilizado na granja.

Preocupou-se em não aquecer a área que os animais normalmente elegem para defecação, uma vez que, esta área é utilizada apenas no momento em que os animais defecam ou urinam.

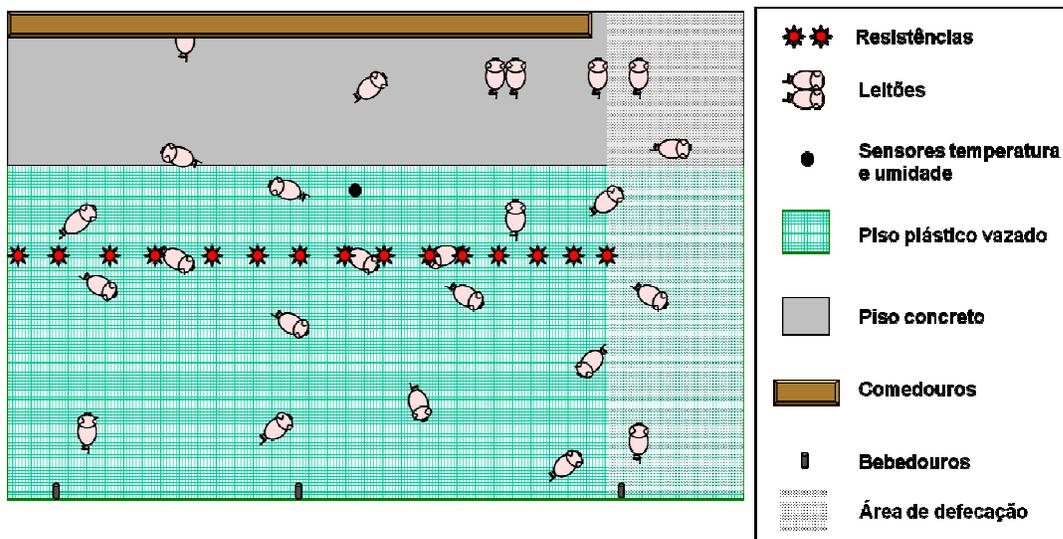
O sistema era controlado por um termostato da marca NOVUS<sup>®</sup>, que era acionado a partir de um sensor de temperatura do tipo PT100. Este dispositivo foi utilizado visando minimizar possíveis erros humanos no acionamento do sistema. O termostato foi programado para manter a temperatura ambiente entre 28°C e 30°C.

A figura 2.4-1 representa um esquema do posicionamento das resistências elétricas na baía estudada.



*Figura 2.4-1: Desenho esquemático do tratamento TR.*

Este sistema foi projetado, com base no que era utilizado na granja. Inicialmente, a granja utilizava a mesma quantidade de resistências, porém, distribuídas de forma linear, ilustrado na figura. Neste trabalho, o sistema utilizado pela granja foi denominado TRL.



**Figura 2.4-2: Desenho esquemático do tratamento TRL.**

Também não se utilizava sistema de acionamento automático (termostato). A área de defecação dos animais não era aquecida. Este condicionante foi mantido durante o processo de aprimoramento da tecnologia.

O sistema TRL permaneceu ligado sem interrupções durante todo o período.

Diferentemente de TR, o TRL era móvel. Em razão do acionamento por termostato, que deve ter seus terminais permanentemente acoplados ao sistema elétrico, optou-se por uma estrutura fixa em TR. Ou seja, não era possível retirar a fiação tão facilmente quanto no caso do sistema anteriormente utilizado na granja (TRL). O sistema TRL consistia em um varal móvel, que era conectado a uma tomada.

Foi realizada uma análise observacional que objetivou avaliar a eficiência da disposição uniforme em comparação com a disposição linear, com relação à melhoria das condições climáticas, que será exposta posteriormente.

#### **2.4.2 Sistema de aquecimento por meio de piso aquecido – TP**

O sistema de placas aquecidas eletricamente (TP) consiste em uma placa confeccionada com argamassa de cimento (Portland CP V ARI), areia e casca de arroz. Na

mistura distribuiu-se, o mais uniformemente possível, um fio de resistência elétrica de níquel-cromo, isolado eletricamente da placa.

A utilização de casca de arroz como material para isolamento se deu em virtude de sua grande disponibilidade, por ser um resíduo agroindustrial, e, por sua vez, um material de baixo custo. Outras características que influenciaram na escolha foram a leveza e as características de isolamento térmico do compósito.

Para o dimensionamento da resistência elétrica, foi utilizada a metodologia descrita por Incropera e Dewitt (1998), baseada na Lei de Conservação de Energia:

$$W_e + W_g = W_s + W_a \quad (1)$$

Em que,

$W_e$  - taxa de calor que entra no sistema, J/s;

$W_g$  – taxa de calor gerada pelo sistema, J/s;

$W_s$  - taxa de calor que sai do sistema, J/s, e

$W_a$  – taxa de calor armazenada pelo sistema, J/s.

A resistência elétrica utilizada tem as seguintes características:

- Fio térmico: aço/cromo/níquel, têmpera dura;
- Isolação: composto termoplástico de cloreto de polivinila, antichama, AWG 18;
- Temperatura na capa na tensão indicada: 65 °C;
- Comprimento para o módulo: 33,5 m.

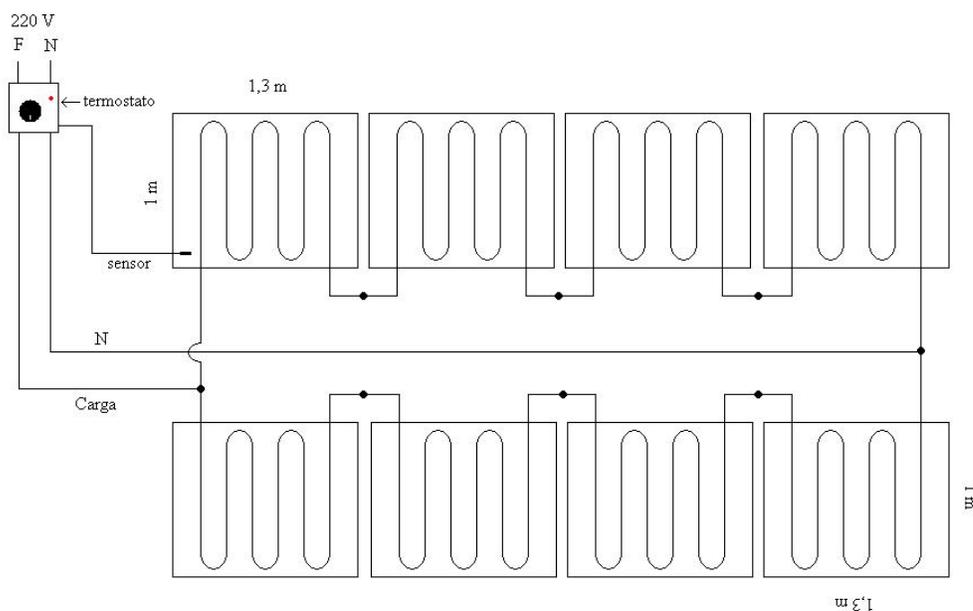
Para atingir a temperatura necessária, o sistema implantado deveria obedecer às seguintes características, de acordo com os cálculos apresentados:

- Carga: 250 W/ placa;
- Carga total (10 placas): 2500 W.

No entanto, houve um equívoco no envio do material pelo fabricante. As resistências para a confecção de cada placa eram de 900W. Se assim fosse, todo o sistema instalado teria 9000W. Optou-se, então, por deixar apenas 8 placas ligadas, uma vez que o controlador não suportaria uma potência instalada maior que esta. Desta forma, o sistema contou com 7200W.

Esta situação foi interessante para que o sistema tivesse placas reservas (em caso de avaria das instaladas) e para que pudesse ser observado o comportamento dos animais perante as placas frias.

O sistema foi projetado para controlar oito módulos de resistência conectados em paralelo. Na figura 2.4-3 mostra-se um desses módulos de resistência.



**Figura 2.4-3: Esquema de ligação das placas aquecidas para formação do piso.**

### Forma de confecção das placas

Misturou-se o cimento com a areia e, a seguir, adicionou-se a casca de arroz. Colocou-se a água de amassamento e efetuou-se a homogeneização da mistura na betoneira. Os traços (em massa) escolhidos e utilizados na composição e confecção das placas foram: Argamassa

de cimento e areia: 1:3:0,5 (cimento:areia:água), e Argamassa de cimento e areia, com casca de arroz: 1:2,0:0,25:0,5 (cimento:areia:casca:água), conforme o recomendado por Rossi et al. (2005).

Combinando-se os traços acima, foi confeccionado um modelo de placa, com o auxílio de um molde metálico. A metade superior da placa foi feita de argamassa de cimento e areia, e a metade inferior foi feita de argamassa de cimento, areia e casca de arroz.

Para confeccionar as placas, primeiramente, foi preenchida metade do molde metálico com argamassa de cimento; em seguida, foram colocados a tela de aço (passo 1) e o fio de resistência elétrica (passo 2), e finalmente, foi preenchido totalmente com argamassa de cimento, areia e casca de arroz (passo 3). O passo 4 foi aguardar o período de cura. Na figura 2,4-4 mostra-se este procedimento.

O molde de aço serviu para melhorar a estrutura da placa.

O molde metálico foi disposto sobre uma mesa vibratória a fim de fazer com que a argamassa de cimento e areia, ou aquela com a inclusão da casca de arroz, se distribuísse de modo uniforme. Uma placa recebeu em seu interior, juntamente com a resistência elétrica, o sensor de temperaturas, cuja função era fornecer a temperatura interna ao controlador, executando a realimentação necessária para manter a placa na temperatura escolhida.



*Figura 2.4-4: Sistema de confecção dos pisos de aquecimento - Laboratório de Materiais e Estruturas da Faculdade de Engenharia Agrícola.*

### Controle eletrônico da temperatura

O circuito de controle foi montado em um *proto-board*, no qual foi possível testar todos os blocos do controlador. Após os testes, o protótipo do controlador foi montado em uma placa universal e esta acondicionada em caixa própria, com dissipador de calor e *cooler* para manter a temperatura interna baixa, com retirada de calor. Efetuou-se o acabamento e colocou-se legenda nos comandos, tanto no painel frontal como no traseiro. Na figura 2.4-5, apresenta-se o *display* do controlador.



**Figura 2.4-5: Display do controlador do piso aquecido.**

O componente eletrônico utilizado na medida de temperatura foi o LM35D. Esse componente faz uma conversão linear de temperatura em tensão, na relação 10 mV/°C e pode medir temperaturas na faixa de -55 °C a +150 °C, sendo disposto no interior da placa, a fim de obter a medida exata da temperatura na placa. O sensor está mostrado na Figura 2.4-6.



**Figura 2.4-6: Sensor de temperatura utilizado no interior das placas para a atuação do controlador.**

A figura 2.4-7 ilustra o controlador de temperatura construído.



*Figura 2.4-7: Controlador de temperatura do piso – Tratamento TP.*

O controlador foi programado para manter a temperatura do piso entre 28°C e 30°C, com a temperatura programada definida com valor fixo.

Foram realizadas observações do comportamento da tecnologia TP, no laboratório e em campo (com e sem animais).

### **Observações em laboratório e campo**

O piso aquecido e seu controlador foram testados em laboratório para verificar se eram capazes de manter a temperatura da superfície dentro do estipulado. Os testes foram repetidos durante 2 dias em campo, antes do início dos experimentos e, portanto, sem animais sobre o mesmo. Para a verificação da temperatura foi utilizado termômetro a laser, em 30 pontos equidistantes. Verificou-se que o tratamento conseguiu manter-se constantemente dentro do esperado, por todo o tempo, não havendo ponto algum em que a temperatura ficou abaixo do desejado.

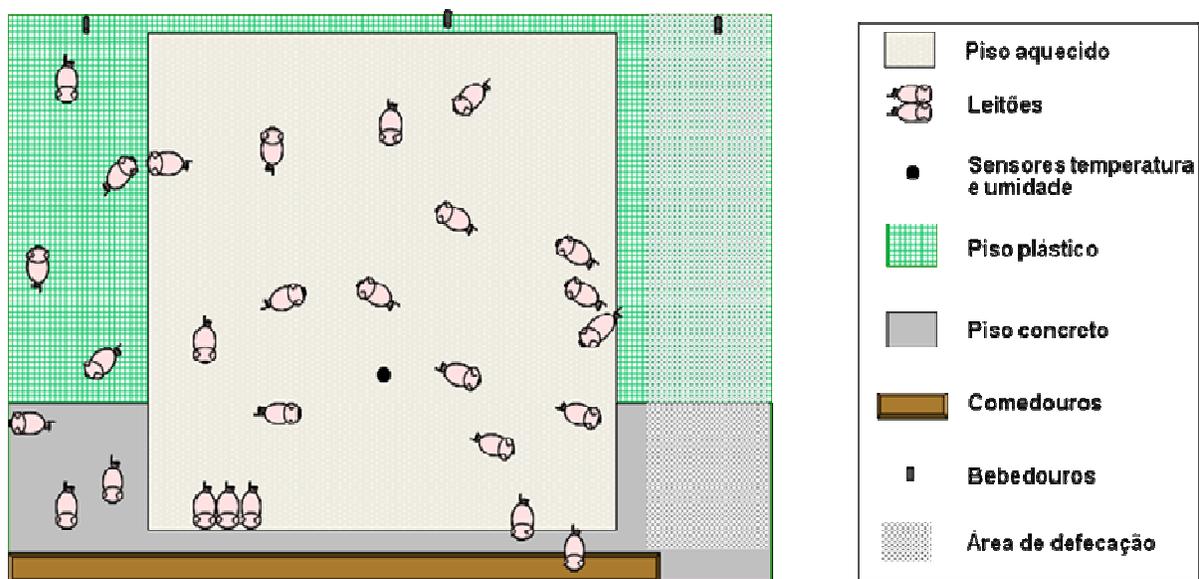
## Distribuição das placas aquecidas no piso

O piso foi constituído de 8 placas aquecidas e 2 placas não-aquecidas (na realidade, não ligadas; eram placas reservas). Cada placa foi construída com as seguintes dimensões: 100 cm x 130 cm x 2,5 cm.

A área de piso compacto das baias era originalmente de, aproximadamente, 1/3 da área total da baia, conforme recomendação de 1/3 de piso compacto para 2/3 de piso ripado em uma baia de leitões (CARAMORI JR. e SILVA, 2006). Porém, com a utilização das placas de composição do piso aquecido, a baia passou a ter aproximadamente 2/3 de piso compacto e 1/3 de ripado.

A escolha do posicionamento e tamanho do piso se deu em razão da observação prévia do comportamento dos leitões. O comportamento prévio de descanso ou defecação dos lotes de animais, que anteriormente ocuparam a baia, indicou a necessidade de se manter com piso ripado uma área de defecação, já pré-determinada pelos próprios leitões.

Na figura 2.4-8 foi representado um esquema de TP.



*Figura 2.4-8: Desenho esquemático do tratamento TP.*

### 2.4.3 Sistema de aquecimento por meio do aquecimento do ar -TA

Com a tecnologia aqui utilizada objetivou-se aquecer o ar por insuflação de ar quente, proveniente do sistema de intercambiador de calor comercial e foi denominada TA.

Primeiramente, para testar a eficiência do intercambiador, o mesmo foi avaliado funcionando apenas com energia elétrica e acionamento por termostato simples, denominada TAE (metodologia posteriormente apresentada).

Em seguida, houve o aprimoramento do equipamento, com base no princípio da conservação da energia elétrica. O funcionamento do sistema pode ser realizado com energia elétrica e energia solar e, para isso, agregou-se um Controlador Lógico Programável (CLP) para acionamento dos componentes. Este sistema foi denominado TAES.

O ideal, em termos de conservação de energia, seria a utilização apenas da energia solar. Porém, a implantação de um sistema capaz de suprir-se apenas com energia solar demandaria um alto custo, em virtude da necessidade de grande área de coletores solares. Desta forma, para segurança, o sistema foi consorciado com resistência elétrica, visando suprir as deficiências do aquecimento solar.

Na figura 2.4-9 foi representado um esquema da estrutura utilizada na tecnologia TA para a distribuição de ar aquecido na sala. Esta estrutura foi utilizada em TAE e em TAES.

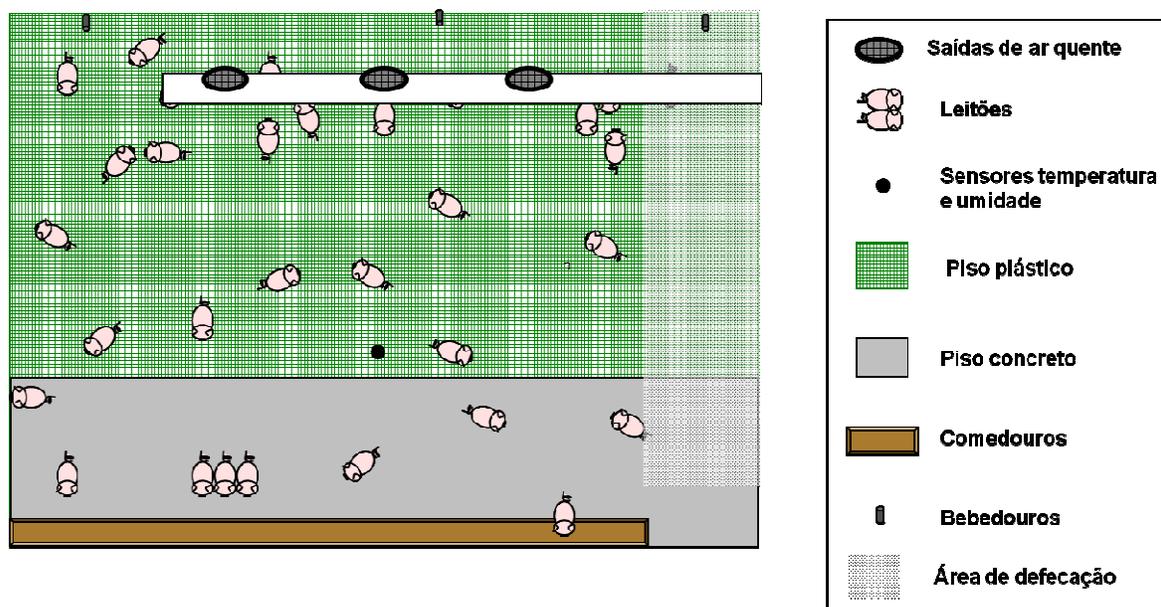


Figura 2.4-9: Esquema do tratamento TA.

O sistema de aquecimento foi adaptado e testado em campo. Não houve testes prévios em laboratórios.

Para desenvolvimento de TA, adquiriu-se um intercambiador de calor comercial da marca TROX® (figura 2.4-10), dimensionado de acordo com as necessidades do projeto, uma vez que o objetivo do produto original é o resfriamento de ambientes.

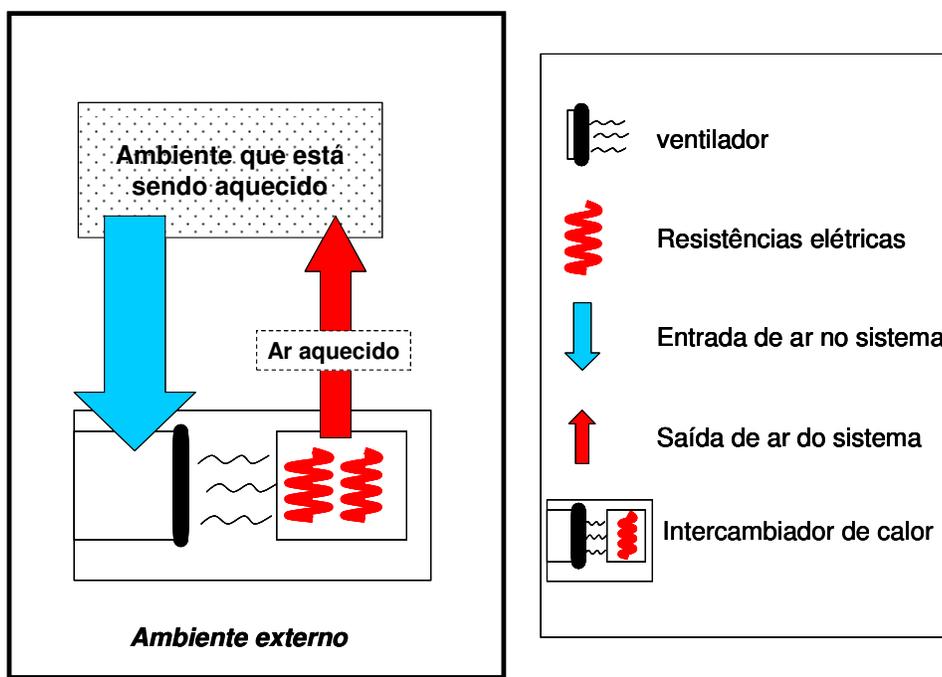


**Figura 2.4-10: Intercambiador comercial utilizado.**

Foi solicitado à fábrica que o intercambiador fosse confeccionado com duas entradas de ar. O intuito é de, posteriormente, realizar a captação do ar do ambiente externo ou a captação do ar ambiente que já está sendo aquecido. A primeira possibilidade tem a vantagem de melhorar a renovação do ar dentro da sala. Já a segunda é capaz de melhorar a eficiência do sistema, pois a necessidade de produzir calor é menor, quando se aproveita o calor do ambiente interno.

Nos testes aqui apresentados, o ar foi exclusivamente capturado do ambiente interno (sala a ser aquecida).

Na figura 2.4-11 foi ilustrada a arquitetura do sistema de aquecimento desenvolvido.



*Figura 2.4-11: Arquitetura do sistema de aquecimento do ar.*

A partir do intercambiador comercial adquirido, foram realizadas adaptações para a captura do ar a ser aquecido e direcionamento do ar aquecido para o ambiente alvo. Para tanto, acoplaram-se dois dutos helicoidais, flexíveis multicompostos, do tipo APA (alumínio + papel kraft + alumínio).

A água, aquecida nos coletores solares, circula para o reservatório. A água armazenada no reservatório, quando suficientemente quente para aquecer o ar a ser insuflado na sala ( $\geq 50^{\circ}\text{C}$ ), tem sua circulação forçada por uma bomba de 0,5 cv.

Os coletores solares foram instalados em número de 7 (área total  $11,9 \text{ m}^2$ ). Os coletores eram da marca Colsol, classificado como Classe A pelo INMETRO, ou seja, classificado como um equipamento de alta eficiência (ANEXO 1).

As resistências elétricas do sistema possuem 8460 W de potência (8 conjuntos de 940W) e foram acionadas de acordo com a necessidade (temperatura da água do reservatório insuficiente para aquecer satisfatoriamente o ar).

Quando a água não está suficientemente quente ( $< 50^{\circ}\text{C}$ ), as resistências internas do intercambiador são acionadas.

Ao tubo flexível de menor diâmetro, foi acoplada uma tubulação de PVC (15 cm de diâmetro e 7 m de comprimento), com 3 saídas equidistantes (1,5 m entre as saídas), visando insuflar o ar no centro da sala.

É importante salientar que não ocorre funcionamento concomitante do sistema de aquecimento solar e do sistema de aquecimento por resistências elétricas. Ou seja, o aquecimento é feito ou por energia solar ou por energia elétrica. As resistências elétricas funcionavam apenas quando a bomba para circulação de água quente era desligada, em virtude da baixa temperatura da água. Desta forma este protótipo inicial não funcionou com a energia elétrica complementando a solar.

O ventilador que insufla ar na sala, com potência de 0,5 cv, é capaz de fornecer vazão de 1125 m<sup>3</sup>/h e funcionou tanto quando a água quente circulava na serpentina, quanto quando as resistências elétricas estavam ligadas.

### **Sistemas de controle do sistema de aquecimento do ar**

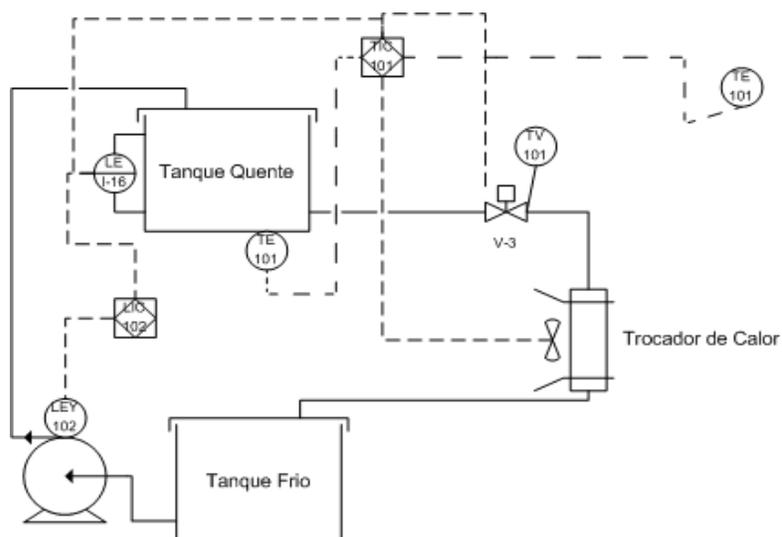
Para o aquecimento do ar, com a utilização de energia elétrica apenas (TAE), foi utilizado um termostato simples que acionava (liga - desliga) as resistências elétricas, de acordo com a temperatura do ar.

O controle de funcionamento do sistema híbrido (combinação de energia elétrica e solar - TAES) foi realizado por um Controlador Lógico Programável, com temperatura de operação entre 28°C e 30°C.

O sistema físico de aquecimento solar, ilustrado na figura 2.4-12, foi a idéia inicial de concepção do sistema. Contava com um tanque para armazenamento da água que passa pelos coletores solares (água quente), uma válvula solenóide que controla o fluxo de água para o trocador de calor que tem a função de transferir o calor contido na água para o ambiente, um

reservatório de água de retorno que armazenava a água que passou pelo trocador de calor e uma bomba de retorno do reservatório de água fria para o de água quente.

Na mesma figura é apresentada a disposição da malha de sensores e atuadores do sistema (figura 2.4-12).



**Figura 2.4-12: Esquema inicial da planta de aquecimento solar, dos sensores e atuadores do sistema de controle.**

Porém, visando minimizar os custos envolvidos na construção do equipamento, assim como facilitar a operação e simplificar o sistema de automação, foram realizadas algumas modificações do projeto original. Estas modificações resultaram na eliminação dos componentes: tanque de água fria e da válvula solenóide. A ação da válvula foi substituída pela ação da bomba controlada pelo CLP.

O tanque de água quente, inicialmente, ficaria posicionado numa cota superior ao trocador de calor, sendo que o fluxo de água quente na serpentina do trocador dar-se-ia pela ação da gravidade. Esta válvula seria responsável, então, pela contenção da água no tanque de água quente.

O tanque de água fria teria a função de armazenar a água de saída do trocador de calor. Uma bomba retornaria a água fria para o reservatório de água quente, quando este tivesse o seu nível reduzido. Esse tanque perdeu parte de sua função, pois uma delas seria o armazenamento desta água ao nível do solo, só por alguns momentos, e evitar que a bomba

ficasse funcionando por muito tempo, durante o funcionamento da válvula solenóide (figura 2.4-12).

Como não foi possível alocar cerca de 1100 kg nas estruturas do telhado da granja, optou-se por fixar o tanque quente no nível do solo e utilizar uma bomba d'água para realizar circulação forçada para os coletores solares. O sistema, apesar disso, se constitui em um sistema padrão de aquecimento de água por energia solar comercial.

Somada à justificativa anterior, e à falta de espaço no local da construção do sistema, há ainda a questão do aumento do custo de implantação do sistema, caso fosse utilizada a válvula solenóide. Assim, reduzidos os componentes a serem controlados, a lógica de controle foi simplificada.

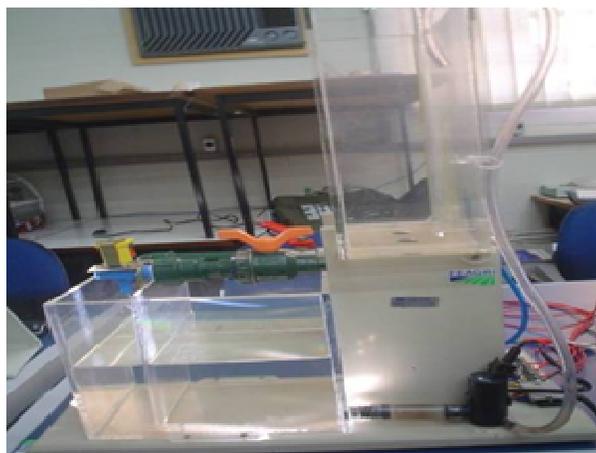
Esta configuração, assim como o modelo de programação, são sistemas mais detalhados e que podem ser utilizados posteriormente, se houver possibilidades.

No sistema utilizado neste trabalho, o CLP aciona apenas a bomba de circulação do fluido (entre reservatório de água quente e trocador de calor), as resistências elétricas (em caso de redução de temperatura do reservatório) e o ventilador. Esta lógica é suficiente para atender às necessidades do aquecedor.

No projeto do sistema de controle foi utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP) marca HI tecnologia, modelo ZAP900 com módulo de expansão HXM500 que possui, como principais características: 8 entradas digitais, 8 saídas digitais do tipo PNP, 1 gerador de frequência, 2 entradas para sensores do tipo PT-100, IHM incorporada e comunicação do tipo RS232. O PLC foi programado em linguagem Ladder utilizando o programa SPSW.

A lógica de controle foi desenvolvida em diagrama *Grafset*. A simulação da lógica foi realizada utilizando o programa *Automation Studio*. Com isso, podem-se observar possíveis erros e inconsistências antes da aplicação no sistema real.

Inicialmente o sistema de controle foi implementado em uma bancada de teste, no Laboratório de Instrumentação e Controle da FEAGRI-UNICAMP (figura 2.4-13), que possuía todos os elementos descritos anteriormente para o projeto real. Esta implantação experimental objetivou o teste da lógica já implementada no CLP, além do teste dos sensores e atuadores do processo.



***Figura 2.4-13: Bancada de teste do sistema de controle desenvolvido.***

Para testar a eficiência do intercambiador, foi realizada uma análise observacional, na qual a tecnologia funcionou por meio da utilização de energia elétrica apenas e com acionamento por termostato simples.

O teste da tecnologia com aquecimento solar e CLP foi realizado juntamente com o teste das demais tecnologias experimentadas e sua metodologia será exposta a seguir.

#### ***2.4.4 Comparação entre as tecnologias***

Por razões já expostas, as tecnologias TR e TP foram distribuídas de forma aleatória na mesma sala e a tecnologia TA foi alocada sozinha em outra sala, em razão do aquecimento do ar, que é realizado em todo o ambiente.

A avaliação das tecnologias pode ter sido penalizada em virtude da impossibilidade de se trabalhar com ambientes iguais e isolados para o teste de cada uma delas. Assim, procurou-se verificar a interferência entre as tecnologias TR e TP.

As tecnologias foram testadas em quatro análises observacionais.

No quadro 2.2. foram apresentados os testes realizados com os equipamentos, bem como um teste para validação das análises (análise de interferência) e com qual objetivo foram realizados.

**Quadro 2.2. Descrições e objetivos das análises observacionais realizadas.**

<b>Análise observacional</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição das formas de aquecimento</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Análise de interferência</b>	21/02/2008 a 05/03/2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático  <b>TSA2</b> – Sem Aquecimento, na mesma sala que TR  <b>TSA3</b> – Sem Aquecimento, em sala diferente que TR	Verificar se há interferência entre dois tratamentos realizados na mesma sala.
<b>1</b>	14 a 21/02/2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático.  <b>TRL</b> - Resistências elétricas suspensas, distribuídas Linearmente com acionamento manual	Aperfeiçoar o sistema de aquecimento de resistências elétricas quanto ao posicionamento das mesmas.
<b>2</b>	14 a 21/05/2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático  <b>TSA2</b> – Sem Aquecimento, na mesma sala que TR  <b>TAE</b> – sistema de Aquecimento do ar utilizando energia Elétrica	Primeiro teste do sistema de aquecimento do ar por convecção.
<b>3</b>	18/06 a 02/07/2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático  <b>TP</b> – Piso aquecido  <b>TAES</b> – sistema de aquecimento do ar utilizando combinação entre energia Elétrica e Solar	Comparação das tecnologias de aquecimentos por radiação (resistências suspensas), por condução (piso aquecido) e por convecção (insuflação de ar quente).
<b>4</b>	23/07 a 30/07/2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homogeneamente com acionamento automático  <b>TP</b> – Piso aquecido  <b>TAES</b> – sistema de aquecimento do ar utilizando combinação entre energia Elétrica e Solar	Comparação das tecnologias de aquecimentos por radiação (resistências suspensas), por condução (piso aquecido) e por convecção (insuflação de ar quente).

Os capítulos III, IV e V apresentaram o desempenho das tecnologias quanto aos aspectos de respostas do ambiente, respostas dos animais e uso de energia elétrica.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.5.1 Sistema TR – Resistências elétricas

O sistema de resistências elétricas suspensas (TR) implantado está ilustrado na figura 2.5-1.



*Figura 2.5-1: Sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas, instalado na baia.*

A instalação das resistências, com distribuição homogênea na baia (TR), foi realizada sem dificuldades. Em razão do acionamento por termostato, que deve ter seus terminais permanentemente acoplados ao sistema elétrico, optou-se por uma estrutura fixa. Ou seja, não era possível retirar a fiação tão facilmente quanto no caso do sistema anteriormente utilizado

na granja. O sistema anteriormente utilizado na granja (resistências dispostas linearmente) consistia em um varal móvel, que era conectado a uma tomada.

A imobilidade do sistema foi considerada como uma desvantagem com relação ao sistema original. O sistema anterior permitia que, nas semanas em que os leitões não precisassem de aquecimento, as mesmas resistências pudessem ser utilizadas para outras salas de criação. Porém, é possível que seja realizada uma adaptação para a facilitação do manejo e otimização da utilização deste sistema.

Outra desvantagem do sistema TR, com relação à TRL, foi a ocorrência de maior número de leitões queimados durante o manejo, bem como episódios de queimaduras dos manejadores e pesquisadores.

Foi relatada também pelos funcionários a dificuldade no momento da limpeza e desinfecção da baia onde TR foi instalado, uma vez que não é possível remover a fiação e há necessidade de se suspender as resistências, uma a uma.

No entanto, a operação do sistema foi considerada simples pelos funcionários (acionamento por disjuntor apenas momentos antes da entrada dos animais na baia e desligamento após a segunda semana de permanência dos animais).

Não houve dificuldades na parametrização do termostato, inclusive por parte dos funcionários.

O sistema não apresentou falhas durante o período de observação.

Outra vantagem apresentada foi a preocupação com a manutenção da temperatura adequada aos animais por meio de termostato, que não ocorreu com a utilização de TRL.

É necessário salientar que houve grande dificuldade em se encontrar no mercado resistências elétricas para aquecimento do ar, nas especificações desejadas. Há também grande variabilidade de preço. Este fato pode dificultar o uso contínuo desta tecnologia.

### ***2.5.2 Sistema TP – Piso aquecido***

O piso aquecido instalado está apresentado na figura 2.5-2.



*Figura 2.5-2: Piso aquecido instalado na creche.*

Não houve dificuldades na instalação das placas. Houve dificuldades apenas no transporte das mesmas até a granja. O sistema foi montado na forma de placas por ter sido desenvolvido nas dependências da Universidade. Em granjas, o sistema pode ser confeccionado uniforme e continuamente como piso comum de concreto.

As placas foram colocadas sobre o piso plástico ripado e, por esta razão, as placas permaneceram desniveladas, com grandes espaços entre elas. Desta forma, foi necessário cobri-las, após as ligações elétricas, com uma fina camada de pasta de cimento.

Os degraus formados em virtude deste procedimento não limitaram a movimentação dos animais.

A imobilidade do sistema pode ser considerada uma desvantagem.

Houve dificuldades na manutenção do sistema, que exigia que a pasta de cimento colocada sobre a placa fosse quebrada. Alguns reparos puderam ser feitos embaixo do piso, o

porém, este fato dificultou o processo de manutenção, já que, neste caso, houve necessidade de se adentrar à fossa de dejetos (baias suspensas).

O sistema de controle comportou-se conforme o desejado, sendo que a temperatura permaneceu por todo tempo dentro da faixa programada. A programação do controlador foi considerada simples.

A fiação dos sensores de temperatura inseridos nas placas ficou exposta, sendo considerada uma desvantagem pelos funcionários da granja. Dificuldade que pode ser superada pela construção na forma de piso contínuo.

O funcionamento se deu da forma esperada durante a primeira análise. Porém, na segunda análise observacional que utilizou o piso (4ª análise considerando todo o trabalho), houve infiltração de umidade, fazendo com que a corrente fosse conduzida até os animais. Por esta razão, quatro leitões vieram a óbito por eletrocussão. Isto ocorreu pelo uso incorreto do material de isolamento da fiação de Níquel-Cromo; a empresa usou isolamento de PVC (que não é totalmente impermeável) em vez de XPLE ou a base de silicone.

No que se refere ao acionamento, não houve dificuldades, uma vez que o mesmo era feito por disjuntor, momentos antes da entrada dos animais. O controlador ligava/desligava o sistema, de acordo com a programação realizada.

A forma de parametrização também foi considerada simples.

O controlador contou com o auxílio de um *no-break* para que o sistema não parasse de funcionar, embora a parametrização fosse mantida após queda de fornecimento de energia.

Houve dificuldades na manutenção da limpeza do controlador. Não foi possível mantê-lo livre de poeiras e sujidades durante as análises.

As placas foram lavadas sem prejuízo aparente. Embora se acredite que este processo interferiu nos incidentes que envolveram eletrocussão dos animais, pois, devido à isolamento não ser totalmente impermeável, houve fuga de corrente das placas para as paredes e bebedouros.

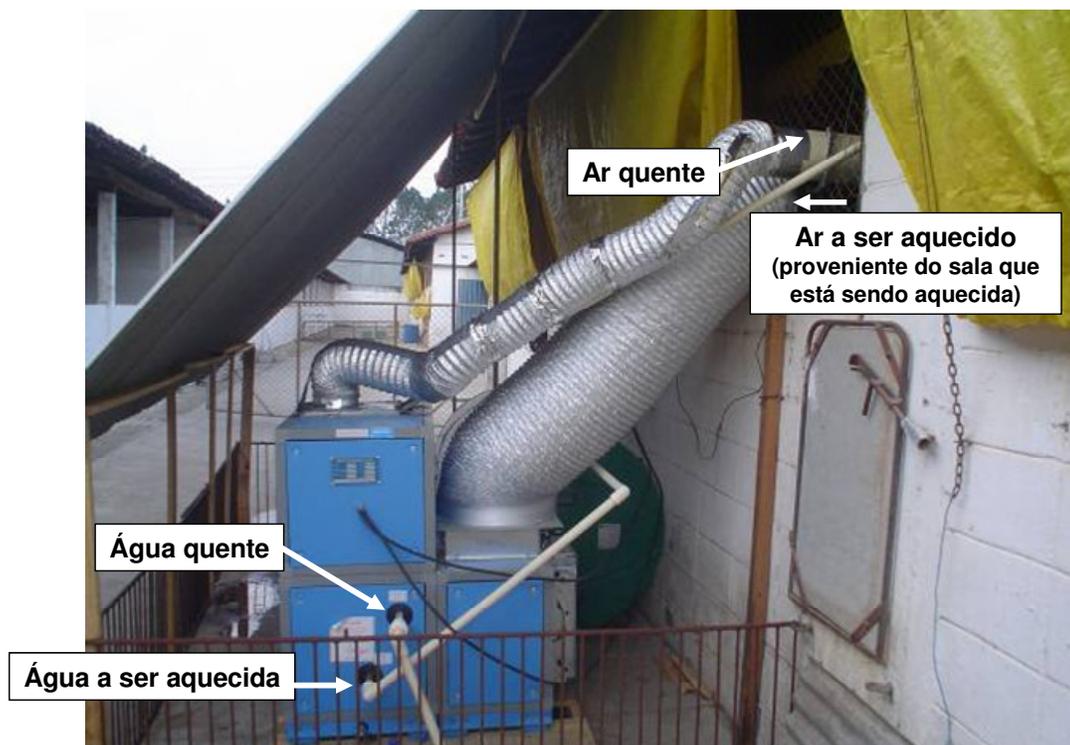
Há a necessidade de se verificar a vida útil dos pisos em ambiente de granja.

Há dificuldades na lavagem das salas em virtude da necessidade de se cobrir ou retirar o controlador e *no-break*.

Há a necessidade de se estudar um tipo de impermeabilizante que proteja a placas da ação dos dejetos e dos produtos de lavagem e desinfecção das instalações, que tenha pouca ação como isolante térmico.

### 2.5.3 Sistema TAES - Ar insuflado aquecido por energia elétrica ou energia solar

O sistema de aquecimento do ar por convecção pode ser visto na figura 2.5-3.



**Figura 2.5-3: Sistema de aquecimento do ar por convecção com energia solar ou elétrica.**

A tubulação de distribuição de ar quente na sala está apresentada na figura 2.5-4.



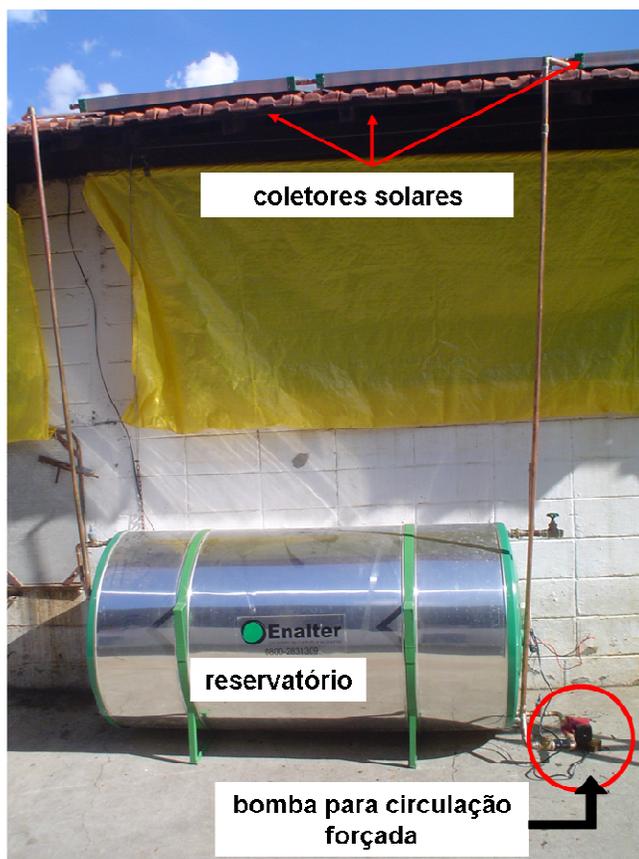
***Figura 2.5-4: Tubulação de distribuição do ar quente do interior da sala.***

Na figura 2.5-5 pode-se observar a tubulação de entrada do ar para dentro do intercambiador de calor.



***Figura 2.5-5: Tubulação de captação do ar quente no interior da sala.***

Houve dificuldades em alojar o reservatório de 1000L na estrutura do telhado dos galpões da granja, o que exigiu a utilização de uma bomba de circulação forçada, ao invés de contar com a força da gravidade para circulação (figura 2.5-6).



**Figura 2.5-6: Sistema de captação e armazenamento de energia solar: Reservatório de água quente, coletores solares e bomba para circulação forçada.**

Na concepção original do projeto, houve dificuldades de se utilizar o mesmo sistema para outras salas. Há a necessidade de se realizar adaptações no sistema de tubulação para que o sistema possa ser operado em outras salas, com mínima perda de calor neste trajeto. Não é possível adaptar o corpo do sistema de aquecimento (intercambiador, reservatório e bomba) uma vez que estes estão acoplados aos coletores solares por meio de um encanamento.

Em tensões oscilantes e queda de energia, o sistema apresentou problemas com a perda da parametrização do CLP. Em virtude de inúmeras interrupções no fornecimento de energia, em razão do uso inadequado das instalações elétricas na granja (depreciação, problemas de

mau dimensionamento, alteração da posição do TAP do transformador etc.), houve problemas com o CLP do sistema TAES (insuflação de ar aquecido por energias elétrica ou solar). O sistema perdia parâmetros essenciais de configuração, após ser desconectado da rede elétrica. A descoberta do problema, que foi solucionado com um *no-break*, demorou um tempo que pode ter prejudicado esta tecnologia na análise 3.

O fato do CLP perder as configurações ao ser desligado da rede, fez com que, ao retornar, o sistema não acionasse as resistências elétricas ou a bomba de circulação de água quente, mas acionasse o ventilador, fazendo com que fosse insuflado ar frio no interior das instalações.

A solução era dada tão logo o problema fosse detectado. Porém, acredita-se que houve prejuízos para o tratamento neste sentido nas análises apresentadas nos próximos capítulos.

Há necessidade de espaço físico para a alocação do sistema completo. A área ocupada por todo o sistema foi de 2,5 x 4m.

Há necessidade de se alterar o funcionamento do sistema TAES, de modo que a energia elétrica atue como fonte complementar da energia solar. Da forma como o sistema está operando, a utilização de energia solar exclui a possibilidade de utilização de energia elétrica. Ou seja, a entrada das resistências elétricas deve ocorrer paulatinamente à medida da necessidade de complementação de calor para atingir a temperatura programada e necessária no interior da sala.

É preciso que se estude o funcionamento deste equipamento com a utilização de ar frio, proveniente do exterior da instalação.

#### **2.5.4 Sistema TAE – Ar insuflado aquecido por energia elétrica**

Apesar do peso do intercambiador de calor (115 kg) é possível adaptar o sistema para que o mesmo seja utilizado em outras salas.

Não houve problemas de funcionamento e o acionamento, bem como a parametrização do termostato (figura 2.5-7), foram considerados simples.



*Figura 2.5-7: Termostato para acionamento de TAE, indicando temperatura no interior da sala.*

Há necessidade de espaço físico para a alocação do sistema completo. A área de chão ocupada por todo o sistema foi de 0,6m x 1m.

É necessário que se estude o funcionamento deste equipamento com a utilização de ar frio, proveniente do exterior da instalação.

### ***2.5.5 Comparação entre as tecnologias***

Apresentam-se no quadro 2.3 vantagens e desvantagens de implantação e operacionalização dos sistemas atuais.

**Quadro 2.3. Vantagens e desvantagens de implantação e operacionalização dos sistemas atuais.**

Sistema	Vantagens	Aperfeiçoamento		Desvantagens	Resolução	
		Necessário e possível?	Viável ?		Possível?	Viável? (técnica e econômica)
TR	Simple operação	Não	n.a.	Imobilidade	Sim	Sim
	Simple parametrização do controlador	Não	n.a.	Queimadura nos leitões	Não	n.a.
	Não há necessidade de espaço físico extra-baia para alocação do sistema	Não	n.a.	Dificuldades no momento da limpeza	Não	n.a.
				Dificuldades de encontrar o produto no mercado	Não	n.a.
				Acionamento por termostato simples	Sim	Sim
TP	Simple parametrização do controlador	Não	n.a.	Imobilidade	Não	n.a.
	Não há necessidade de espaço físico extra-baia para alocação do sistema	Não	n.a.	Risco de eletrocussão dos leitões e manejadores	Sim	Sim
				Fiação dos sensores exposta à lavagem e roedores	Sim	Sim
				Controlador sensível a ambientes com excesso de poeiras e sujidades	Sim	Sim
				Necessidade de <i>no-break</i> para a manutenção da parametrização do sistema após queda de energia elétrica	Sim	Sim
TAES	Simple operação desde que parametrizado	Não	n.a.	Imobilidade	Em partes	?
				Necessidade de <i>no-break</i> para a manutenção da parametrização do sistema após queda de necessidade de espaço energia elétrica	Sim	Sim
				Necessidade de espaço físico extra-baia para alocação do sistema	Não	n.a.

Outras desvantagens foram referentes à utilização da tecnologia de forma adaptada para pesquisa, como é o caso da utilização de placas aquecidas, confeccionadas na Universidade, e não de um piso aquecido, confeccionado na granja.

Durante as análises observacionais realizadas, não houve insolação suficiente para que o sistema TAES funcionasse. É importante destacar que o sistema foi dimensionado com base na média histórica de insolação do mês de julho. Porém, o mês de julho de 2008 comportou-se de forma atípica com relação a este parâmetro, apresentando menor taxa de insolação. Desta forma, este sistema foi testado apenas com energia elétrica. (ANEXO 2 e 3).

Quanto às possibilidades de resolução dos problemas ocorridos com as tecnologias, podem-se citar as seguintes possibilidades:

- **TR**

- **Imobilidade:** possibilitar terminais de acoplamento à eletricidade para linhas móveis de resistências com termostato ou possibilitar terminais de acoplamento a termostatos fixos
- **Acionamento por termostato simples:** desenvolvimento de sistema de controle inteligente

- **TP**

- **Risco de eletrocussão de leitões e manejadores:** utilização de material mais adequado ao isolamento da fiação e de impermeabilizantes para as placas que não reduzam o potencial de transferência de calor do material utilizado.
- **Fiação dos sensores exposta à lavagem e roedores:** embutir fiação na placa ou utilizar material protetor para recobrimento dos fios.
- **Controlador sensível a ambientes com excesso de poeiras:** Novo projeto da caixa que protege o sistema eletrônico.
- **Necessidade de *no-break* para a manutenção da parametrização do sistema após queda de energia elétrica:** utilização de uma bateria interna.

- **TAES**

- **Imobilidade:** adaptação da tubulação para distribuição de ar quente para outras salas. Porém, o corpo do sistema (reservatório, bomba, *fan coil* e parte hidráulica complementar) deve estar fixo aos coletores solares, por isto há necessidade de se promover a condução do ar quente com perda mínima de calor no trajeto.
- **Necessidade de no-break para a manutenção da parametrização do sistema após queda de energia elétrica:** utilização de uma bateria interna.

### *2.5.6 Considerações sobre custos das tecnologias*

Optou-se por não se fazer uma análise econômica, ou mesmo uma análise de custos, uma vez que os sistemas foram testados em nível de protótipo. Por esta razão, o custo dos sistemas propostos foi acima do que seria (possivelmente) comercialmente aceito.

## **2.6 CONSIDERAÇÕES PARA APERFEIÇOAMENTO DOS SISTEMAS**

Além da utilização dos sistemas aqui apresentados, podem ainda ser testados sistemas híbridos, tais como a utilização do piso aquecido por resistências elétricas combinado com resistências elétricas suspensas ou convecção.

Outra possibilidade seria a utilização de energia elétrica para suplementar as deficiências do aquecimento da água por energia solar. Desta forma, poder-se-ia acionar quantas resistências fossem necessárias para a complementação de calor fornecido pelo Sol. Para tanto, seria necessária reprogramação do CLP.

Para aprimorar o sistema de resistências suspensas, é necessário calcular a carga térmica do local, com o objetivo de aperfeiçoar o sistema. O cálculo da carga térmica pode determinar a redução da potência instalada (reduzindo a quantidade de resistências ou alterando as especificações das resistências) e, conseqüentemente, reduzir o consumo de energia elétrica do sistema.

Às resistências suspensas pode ser agregado um sistema de controle mais inteligente que o termostato.

## 2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARAMORI JR, J.R., SILVA, A.B. Manejo de Leitões na Maternidade. Coleção Tecnologia Fácil. 2ª ed. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006, 80p.

INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e massa.** EDIÇÃO. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1998. p. 262-266.

MERLOT, E.; MEUNIER-SALAÜN, M.; PRUNIER, A. Behavioural, endocrine and immune consequences of mixing in weaned piglets. **Applied Animal Behaviour Sciences.** Amsterdam, The Netherlands, v. 85, n. 3-4, p. 247-257. 2004.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; MOURA, D.J. SEVEGNANI, K. Análise de imagem aplicada ao estudo do comportamento de leitões em abrigo escamoteador. **Engenharia Agrícola.** Jaboticabal-SP, v. 24, n.2, p.274-284, mai./ago. 2004.

PERDOMO, C.P. et al. **Escamoteador no desempenho de leitões.** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, jul. 1989, p. 1–3. (Comunicado técnico, n.145).

ROSSI, L.A.; CARDOSO, P.E.R., BERALDO, A.L. Desempenho de cascas de argamassa de cimento e casca de arroz, aquecidas por resistência elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA. 2002. p.249-252. CD-ROM.

ROSSI, L.A.; CARDOSO, P. E. dos R.; BERALDO, A. L. Avaliação térmica de placas de argamassa de cimento e casca de arroz aquecidas por resistência elétrica. **Eng. Agríc.,** Jaboticabal, v. 25, n. 1, abr. 2005 . Acesso em: 13 dez. 2006.

SARUBBI, J. **Estudo do conforto térmico, desempenho animal e racionalização de energia elétrica em uma instalação suinícola na região de Boituva-SP.** 2005. 90f. (Mestre em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Efeito de diferentes sistemas de aquecimento no desempenho de leitões.** Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.122, set. 1987. p. 1–3.

## **III UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EM DIFERENTES SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

Apesar da importância do setor agropecuário na composição do Produto Interno Bruto do Brasil e da importância dos pecuaristas como fornecedores de proteína à população, as políticas governamentais para o setor agropecuário pouco favorecem os produtores. As linhas de financiamento costumam não ser muito consistentes e fornecem quantias insuficientes para os empreendimentos. Por esta razão, pouco auxiliam os produtores agropecuários, uma vez que os investimentos para qualquer melhoria da produção costumam ser altos.

Assim, os pecuaristas, muitas vezes, são ineficientes no sentido de melhorar sua produção, agregar valor aos seus produtos ou tomar quaisquer outras atitudes que sejam capazes de auxiliá-los na busca de preços mais justos por seus produtos.

Para atender às demandas de quantidade e qualidade de produção, o produtor de proteína animal necessita investir em novas tecnologias buscando a não exclusão do mercado pecuário atual, que se torna mais competitivo a cada dia.

No setor pecuário como um todo, urge medidas de eficiência energética, em virtude do tempo de uso (idade) dos equipamentos encontrados no campo, além de instalações elétricas deficientes e mau uso dos equipamentos, principalmente quando se refere aos importados.

As demandas de bem-estar animal muitas vezes se confrontam com a inviabilidade financeira dos processos.

Trabalhar o uso racional de energia na suinocultura é importante para contribuir com a sustentabilidade da atividade, uma vez que, se bem utilizada, a energia elétrica pode contribuir

para a viabilidade econômica da criação, para a viabilidade ambiental e de bem-estar dos animais.

O aquecimento de leitões em fase de creche e maternidade, por exemplo, é um setor da granja que demanda grande consumo de energia elétrica. Desta forma, é necessário aumentar a eficiência no uso da energia elétrica sem, no entanto, prejudicar o bem-estar dos suínos.

Assim, neste capítulo objetivou comparar tecnologias de aquecimento para leitões em fase de creche, sob os aspectos do uso de energia elétrica e de eficiência energética.

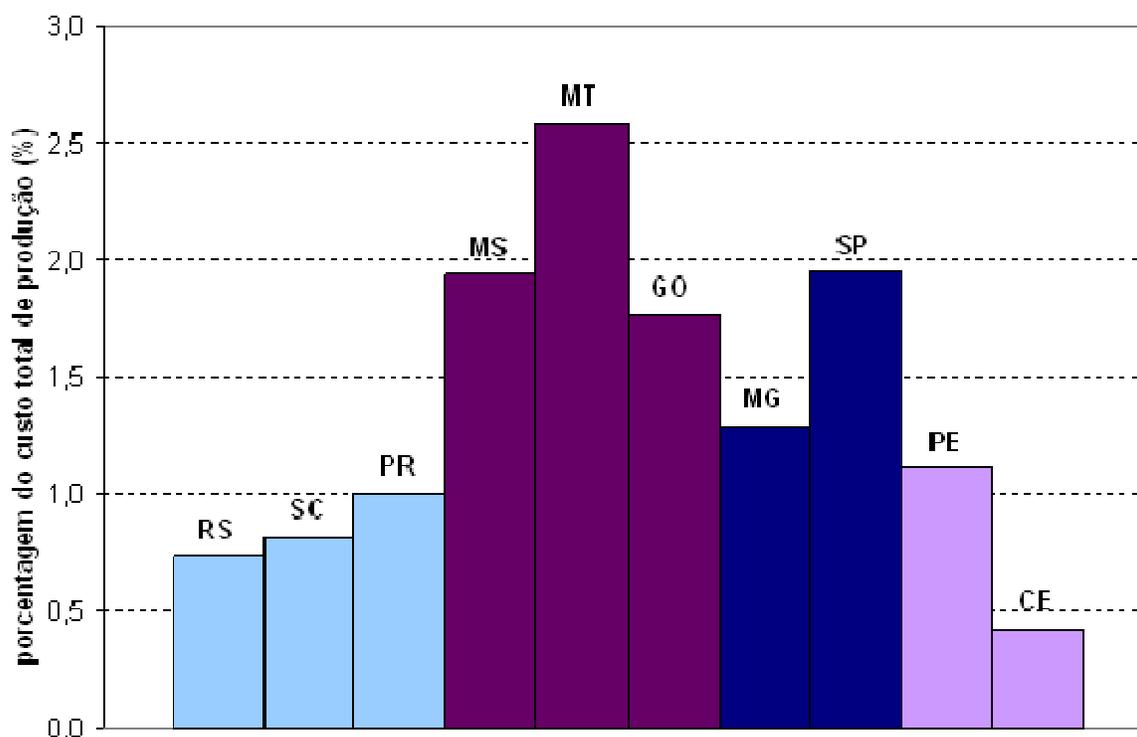
O resultado desta comparação é importante para que se consiga encontrar uma tecnologia de aquecimento que seja eficiente do ponto de vista de eficiência energética.

## **3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### ***3.2.1 Uso de energia elétrica na suinocultura***

A energia elétrica é um fator a ser considerado no preço final do suíno. Com o incremento dos sistemas de climatização, visando o bem-estar do animal e maior produtividade, houve aumento no consumo desta energia. Há necessidade de se estudar se o aumento no consumo final da granja é compensatório ou viável economicamente, ao considerarmos o aumento da produtividade.

Os dados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento (2008), a respeito da participação da energia elétrica no custo de produção dos suínos, são vinculados a outras fontes de energia e combustíveis. No território nacional, há discrepância da porcentagem de participação destes insumos entre os estados. As porcentagens de participação da energia e combustíveis nos estados brasileiros, no mês de novembro de 2008, variaram de 0,4 a 2,6% do custo total de produção (figura 3.2-1).



Fonte: Adaptado de Conab (2008)

**Figura 3.2-1: Participação da energia elétrica (e combustíveis) no custo de produção total do suíno, nos estados brasileiros, em novembro de 2008.**

A energia elétrica, utilizada nos galpões para alimentação, iluminação e, principalmente, manutenção do conforto térmico animal, tem extrema importância dentro de uma quantificação de custos, com total atenção aos equipamentos que estão sendo utilizados e a sua relação benefício/custo, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica.

Não são abundantes literaturas atuais e específicas sobre energia elétrica na suinocultura. De acordo com Giroto e Talamini (1998), o consumo médio da energia elétrica por suíno terminado no Brasil, no ano de 1994, era de 2,03 kWh/animal terminado.

Talamini et al. (2006) estimaram que o consumo de uma granja de suínos é de 150 kWh por matriz alojada.

Apesar de todo empenho dos produtores em elevar o grau de emprego de tecnologias do setor, adotando as melhores técnicas, o que se observa é que estes vêm ao longo dos anos

obtendo sucessivos prejuízos com a atividade. Assim, fazem-se necessários estudos sobre a evolução do progresso tecnológico do setor, sobre a rentabilidade da atividade, tendo o produtor que internalizar esses custos (TELES, 2001).

A produção do setor avícola tem incorporado tecnologias nos últimos anos com o objetivo de aumentar a produtividade, estando à frente da suinocultura. Nesse sentido, a automação e a adoção de novos equipamentos têm contribuído para a atividade com altos índices de produção (ABREU e ABREU, 2001).

### ***3.2.2 Uso racional de energia elétrica na suinocultura***

Adequar o sistema elétrico de uma empresa, buscando conservar e racionalizar, significa contribuir para a melhoria e qualidade do uso de energia elétrica, com conseqüente redução dos custos operacionais e tarifários, mantendo, igualmente, o conforto e os benefícios que ela proporciona (SALLES e TEIXEIRA, 1999).

Os maiores responsáveis pelos gastos com energia elétrica de uma propriedade são os motores elétricos. Uma alternativa é substituí-los, na medida do possível, pelos chamados motores de alto rendimento. Sua utilização pode significar economia de até 30% no consumo de energia elétrica. No entanto, esse tipo de equipamento só deve ser usado em aplicações nas quais o número de horas anuais de uso seja longo. Isso para que se possa amortizar o investimento em um período menor, já que eles têm preço mais elevado que o de motores convencionais. Deve-se procurar fazê-los funcionar sempre próximos da plena carga, adequando a potência do modelo à do equipamento com o qual ele será utilizado (ENERGIA, 2001).

Alternativa viável para uso racional de energia elétrica são os variadores de velocidade, que podem ser acoplados aos motores comuns para alternar sua velocidade e com isso reduzir o consumo de energia elétrica, proporcionando sensível diminuição dos gastos. O uso de lâmpadas econômicas também pode reduzir o consumo (ENERGIA, 2001).

Automação é o processo através do qual são implantados sistemas para garantir maior rendimento e produtividade, com qualidade, a custos compatíveis com o mercado. Nos últimos anos, os sistemas de controle automático têm adquirido grande importância em todos os campos da avicultura. As aplicações dos sistemas de controle cobrem um amplo domínio e

continuamente aparecem novas aplicações para o controle automático. (ABREU e ABREU, 2001). A suinocultura, aos poucos, também vem adotando estas inovações.

Até mesmo um termostato simples pode ser um instrumento interessante sob o aspecto do uso racional de energia elétrica. Esta ferramenta permite corrigir as deficiências de manejo da fonte de calor e mantém o ambiente sempre estável, com economia de energia de 30 a 50% em relação ao sistema sem sua utilização (BONETT et al., 1997).

Turco et al. (1998) realizaram um trabalho objetivando estudar o consumo de energia elétrica, a relação velocidade do ar/consumo de energia elétrica e os custos operacionais de conjuntos motor-ventilador utilizados em instalações de frangos de corte no Brasil. Foram medidos, nas mesmas condições ambientais, o consumo de energia elétrica (kWh) e a velocidade do ar (m/s). Também, calcularam o custo operacional de treze diferentes conjuntos motor-ventilador. Os resultados desta avaliação demonstraram que o conjunto que apresentou melhor eficiência na relação velocidade média do ar/consumo de energia elétrica, consumiu em média 27,12% menos energia elétrica do que os outros conjuntos analisados, representando, relativamente, uma economia de até 48,9%.

Ferreira e Turco (2000) analisaram o consumo e custo de energia elétrica para uma instalação de frangos de corte, em dois ciclos de criação em estações do ano diferentes. Foram realizadas medidas do consumo energético de ventiladores, nebulizadores, iluminação e comedouros durante o manejo dos animais. Os resultados demonstraram que havia diferenças significativas no consumo de energia elétrica ativa dos equipamentos.

Wagenberg e Vermeij (2001) estudaram um sistema de extração de ar por exaustão central, geralmente utilizado no oeste europeu, com a utilização de controladores, em instalações de suínos em crescimento e terminação. Concluíram que há uma redução de 30% do consumo de energia elétrica, quando comparado ao sistema convencional de ventilação, sem a utilização de controladores; embora o custo anual por animal alojado tenha atingido níveis superiores aos custos do sistema ao qual foi comparado.

### ***3.2.3 Utilização da energia solar para aumento da sustentabilidade***

Não há grande suporte literário para a possibilidade de utilização de energia solar para aquecimento de leitões, o que não reduz a importância do assunto.

Atualmente, devido aos altos custos energéticos, as instalações de aquecimento de água por energia solar vêm se mostrando uma opção de economia, sendo uma excelente estratégia para o desenvolvimento sustentável. Portanto, aliando a necessidade de economia e o enorme potencial do recurso solar no Brasil, sua utilização torna-se perfeitamente viável, tanto para aplicações residenciais, como também para fins comerciais e industriais (SOARES e PIMENTA, 2005).

Do ponto de vista do recurso solar, o Brasil reúne as condições necessárias para a implantação de sistemas solares, ou seja, regiões com elevado nível da componente direta da radiação, fator essencial para definir a viabilidade técnica desses sistemas (FRAIDENRAICH, 2002).

O que ocorreu nas últimas décadas foi uma crescente preferência por outras formas de aproveitamento de energia em detrimento da energia solar, fato que só agora passa a ser modificado em função de razões econômicas e ecológicas. Seguindo essa tendência, fabricantes de equipamento para captação de energia solar pleitearam a certificação de seus produtos pelo Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO, para que de posse de um selo de qualidade pudessem ter dados confiáveis de rendimento e mostrar que, comercialmente representam uma alternativa adequada, principalmente em relação a eletricidade, no caso de aquecimento de água para uso residencial (ALENCAR e SAGLIETTI, 2000).

A crescente demanda mundial de energia e o progressivo esgotamento das fontes de energia não-renováveis é um problema ambiental, que se apresenta como questão cada vez mais importante para o futuro da humanidade (ALVARENGA, 2001).

### **Conversão de energia heliotérmica**

A tecnologia solar não é uma tecnologia única e sim um painel de tecnologias. Lida com fenômenos térmicos, elétricos, químicos e outros. Contudo, o que tem se desenvolvido e

atingido certo grau de maturidade são as tecnologias que se ocupam da conversão da energia solar em energia térmica e em energia elétrica (FRAIDENRAICH, 2002).

A energia solar pode ser usada na geração contínua de eletricidade (energia fotovoltaica) ou aproveitada sob forma de energia térmica, através do aquecimento de água (energia solar térmica).

Para a conversão heliotérmica é necessária a utilização de coletores solares térmicos.

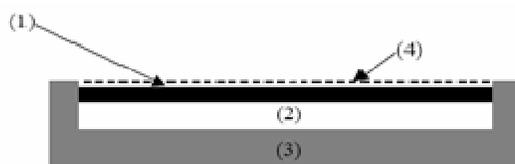
O coletor solar não produz energia elétrica, mas utiliza a energia térmica do Sol para aquecer um fluido através da absorção e transferência da radiação solar (DEMONTI, 2003).

O aquecimento de água com o emprego da radiação solar, quando se deseja obter temperaturas acima das do ambiente, exige a utilização de sistemas mecânicos denominados coletores solares (BEZERRA, 1990).

O equipamento mais popular da tecnologia solar é o coletor solar plano que converte energia solar em energia térmica. Na maior parte dos casos, no Brasil, o sistema solar térmico é utilizado para substituir o chuveiro elétrico, aplicação que possui grande importância, já que em lugar do consumo inadequado de energia elétrica, emprega-se energia térmica, gerada a uma temperatura bem próxima à temperatura de utilização (FRAIDENRAICH, 2002). A temperatura da água aquecida por este sistema é da ordem de 80° C.

De acordo com Santos (2004), coletor solar plano é aquele em que a energia solar incide em uma superfície plana. Esta superfície normalmente é pintada com tinta preta de alta absorvidade, uma parte da energia incidente coletada é transferida ao fluido e outra acaba sendo perdida para o ambiente. É um equipamento de operação simples, sendo utilizado em sistemas de aquecimento de ar e de água.

Genericamente, as principais partes constituintes de um coletor solar estão indicadas na figura 3.2-2.



- 1. Superfície absorvedora de energia solar**
- 2. Dutos em contato com a superfície absorvedora - por onde circula o fluido (água ou ar).**
- 3. Isolamento nas laterais e no fundo do coletor**
- 4. Uma ou mais coberturas transparentes à radiação solar**

Fonte: SANTOS (2004)

**Figura 3.2-2: Partes constituintes de um coletor solar (fluxo sobre a placa coletora).**

Para a superfície absorvedora podem ser utilizados: placa metálica plana pintada com tinta preta de alta absorvidade, leito de pedras ou chapa de concreto.

Ocorre na superfície deste componente a conversão da radiação solar em calor. A placa é formada por um conjunto chapa/tubo que proporciona melhor transferência de energia calorífica entre placa e o fluido a ser aquecido. Na forma de apresentação mais comum, os tubos estão dispostos em forma de grade (BEZERRA, 1990).

Para que o sistema possa funcionar de acordo com os níveis térmicos desejados é importante reduzir ao máximo as perdas térmicas, já que os coletores funcionam a temperaturas superiores às do ambiente.

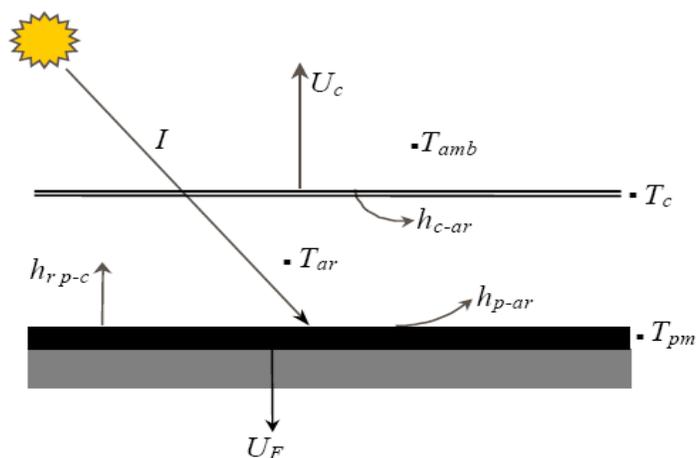
Esta condição é obtida com o emprego de materiais de baixa condutividade térmica (K) – isolantes térmicos. Para ser um bom isolante térmico, o material deve possuir os seguintes requisitos: custo aquisitivo baixo, resistência às temperaturas às quais será submetido, boa resistência mecânica e resistência à ação de intempéries.

De acordo com Bezerra (1990), o isolante térmico utilizado nos coletores planos é a lã de vidro, formando um colchão com 5 cm de espessura. As coberturas sobre a placa absorvedora visam minimizar as perdas por convecção e criar um efeito estufa (fenômeno que permite a conversão de radiação solar em incidente em energia calorífica). Para esta finalidade geralmente utiliza-se vidro. Para as dimensões normais dos coletores (2 m x 1 m ou 1,80 m x 1 m) o vidro deve ter espessura de 4 mm (BEZERRA, 1990).

Várias tecnologias são testadas visando melhorar a viabilidade econômica dos coletores solares. Soares e Pimenta (2005) realizaram análise teórica de um coletor solar inflável. Os resultados obtidos por simulação mostraram a viabilidade do projeto, destacando-se o baixo custo do coletor solar, pois é construído a partir de materiais de baixo custo. Embora seu rendimento tenha sido inferior aos demais existentes no mercado, ele demonstrou ser capaz de fornecer água quente em temperaturas adequadas, atingindo picos próximos a 58°C.

No período compreendido entre os anos de 2001-2002 os coletores solares já representavam 10% do consumo residencial de energia térmica nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Assumindo que os coletores solares que atingiram sua vida útil venham a ser substituídos por outros, no ano 2021, a energia solar térmica participará com 22 % do consumo de energia enquanto a energia elétrica caberá fornecer 78 % do total. Uma taxa de crescimento de 20 % no setor solar implicaria que no ano 2010 a energia solar térmica e a energia elétrica estariam contribuindo com frações iguais (FRAIDENRAICH, 2002).

A figura 3.2-3 ilustra os parâmetros envolvidos nos fenômenos de transferência de calor em um coletor solar para aquecimento de ar.



Fonte: SANTOS (2004)

**Figura 3.2-3: Formas de transferência de calor em um coletor solar com leito armazenador para aquecimento de ar.**

Sendo:

I - fluxo de radiação solar incidente ( $\text{W/m}^2$ ).

UF - coeficiente global de transferência de calor pelo fundo do coletor ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

Uc - coeficiente global de transferência de calor pela cobertura do coletor ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

hp-ar - coeficiente de transferência de calor por convecção entre o leito de pedras e o ar ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

hc-ar - coeficiente de transferência de calor por convecção entre a cobertura e o ar ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

hr p-c - coeficiente de transferência de calor por radiação entre o leito de pedras e o ar ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

Tamb - temperatura ambiente ( $^\circ\text{C}$ ).

Tc - temperatura média da cobertura ( $^\circ\text{C}$ ).

Tpm - temperatura média da placa ( $^\circ\text{C}$ ).

Tar - temperatura média do ar ( $^\circ\text{C}$ ).

### **Reservatório de água quente e rede de distribuição**

A fim de garantir o suprimento de água quente, tanto à noite, quanto nos dias nublados, a água previamente aquecida na placa absorvedora do coletor deve ser armazenada em um tanque termicamente isolado.

Esse reservatório deve oferecer condições suficientes para que a energia interna do fluido nele armazenado não sofra variações acentuadas com o tempo, de modo que a água possa ser utilizada dentro dos limites térmicos previstos. A estocagem é formada por um duplo tanque construído com chapa metálica de ferro galvanizado, cobre, fibra de vidro, etc., entre o qual se coloca uma manta de lã de vidro de 5 cm de espessura. Apesar de não ser corrente, a estocagem de água quente poderá ser feita em reservatórios com múltiplos isolamentos térmicos. É uma prática que aumenta o custo, porém melhora a eficiência com relação à variação de energia térmica (BEZERRA, 1990).

A rede de distribuição de água quente vai desde a saída do reservatório isolado, até o ponto de utilização.

### **3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### ***3.3.1 Local***

Os experimentos foram realizados em uma granja suinícola, localizada no município de Boituva, estado de São Paulo, já descrita anteriormente no capítulo II.

#### ***3.3.2 Faixa de temperatura ambiente utilizada***

Procurou-se manter os três tratamentos entre 28°C e 30°C.

#### ***3.3.3 Instalações utilizadas***

Por se tratar de experimentações em uma granja comercial, não foi possível dispor cada tratamento em uma instalação (sala) isolada e diferente. Dois tratamentos (TR e TP) foram dispostos na mesma sala e o tratamento TA foi disposto em outra sala (figura 2.3-1, cap. II).

Por causa desta e de outras limitações sofridas durante a confecção deste trabalho, bem como pela dificuldade de se controlar variáveis, é que se optou por denominar os estudos de análises observacionais e não de experimentos.

As três baias utilizadas para os tratamentos são idênticas. As salas nas quais as baias estão localizadas diferenciam-se apenas pela largura, tendo, portanto, áreas diferentes. Isto ocorre porque uma sala aloja 2 baias e a outra apenas 1. A tabela 2.3-1 do capítulo II apresenta as características e dimensões das salas estudadas e suas baias.

As avaliações das tecnologias podem ter sido penalizadas em virtude da impossibilidade de se trabalhar com ambientes iguais e isolados para cada tratamento. Assim, procurou-se verificar a interferência entre os tratamentos localizados na mesma sala (TR e TP), por meio de uma análise observacional, denominada análise de interferência.

Verificou-se pouca ou nenhuma interferência entre os tratamentos. Esta análise está apresentada nos capítulos IV e V.

### **3.3.4 Descrição das tecnologias e tratamentos**

Os tratamentos foram detalhados no capítulo II, referente ao desenvolvimento de sistemas de aquecimento para leitões desmamados.

Abaixo seguem descrições sumárias dos tratamentos.

#### **Tratamento TR (Resistências elétricas suspensas)**

Neste tratamento (TR), o sistema de aquecimento de leitões foi composto por 15 resistências elétricas de 200W, uniformemente distribuídas, suspensas, distando 1m do piso da baia. O sistema foi controlado por um termostato. Este sistema objetivou aquecer os leitões por radiação.

#### **Tratamento TP (Piso aquecido)**

O tratamento TP contou com uma área de piso aquecido e teve como objetivo fornecer calor ao leitão por condução.

O piso foi constituído de 8 placas aquecidas (900W cada uma) e 2 placas não-aquecidas (placas reservas). Cada placa foi construída com as seguintes dimensões: 100 cm x 130 cm x 2,5 cm. O aquecimento do piso foi realizado por um controlador eletrônico que manteve a temperatura do piso entre 28-30°C.

#### **Tratamento TAES (Sistema de aquecimento por convecção)**

A tecnologia aqui utilizada objetivou aquecer o ambiente por injeção de ar quente, proveniente do sistema de intercambiador de calor comercial. A tecnologia utilizou-se do princípio de transferência de calor por convecção.

Este sistema tem a possibilidade de funcionar com energia elétrica ou solar. Todo o sistema era acionado por um Controlador Lógico Programável. O ventilador jogava o ar proveniente das resistências elétricas e da serpentina de água quente para o interior da sala.

### **3.3.5 Parâmetros sobre utilização de energia elétrica**

A utilização de energia elétrica dos equipamentos foi avaliada através de medidores eletrônicos individuais (marca Embrasul, modelo RE6081), instalados nas caixas de distribuição de circuitos. Estes medidores foram acoplados a outro acumulador ou registrador de dados (*data logger*) específico, atendendo os padrões estabelecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Foi verificado o consumo de energia elétrica no mesmo período em que se mediram os dados relativos à temperatura e umidade relativa. Os registros foram realizados a cada 15 minutos (de acordo com padrão da ANEEL). Estes dados foram adquiridos 24 horas por dia durante os experimentos. Os dados dos medidores foram analisados em um programa computacional específico para esta finalidade.

As variáveis elétricas consideradas para a comparação dos tratamentos foram a demanda máxima de potência (kW), o fator de potência e o consumo de energia elétrica (kWh).

A demanda máxima registrada indica o maior valor de demanda de energia elétrica registrado no período, sendo que a demanda é o consumo de energia dividido pelo tempo de medição, no período considerado.

O fator de potência (relação entre potência ativa e potência aparente) indica como o sistema está se comportando com relação ao consumo de energia, indicando o quanto da potência está sendo efetivamente utilizada.

Já o consumo é o registro da quantidade de energia elétrica consumida durante um determinado tempo.

Todos os parâmetros foram considerados para o sistema completo, incluindo componentes eletrônicos, *leds*, *coolers* etc.

### **3.3.6 Parâmetro produtivo – Ganho de peso total do lote**

A variável objetiva usada para avaliar o desempenho produtivo dos animais foi o ganho de peso do grupo no período estudado.

Os animais foram pesados em grupos de aproximadamente 10 animais e os pesos dos grupos foram somados dentro de cada tratamento.

### ***3.3.7 Parâmetro de eficiência energética do tratamento – Consumo específico***

Para se avaliar a eficiência energética dos tratamentos, foi utilizado o consumo específico. Realizou-se a análise do consumo de energia (kWh) em relação ao produto gerado (kg de peso vivo na saída da creche). Assim, esta relação é dada pela equação 3.1:

$$C_{es} = \frac{CA_i}{QP_i} \quad (3.1)$$

Sendo:

$C_{es}$  = Consumo específico em kWh/kg de suíno vivo produzido;

$CA_i$  = Consumo de energia elétrica pelo lote em kWh;

$QP_i$  = Quantidade de produto produzido no lote pela unidade consumidora (baia), em kg de suíno vivo;

$i$  = índice referente ao lote de criação de suínos obtido através de análise histórica dos dados.

### ***3.3.8 Considerações sobre as análises***

As análises aqui apresentadas foram denominadas “Análise 3” e “Análise 4”. Esta denominação ocorreu para que a mesma nomenclatura pudesse ser adotada para todos os capítulos. Nos capítulos IV e V, serão apresentadas outras análises, realizadas anteriormente às aqui apresentadas (Análise de interferência, 1 e 2). Estas análises anteriores objetivaram, basicamente, verificar se houve interferência entre os tratamentos, prejudicando uma avaliação, testar e aperfeiçoar as tecnologias avaliadas nas análises 3 e 4.

A análise 3 teve a duração de 14 dias e a análise 4 teve a duração de 7 dias, por razões já apresentadas no capítulo II (mau funcionamento de TP e eletrocussão de animais).

As análises dos parâmetros relativos à energia elétrica são descritivas.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as análises observacionais realizadas, não houve radiação suficiente para que o sistema TAES funcionasse. É importante destacar que o sistema foi dimensionado com base na média histórica de insolação do mês de julho. Porém, o mês de julho de 2008 comportou-se de forma atípica com relação a este parâmetro, apresentando menor taxa de insolação. Desta forma, este sistema foi testado apenas com energia elétrica (ANEXO 2 e 3).

#### 3.4.1 Utilização de energia elétrica pelos sistemas

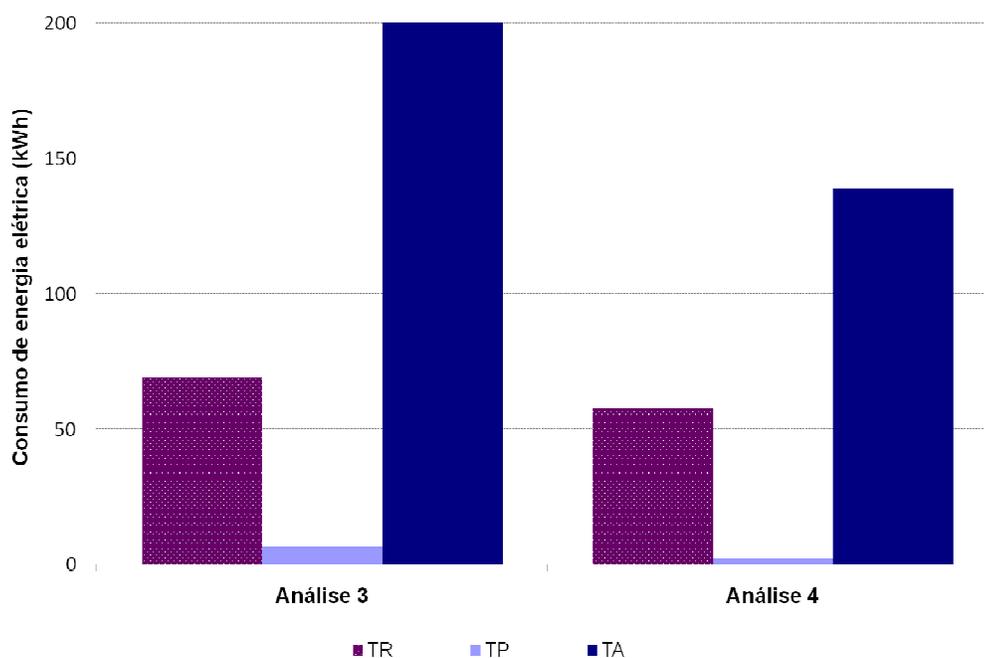
O consumo de energia elétrica é o registro do quanto de energia elétrica foi consumida durante um determinado tempo e, por isso, expresso em kWh. A tabela 3.4-1 apresenta os dados de consumo médio diário de energia elétrica para cada um dos tratamentos nos períodos estudados.

**Tabela 3.4-1: Consumo total de energia elétrica pelos tratamentos, em 2 semanas de uso, durante as análises 3 e 4.**

	Consumo de energia elétrica (kWh)		
	TR	TP	TA
<b>Análise 3 (14 dias)</b>	69,16	41,62	200,24
<b>Análise 4 (14 dias*)</b>	115,32	44,8	278,14

\*Valores originados da extrapolação de 7 dias de funcionamento dos sistemas para 14 dias.

Na figura 3.4-1 foram representados graficamente os valores de consumo médio de energia elétrica, expostos graficamente.



**Figura 3.4-1: Consumo médio diário de energia elétrica nas análises 3 e 4.**

O aquecimento por convecção, apesar do consórcio com fonte alternativa de energia, foi o que mais consumiu energia elétrica, sendo, portanto, o pior dos tratamentos sob este aspecto.

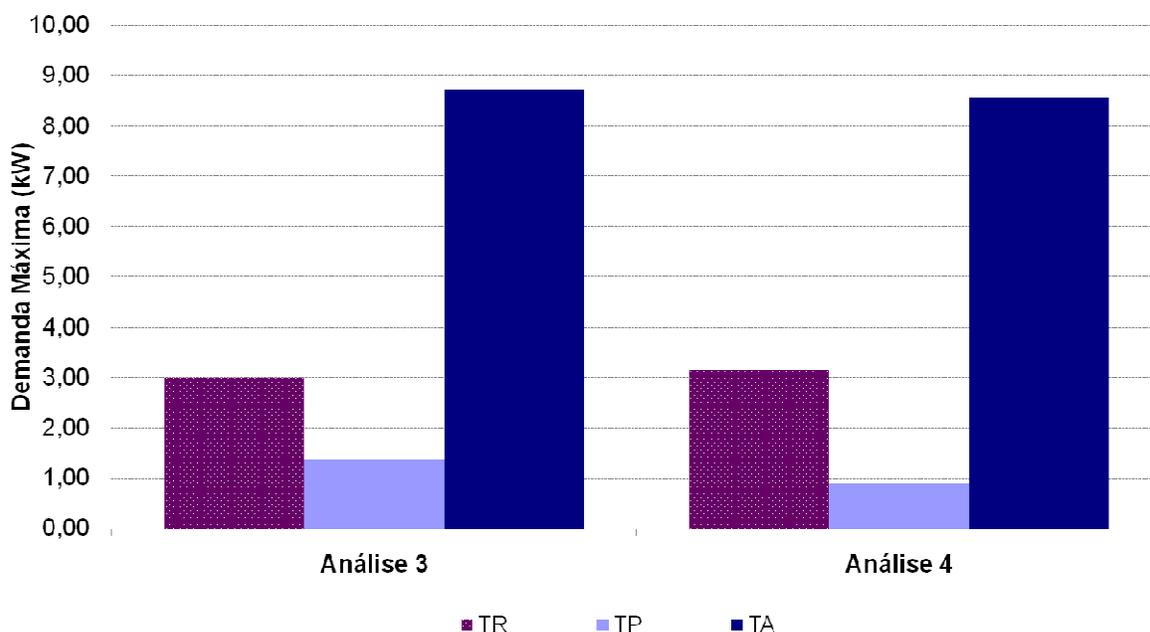
O aquecimento por condução foi o melhor sob este aspecto porque consumiu menos energia elétrica.

A demanda máxima registrada indica o maior valor de demanda de energia elétrica registrado no período. Os dados relativos à demanda máxima registrada, para cada tratamento e em cada período estão apresentados na tabela 3.4-2.

**Tabela 3.4-2: Demanda máxima registrada pelos tratamentos, durante as análises 3 e 4.**

	Demanda máxima registrada (kW)		
	TR	TP	TA
Análise 3 (14 dias)	2,99	1,36	8,71
Análise 4 (7 dias)	3,14	0,88	8,56

A figura 3.4-2 apresenta graficamente os dados de demanda máxima de energia (kW), registrada no período.



**Figura 3.4-2: Demanda máxima registrada para cada tratamento, nas análises 3 e 4.**

A maior demanda máxima foi registrada no tratamento TA. Isso se explica em virtude da maior carga instalada neste sistema. Quando não foi possível utilizar energia elétrica, houve a utilização de 8460W de resistências elétricas.

Lembrando que a potência instalada de TP foi de 7,2 kW, em virtude de um equívoco no envio do material pelo fabricante, e que a potência calculada para a necessidade de temperatura dos animais foi de 2,4 kW, é possível notar que a demanda máxima de TP, considerando as duas análises, foi de 1,36 kW (nestas condições de uso, considerando utilização do controlador e as condições climáticas). Desta forma, o cálculo para dimensionamento do sistema mostrou-se adequado.

O fator de potência (relação entre potência ativa total e potência aparente total) indica como o sistema está se comportando com relação à utilização da potência total que está sendo fornecida ao sistema.

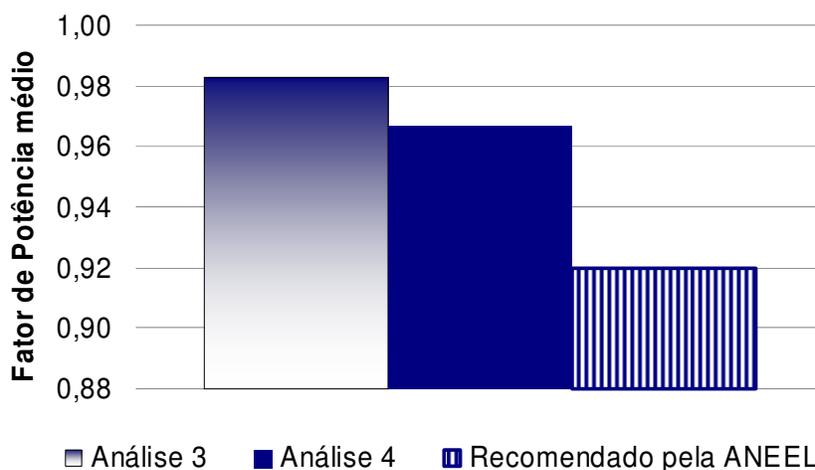
Considerando que os tratamentos TR e TP aquecem apenas com resistências elétricas, que têm seu fator de potência ao redor de 1, estudaram-se apenas os valores de fator de

potência médio do sistema TA, que contou com dois motores: um do ventilador e outro da bomba para circulação do fluido. Na tabela 3.4-3 foram apresentados os valores médios encontrados para o fator de potência para este tratamento.

**Tabela 3.4-3: Fator de potência médio de TA, durante as análises 3 e 4.**

Fator de Potência	
	TA
Análise 3 (14 dias)	0,98
Análise 4 (7 dias)	0,97

A figura 3.4-3 representa os valores médios do fator de potência de TA, distribuídos em gráfico, nos dois períodos de estudo, comparados ao valor recomendado pela ANEEL.

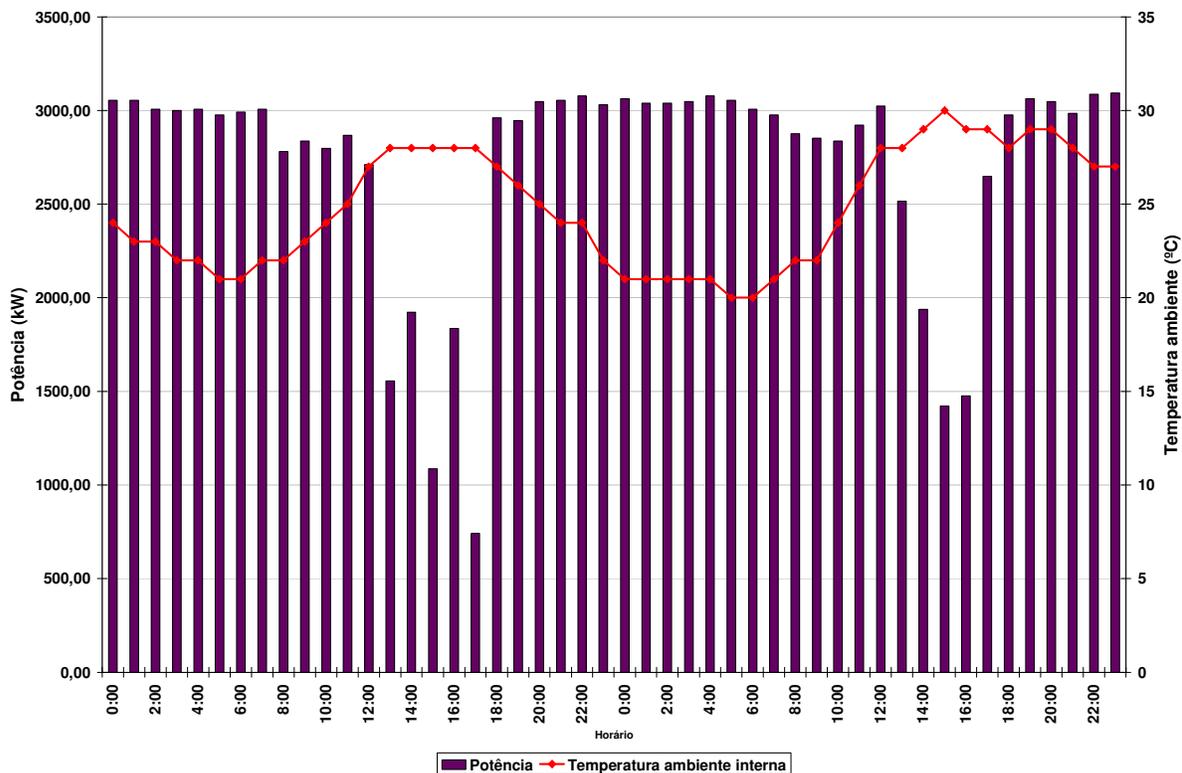


**Figura 3.4-3: Fator de potência médio de TA, nas análises 3 e 4.**

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL estabelece que o fator de potência nas unidades consumidoras deve ser superior a 0,92. Esse limite é determinado pelo Artigo nº 64 da Resolução ANEEL nº456 de 29 de novembro de 2000 e leva em conta o fator de potência medido e a energia consumida ao longo de um mês.

O comportamento deste sistema com relação ao uso de energia elétrica está dentro das normas da ANEEL.

Apenas para visualização do comportamento das tecnologias, elaboraram-se alguns gráficos que ilustram o funcionamento das mesmas, em função da temperatura ambiente interna. Elegeram-se dois dias frios da análise 4, para a demonstração. Os gráficos estão nomeados como figuras 3.4-4, 3.4-5 e 3.4-6.



*Figura 3.4-4: Comportamento de funcionamento de TR, em função da temperatura.*

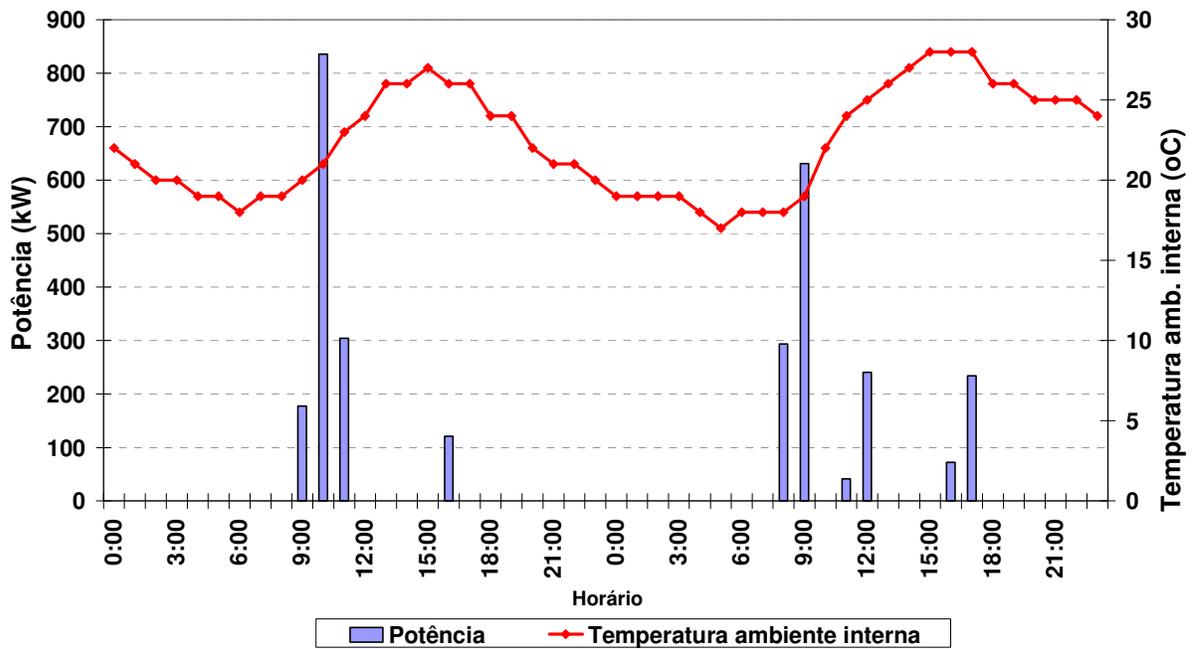


Figura 3.4-5: Comportamento de funcionamento de TP, em função da temperatura.

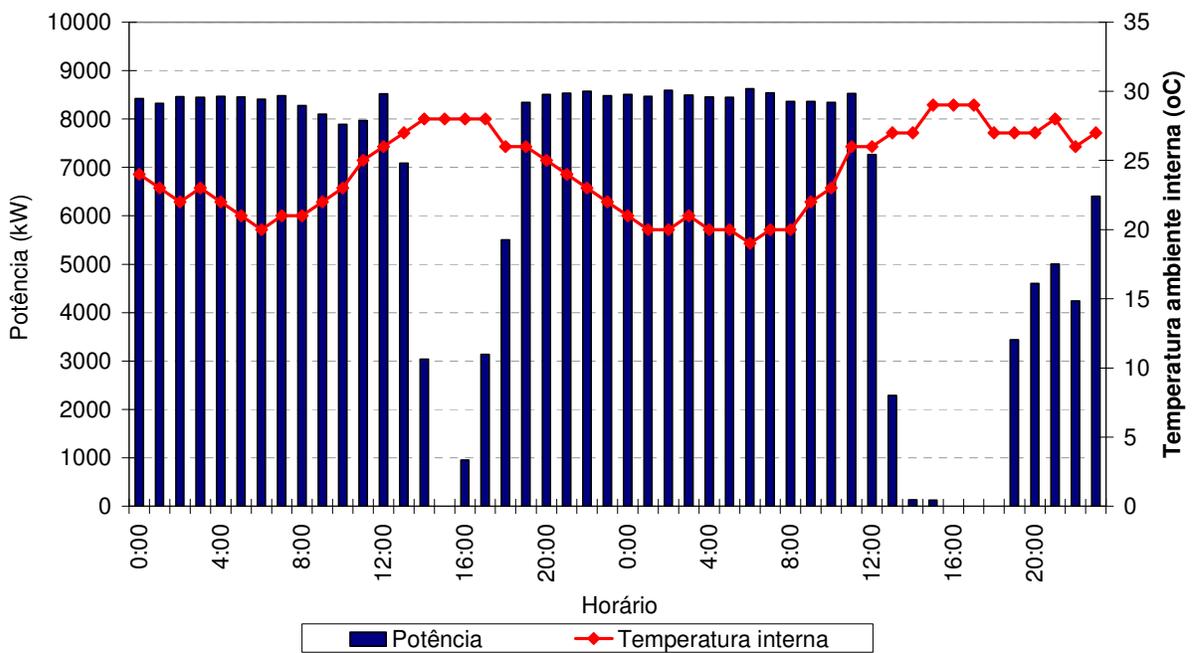


Figura 3.4-6: Comportamento de funcionamento de TA, em função da temperatura.

Em todos os sistemas as tecnologias comportaram-se conforme o esperado, uma vez que a tecnologia era acionada em caso de redução da temperatura ambiente.

### **3.4.2 *Peso vivo dos suínos para cálculo de consumo específico***

Esta avaliação apresenta os pesos iniciais, pesos finais, a média do ganho de peso total no período estudado.

A tabela 3.4-4 mostra os dados referentes ao ganho de peso total do lote ao final das análises observacionais 3 e 4.

***Tabela 3.4-4: Ganho de peso total do lote, em kg de peso vivo, submetidos às análises 3 e 4.***

<b>Ganho de peso total do lote (kg)</b>			
	<b>TR</b>	<b>TP</b>	<b>TA</b>
<b>Análise 3</b>	526,5	732	924
<b>Análise 4</b>	844,2	750,3	1081,2

Maiores discussões a respeito do fator peso e a comparação estatística entre médias de pesos serão apresentadas no capítulo V. Porém é importante notar que o tratamento TA foi capaz de produzir maior quantidade de produto. Estes valores de peso total da baía foram utilizados para o cálculo do consumo específico.

### **3.4.3 *Consumo específico - Ces***

Produzir mais produto só é compensatório se o custo de produção não aumentar substancialmente, de modo a inviabilizar a produção. Este fato parece ter ocorrido, em maior intensidade, com o sistema de aquecimento por convecção, visto que o sistema consumiu mais energia elétrica que o sistema TR e que o sistema TP para produzir maior quantidade de kg e a energia elétrica é um dos componentes do custo de produção.

Embora não se tenha realizado análise econômica dos sistemas, conforme já explicitado no capítulo II, o consumo específico é um dado importante para que se possa ter uma noção do quanto os sistemas foram eficientes, considerando os dados de consumo de energia elétrica e quantidade de produto gerado sob cada sistema. Desta forma, o consumo específico pode servir como um índice para a comparação entre os sistemas.

O consumo específico (Ces), neste caso, foi capaz de avaliar quanto de energia elétrica foi consumida para produzir 1 kg de peso vivo de suíno.

É possível obter que o aquecimento por convecção foi capaz de produzir mais produto (kg de peso vivo), em ambas as análises.

A tabela 3.4-5 exhibe os valores de Ces para cada sistema estudado, nas duas análises em questão.

***Tabela 3.4-5: Consumo específico dos tratamentos, em kWh/kg de peso vivo de suíno produzido, nas análises 3 e 4.***

<b>Consumo específico (kWh/kg)</b>			
	<b>TR</b>	<b>TP</b>	<b>TA</b>
<b>Análise 3</b>	0,131	0,009	0,217
<b>Análise 4</b>	0,068	0,003	0,129

O sistema TR, durante a análise 3, consumiu 0,131 kWh para produzir 1 kg de peso vivo. Este valor foi muito próximo do encontrado para TA, na análise 4. Porém, este comportamento de TR não se repetiu durante a análise 4, que teve seu consumo específico mais baixo que na análise 3.

Avaliando isoladamente os dados de ganho de peso é possível observar que os animais em TR, durante análise 3, ganharam menos peso. Por esta razão o consumo específico foi maior neste tratamento. Atribui-se que este comportamento como seja padrão do sistema, uma vez que, na análise 4, os animais ganharam mais peso e o consumo específico foi um dos menores apresentados.

Apesar dos animais em TA terem ganhado mais peso e TP menos peso, o consumo específico foi de TA foi o maior (e, portanto, pior) e o de TP foi o menor (melhor).

Sob o aspecto consumo específico, TP foi o melhor sistema e TA foi o pior.

Os sistemas interferiram em outros parâmetros dos animais, tais como o comportamento e fisiologia. Porém, o único aspecto economicamente mensurável, neste caso, foi o peso vivo. Por isto, esta análise que levou em conta uma relação entre consumo de energia e peso vivo foi a única realizada.

Com o objetivo de avaliar os sistemas foi calculada a quantidade de energia elétrica consumida para o aumento de 1°C em 1m<sup>3</sup> de ar, nesta edificação. É importante ressaltar que estes dados são locais e que são válidos para o tipo de edificação aqui estudado.

***Tabela 3.4-6: Quantidade de energia consumida para o aumento de 1°C na instalação.***

	<b>Quantidade de energia consumida (kWh) para o aumento de 1°C/m<sup>3</sup> na instalação</b>		
	<b>TR</b>	<b>TP</b>	<b>TA</b>
<b>Análise 3 (14 dias)</b>	0,14	0,11	0,26
<b>Análise 4 (14 dias*)</b>	0,26	0,15	0,43

Em uma análise comparativa dos dados apresentados na tabela 3.4-6, são necessários mais kW para aumentar 1°C/m<sup>3</sup> de ar no sistema de aquecimento do ar. O sistema mais eficiente, por meio da análise deste índice é o sistema TP, pois este precisa de menor quantidade de energia para aumentar 1°C/m<sup>3</sup> de ar.

### **3.5 CONCLUSÕES**

O sistema de piso aquecido foi o que consumiu menor quantidade de energia elétrica e apresentou a menor demanda máxima registrada. Este sistema ainda obteve o menor (portanto,

o melhor) consumo específico, o que significa que são consumidos menos kWh para produzir um kg de peso vivo.

O sistema de aquecimento por convecção, em condições de protótipo aqui apresentadas, foi o pior com relação ao uso de energia elétrica. Isto pode ser concluído, pois o sistema apresentou maior consumo de energia elétrica no período, maior demanda máxima, maior consumo específico e quantidade de energia necessária para aumentar em 1°C uma área de 1m<sup>3</sup> de ar, neste tipo de instalação.

O sistema de resistências elétricas suspensas apresentou comportamento intermediário aos demais.

O sistema de piso aquecido é o melhor para a utilização em aquecimento de creches de leitões, considerando os aspectos de eficiência energética, quando comparado ao sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas e o protótipo do sistema de aquecimento por convecção, que funcionou com energia elétrica e solar.

As melhorias dos protótipos, propostas no capítulo II e V, podem alterar este quadro.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. **Automatizando a avicultura**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, fev. 2001, p. 1–2. (Comunicado técnico, n.272).

ALENCAR, F.; SAGLIETTI, J. R. C. Análise de viabilidade de uma telha coletora de energia solar de cimento amianto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 37-48, 2000.

ALVARENGA, C.A. Energia solar. Lavras: Editora da UFLA, 2001.

BEZERRA, A. M. **Aplicações práticas da energia solar: aquecedor de água, fogão, destilador, silo-secador de grãos**. São Paulo: Nobel, 1990. 134p.

BONETT, L. P. et al. **Coleção 500 Perguntas - 500 Respostas**. 2<sup>a</sup> ed. Brasília: Embrapa - SPI, 1997, 243 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Custo de Produção – Suínos por UF, 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 20 dezembro 2008

DEMONTI, R. **Processamento da energia elétrica proveniente de módulos fotovoltaicos**. 2003. 150p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2003.

ENERGIA: à espera da média móvel. **Revista Globo Rural**. ed. 190, ago. 2001. Disponível em <<http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/190/giro.htm>> Acesso em: 12 fev. 2004.

FERREIRA, L.F.S.A.; TURCO, J.E.P. Avaliação do consumo e custo de energia elétrica em galpão para criação de frangos de corte em dois ciclos de criação. In: Encontro de Energia no Meio Rural – AGREENER, 3. 12 a 15 de setembro de 2000. Campinas-SP. **Anais...** Campinas-SP: UNICAMP, 2000. CD-ROM.

FRAIDENRAICH, N. Tecnologia solar no Brasil: os próximos 20 anos. In: Sustentabilidade na geração e uso da energia no Brasil: os próximos vinte anos. 2002. Campinas-SP. **Anais...** Campinas-SP: UNICAMP, 2002.

GIROTTI, A.F; TALAMINI, D.J.D. Administração da propriedade suinícola. In: SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva – Produção manejo e saúde do rebanho**. ed. 1. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. p. 292-298.

SALLES, S.C.; TEIXEIRA N.M. Escolha de tarifas e suas implicações. **Energia na Agricultura**. 1999. Botucatu-SP, v. 14, n. 2, p. 1-6. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/posgradua/Energia/revista/V14N2-99/142sonia.pdf>> Acesso em: 12 fev. 2004.

SANTOS, B. M. **Metodologia de dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para secagem de produtos agrícolas**. 2004. 66f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.

SOARES, G.; PIMENTA, J. Projeto e simulação de um coletor solar plano inflável. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN, 8., 2005, Montevideo, Uruguay. **Anais...** Montevideo: [s.n.], 2005.

TALAMINI, D. et al. Custos agregados da Produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação. **Custos e agronegócio on line. v.2**, Ed. Especial. Out. 2006.

TELES, M.L. **Avaliação do progresso técnico da suinocultura do oeste-catarinense: seus reflexos sobre os resultados econômicos 1980/1999**. 2001. 171 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Econômicas, Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas – IEPE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

TURCO, J.E.P.; MILANI, A.P.; FURLAN, R.L.; MACARI, M. Análise do consumo de energia elétrica e eficiência de conjuntos motor-ventilador utilizados na avicultura brasileira, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 18, n. 1, p.1-12, set. 1998.

WAGENBERG, A.V.; VERMEIJ, I. The use of a Central Extraction Ventilation System for pig facilities, energy savings and economic consequences. In: **Annual International Meeting Sponsored by ASAE**, Sacramento, California, USA, 2001. Disponível em: <http://asae.frymulti.com/request2.asp?JID=5&AID=3673&CID=sca2001&T=3>. Acesso em: 20 set. 2004.

## **IV SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS: RESPOSTAS DO AMBIENTE**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

A suinocultura é uma atividade que tem buscado melhorar sua produtividade com novas técnicas de manejo, nutrição, genética e sanidade. Porém, todo este trabalho deve ser implantado quando os suínos encontram-se em um ambiente adequado. Desta forma, investimentos em ambiência são fundamentais.

A ambiência é a ciência que estuda todo ambiente em que o animal está inserido, levando em consideração os elementos climáticos (temperatura, umidade, ventos, radiação etc.), a qualidade do ar (poeiras, gases, microorganismos suspensos no ar), os equipamentos, e vários outros fatores que possam afetar o bem-estar dos animais.

Os elementos estudados pela ambiência estão estritamente correlacionados, de forma que a alteração em um elemento pode afetar outro.

No que tange a este estudo, a alteração do microclima pode afetar sobremaneira toda a ambiência do local onde houve esta alteração e, conseqüentemente, o bem-estar dos animais.

Objetivou-se neste capítulo comparar três sistemas de aquecimento que englobam três diferentes mecanismos de transferência de calor (radiação, condução e convecção) quanto às respostas do ambiente térmico, do índice de conforto térmico (ITU) e qualidade do ar, tomando como base as necessidades de leitões recém-desmamados.

O capítulo é baseado, portanto, na hipótese de que é possível melhorar as condições de conforto ambiental de leitões em fase de creche, aprimorando as tecnologias já utilizadas nas granjas ou utilizando outras mais eficientes.

## 4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.2.1 *O ambiente e o bem-estar do animal*

Os avanços nos sistemas de produção animal, tanto do ponto de vista genético, quanto nutricional e gerencial, fazem com que o meio ambiente seja condição indispensável para que o animal possa expressar o seu máximo potencial produtivo, associado ao seu bem-estar. A partir deste ponto de vista, o produtor deve estar atento ao agente estressor de qualquer natureza, seja climático, físico, químico, biológico ou social (SAMPAIO, 2004b).

Atualmente, com o caráter industrial das criações, há a necessidade de um controle das condições do ambiente interno visando o bem-estar do animal, considerando aspectos sanitários, fisiológicos e comportamentais. Tudo isso sugere estudos multidisciplinares para o entendimento cada vez melhor do bem-estar animal, seja para a obtenção de melhor desempenho ou, para adaptar animais em cativeiro, ou a regiões com clima diferente do de sua origem genética (SOUSA, 2002).

### 4.2.2 *Relação entre as variáveis climáticas através de índices*

É importante lembrar que o ambiente térmico envolve a interação de um complexo de fatores que interagem para determinar a magnitude dos processos de troca de calor entre o animal e o ambiente. O efeito que a temperatura exerce sobre os animais pode ser modificado por umidade relativa, vento, precipitação, radiação térmica e superfícies de contato (FERREIRA, 2001).

Dentre os diversos índices bioclimáticos, os mais utilizados são: Carga Térmica Radiante (CTR), Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) (FERREIRA, 2001).

Sampaio (2004a) ao estudar instalações de creche e terminação, verificou que o Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG) foram variáveis em função, principalmente, das características construtivas das instalações. As temperaturas de bulbo seco

(TBS), na maior parte do tempo, estiveram dentro daqueles valores de termoneutralidade para os animais nas fases de creche e terminação.

A temperatura do piso e o tipo de cama utilizada poderão influenciar a troca de calor animal-ambiente, modificando conseqüentemente, as temperaturas críticas dos leitões (FERREIRA, 2001).

Baeta e Souza (1997) descreveram que os animais podem apresentar, basicamente, duas respostas ao estresse térmico: respostas fisiológicas e comportamentais, informando ainda que estas tendam a variar de acordo com a espécie animal.

### **4.3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### ***4.3.1 Local***

Os experimentos foram realizados em uma granja suinícola, localizada no município de Boituva, estado de São Paulo. A granja possui criação intensiva confinada, ciclo completo e organização semanal da produção.

A granja aplica o sistema de manejo em lotes. Desta forma, leitões de diferentes idades não são misturados na mesma instalação. Cada lote desmamado é distribuído em três baias idênticas, dentro de duas salas diferentes.

Em cada um dos experimentos, cada tratamento recebeu quantidade diferente de grupos (13 a 15 grupos) com diferentes números de animais (8 a 10). Porém, a maioria dos grupos possuiu 10 animais. Os grupos foram distribuídos nos tratamentos ao acaso.

O manejo das cortinas foi realizado pelo funcionário, que abriu as cortinas no período da manhã e as fechou à tarde. O objetivo deste procedimento foi aumentar a ventilação das salas, para melhorar a qualidade do ar. Foram registrados e considerados todos os momentos de abertura e fechamento das cortinas para análises.

### ***4.3.2 Faixa de temperatura ambiente utilizada***

Em razão da grande variação da faixa de conforto térmico apresentada na literatura, em todos os tratamentos, a temperatura de bulbo seco, sob a qual os animais foram mantidos, foi parametrizada de acordo com o recomendado pelo manual de genética (28°C a 32°C). Porém, ao se observar que os leitões ofegavam aos 31°C e elegeu-se 30°C como sendo a temperatura máxima de conforto. Aos 27°C, os leitões alteravam seu comportamento e postura, objetivando evitar a perda de calor. Desta forma, procurou-se manter os três tratamentos entre 28°C e 30°C, zona de temperatura já utilizada pela granja.

A este critério de eleição da faixa de temperatura a ser utilizada, soma-se a recomendação de Brown-Brandl et al. (2003), apresentada na equação 4.1.

$$T_{ideal} = 0,0015 \times wt^2 - 0,2969 \times wt + 30,537 \quad (4.1)$$

Sendo:

Tideal = temperatura ambiente ideal para o animal;

wt = peso (kg)

Utilizando os pesos dos leitões em estudo, que pesam entre 5 e 6 kg, conclui-se que 28°C a 29°C representa uma faixa de temperatura recomendada para os animais utilizados nestas análises.

### ***4.3.3 Instalações utilizadas***

Por se tratar de experimentações em uma granja comercial, não foi possível alocar cada tratamento em uma instalação (sala) isolada e diferente. Dois tratamentos foram dispostos na mesma sala.

No capítulo II apresentam-se as características das instalações utilizadas para estas análises, o posicionamento dos tratamentos na granja e nas salas.

#### ***4.3.4 Descrição das tecnologias e tratamentos***

Os tratamentos estão detalhados no capítulo II, referente ao desenvolvimento de sistemas de aquecimento para leitões desmamados.

Abaixo seguem descrições sumárias dos tratamentos.

##### **Tratamento TR (Resistências elétricas suspensas)**

Neste tratamento (TR), o sistema de aquecimento de leitões foi composto por 15 resistências elétricas de 200W, uniformemente distribuídas, suspensas, distando 1m do piso da baia. O sistema foi controlado por um termostato. Este sistema objetivou aquecer os leitões por radiação.

##### **Tratamento TRL (Resistências elétricas suspensas distribuídas linearmente)**

Este sistema era o sistema já utilizado na granja. O sistema de aquecimento de leitões foi composto por 15 resistências elétricas de 200W, linearmente distribuídas, suspensas, distando 1m do piso da baia. Não se utilizou sistema de acionamento automático (termostato), pois, preocupou-se em reproduzir o método já utilizado na granja. Assim, sistema TRL permaneceu ligado sem interrupções durante todo o período.

##### **Tratamento TSA2 (baia sem aquecimento, ao lado de baia aquecida)**

Para esta situação, foi utilizada uma baia situada na mesma sala que TR, porém, sem aquecimento.

##### **Tratamento TP (Piso aquecido)**

O tratamento TP contou com uma área de piso aquecido e teve como objetivo fornecer calor ao leitão por condução. Foi localizado na mesma sala que TR. O aquecimento do piso foi realizado com o auxílio de um controlador eletrônico que manteve a temperatura do piso entre 28°C e 30°C.

##### **Tratamento TSA3 (testemunha – baia sem aquecimento em sala isolada)**

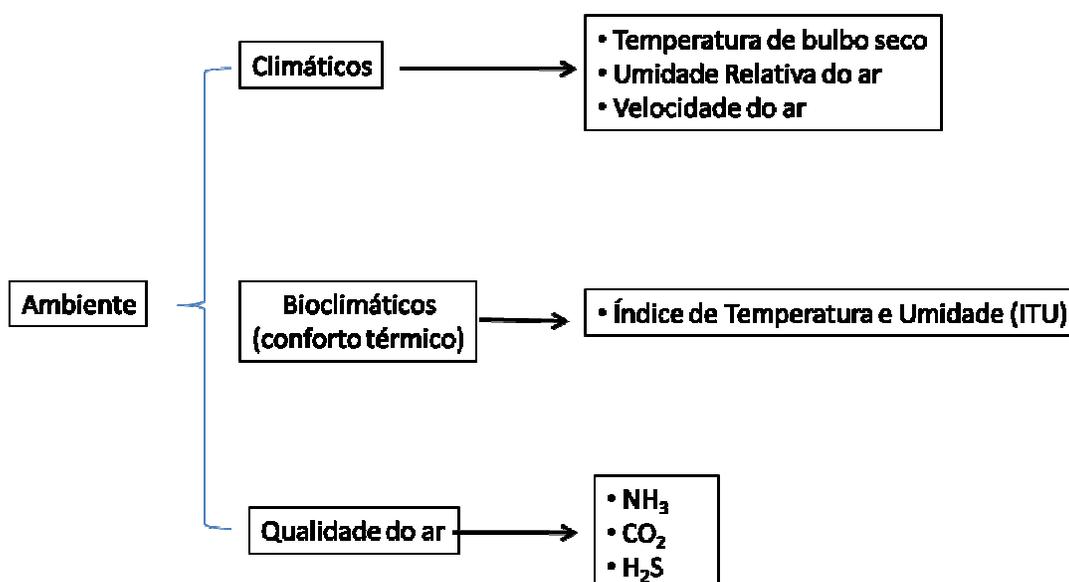
Para esta situação, foi utilizada a baia T3. O tratamento não fez uso de qualquer forma de aquecimento e foi alocado sozinho em uma sala, sem outro tratamento que pudesse interferir.

## Tratamento TA

A tecnologia aqui utilizada objetivou aquecer o ambiente por insuflação de ar quente, proveniente do sistema de intercambiador de calor comercial e foi denominada TA. Portanto, utilizou-se do princípio de transferência de calor por convecção.

### 4.3.5 Respostas do ambiente às tecnologias

A figura 4.3-1 sintetiza todos os parâmetros propostos para a avaliação da resposta do ambiente às tecnologias.



*Figura 4.3-1: Parâmetros avaliados para verificação das respostas do ambiente e dos animais às tecnologias.*

#### 4.3.5.1 Variáveis climáticas

##### - Temperatura do ar e umidade relativa

Para as determinações das variáveis climáticas: temperatura de bulbo seco (Tbs) e a umidade relativa do ar (UR), indicadores de temperatura e umidade modelo UMMI, da marca BethaEletronica<sup>®</sup>, foram colocados no centro das salas. Cada indicador possui um registrador e acumulador de dados (*datalogger*) interno que possibilita que os dados sejam transferidos

para o computador, visando posterior análise. Através deste sistema, foram obtidos e acumulados dados a cada 15 minutos.

Foi realizada a medição da temperatura e umidade do ambiente externo, visando avaliar a influência deste ambiente (exterior da edificação estudada) sobre o ambiente interno (interior da edificação), da mesma forma que o utilizado por Sarubbi (2005).

Para comparação entre os tratamentos, com relação a estas variáveis, realizou-se Análise de Variância e Teste de Médias (Tukey).

Os parâmetros obtidos foram comparados aos recomendados para a espécie, categoria e genética em questão.

#### **- Velocidade do ar**

Cada baía povoada foi dividida em 6 quadrantes e o galpão foi mapeado com relação à velocidade de vento em 4 horários de 1 dia: 8h, 12h, 15h e 19h, com um medidor portátil de velocidade do ar (anemômetro digital), modelo AD-145, marca Salcas), de precisão 0,1 m/s. Os pontos de coleta de dados foram os mesmos utilizados durante a coleta de gases.

### **4.3.5.2 Parâmetros bioclimáticos**

#### **- Índice de temperatura e umidade**

Segundo Silva (2000), o índice de temperatura e umidade foi desenvolvido, originalmente por Thom (1958), como um índice para conforto térmico humano. Para esta finalidade, é empregado pelo U.S. Weather Bureau. Sua fórmula mais utilizada e que será utilizada neste trabalho é dada pela equação 4.2. Será calculado o índice de ITU.

$$ITU = T_s + 0,36T_o + 41,2 \quad (4.2)$$

Sendo:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade;

$T_s$  = Temperatura do termômetro de bulbo seco, °C;

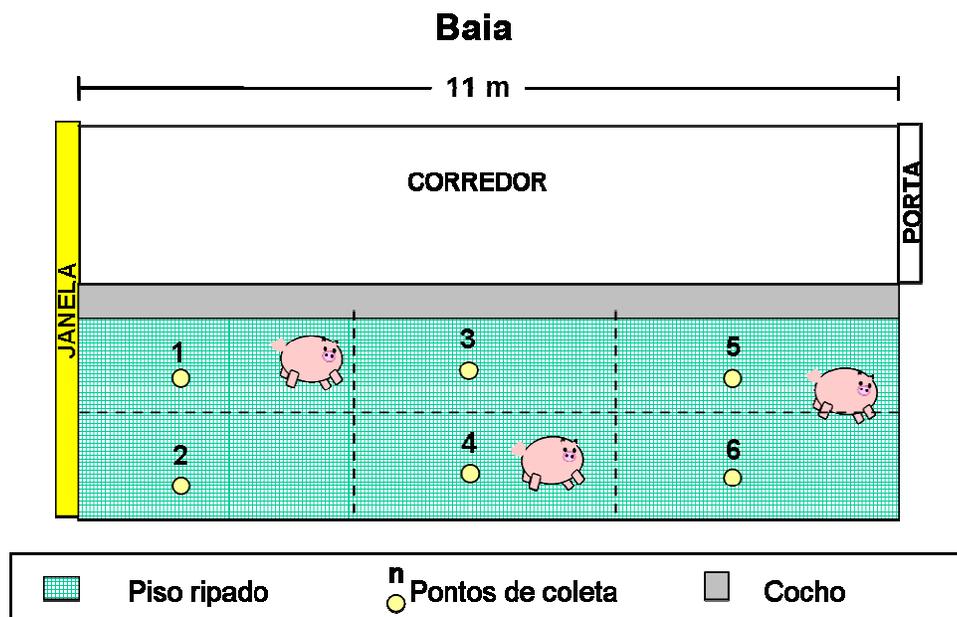
$T_o$  = Temperatura do ponto de orvalho, °C (ALBRIGHT, 1990).

### 4.3.5.3 Qualidade do ar: Gases

Para verificar a qualidade do ar dos tratamentos, utilizou um medidor multigases, da GasAlertMicro5. Foram considerados os dados de amônia ( $\text{NH}_3$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e gás sulfídrico ( $\text{NH}_2$ ).

Cada baia foi dividida em 6 quadrantes, de acordo com metodologia utilizada por Gigli et al. (2008) e ilustrados na figura 4.3-2.

No centro de cada um dos quadrantes, foram realizadas medidas em 3 diferentes alturas do piso, sendo: 1= altura do animal (20 cm), 2= altura de um indivíduo humano médio em pé (1,60 m) e 3= altura do forro (1,85 m).



*Figura 4.3-2: Esquema ilustrativo dos pontos de coleta de gases.*

As coletas foram realizadas no décimo dia da análise 3, nos horários: 11, 13, 14 e 16h. Estes horários foram eleitos por terem sido apresentados por Sampaio et al. (2007) como os horários de maior concentração de amônia em uma creche de suínos, com características climáticas próximas à da creche utilizada neste trabalho.

Foi feita a média da concentração de gases nos tratamentos, em cada quadrante, para cada altura e em cada horário.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.4.1 Variáveis climáticas

#### Análise de interferência

Ao serem comparadas: uma baía com resistências elétricas suspensas dispostas homogeneamente (TR), uma baía sem aquecimento na mesma sala (TSA2) e uma baía sem aquecimento em outra sala (TSA3), observou-se que as médias de temperatura de bulbo seco (Tbs) dos ambientes diferiram ( $p < 0,05$ ), quando foram comparadas entre si e com o ambiente externo às salas. Estas médias estão apresentadas na tabela 4.4-1.

**Tabela 4.4-1: Médias das variáveis climáticas e valores de amplitudes térmicas e de umidade para os tratamentos, ao longo da análise de interferência.**

Variáveis	Tratamentos			
	TR	TSA2	TSA3	Text
Temperatura (°C)	28,9 ( $\pm 2,0$ ) <sup>a</sup>	27,7 ( $\pm 2,1$ ) <sup>c</sup>	28,0 ( $\pm 2,3$ ) <sup>b</sup>	24,7 ( $\pm 3,9$ ) <sup>d</sup>
Temperatura máx (°C)	34	33	33	34
Temperatura mín (°C)	25	24	24	18
Amplitude térmica (°C)	9	9	9	16
Umidade Relativa (%)	68,6 ( $\pm 7,3$ ) <sup>c</sup>	69,2 ( $\pm 7,45$ ) <sup>c</sup>	76,3 ( $\pm 10,0$ ) <sup>a</sup>	73,2 ( $\pm 16,2$ ) <sup>b</sup>
Umidade máx (%)	85	85	84	98
Umidade mín (%)	45	46	50	32
Amplitude umidade (%)	40	39	34	66

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

TR= Resistências Elétricas, TSA2=sem aquecimento, mesma sala que TR, TSA3= sem aquecimento, sala diferente de TR, Text=ambiente externo às salas.

De acordo com a análise da tabela 4.4-1, pode-se obter que a média de Tbs de TR foi a maior quando comparada aos demais ambientes. Também, foi o único tratamento que apresentou temperatura média dentro da zona de conforto térmico dos animais.

TSA3 (testemunha) teve sua média de Tbs situada entre os valores das médias de TR e TSA2. A análise destes dados nos permite supor que, embora o ambiente TSA2 possa ser influenciado por TR, uma vez que estão situados na mesma sala, eles são ambientes diferentes. Para melhorar a base de suposições, a média da testemunha diferiu de TSA2, sendo, inclusive, maior, já que a baia testemunha está isolada em outra sala.

As análises de Tbs mínima, máxima e valores de amplitude máxima, foram comparados utilizando-se valores únicos, como, por exemplo, o maior valor de Tbs de TR, foi considerado o valor de Tbs máximo. Desta forma, não houve possibilidades de realizar uma análise estatística para estes parâmetros. Desta forma, a comparação é apenas descritiva.

A amplitude térmica foi a mesma em todos os tratamentos (9°C). Isto mostra que todos foram eficientes com relação ao ambiente externo, já que Tbs do ambiente externo variou sua temperatura em 16°C.

Tbs máxima foi maior em TR (34°C contra 33°C em TSA2 e TSA3). Todas estão acima das necessidades de conforto térmico dos animais. Tbs máxima de TR alcançou o valor de TCS (Temperatura Crítica Superior) para a 3ª semana de vida dos leitões, segundo manual de manejo da genética (AGROCERES PIC, 2008). Porém, é importante ressaltar que a Tbs máxima do ambiente externo foi tão alta quanto às dos três ambientes internos considerados.

Tbs mínima foi menor em TSA2 e igual à temperatura crítica inferior - TCI (25°C) para a 3ª semana de vida dos leitões (AGROCERES PIC, 2008). A Tbs mínima de TR foi 26°C.

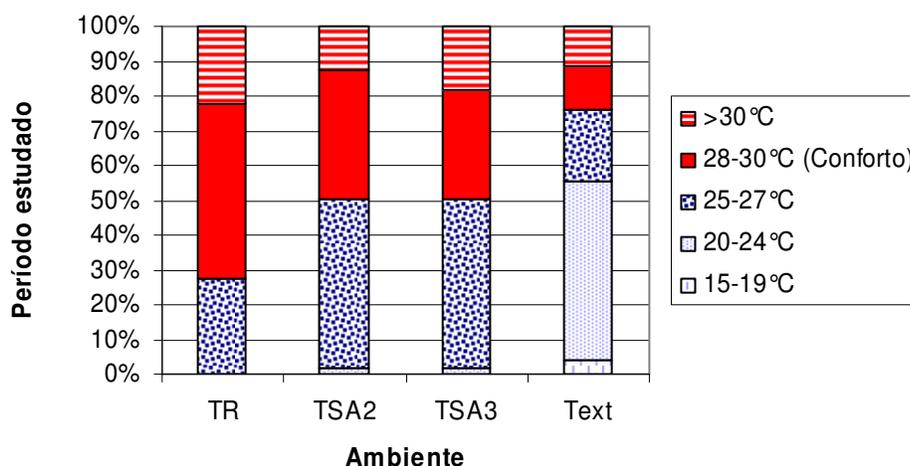
Tbs máxima e mínima de TSA2 e TSA3 foram iguais em valor (sem análise estatística) e diferentes de TR, reforçando a possibilidade de comparação entre TR e TSA2. Esta suposição é feita com base no fato de que a baia localizada na mesma sala que a outra aquecida e uma baia situada isoladamente apresentaram, especificamente nestes quesitos, comportamentos semelhantes. Embora a baia TR tenha sido apenas 1°C mais eficiente tanto com relação à mínima quanto com relação à máxima.

A média de UR foi igual apenas para TR e TSA2. Apenas estes dois tratamentos encontram-se dentro da zona de conforto (50-70%), recomendada por Moura (1999).

Ainda com relação a este parâmetro, UR de TSA3 e ambiente externo diferiram também entre si. Diferentemente do que ocorreu com os outros tratamentos a UR de TSA3 foi maior que a do ambiente externo.

Em termos de trocas térmicas a serem realizadas pelos animais a UR pode não ser tão importante quanto a temperatura nesta situação. Como há a prevalência de trocas térmicas secas (calor sensível), que, sob condições de pressão constante, não sofrem influência de UR, acredita-se que o fato de haver diferenças entre as médias de UR dos tratamentos não afetou sobremaneira os leitões, com relação ao conforto térmico. Porém, deve ser considerado que outras variáveis importantes para o bem-estar dos suínos podem ser diretamente influenciadas pela UR, como é no caso da proliferação de fungos, da concentração de gases e poeiras, das doenças respiratórias entre outros, conforme cita apresenta Sampaio (2004a)

A figura 4.4-1 apresenta a forma como a temperatura ambiente (Tbs) distribuiu-se ao longo do período estudado, em todos os tratamentos.



**Figura 4.4-1: Distribuição da temperatura ao longo do período estudado na análise de interferência, para os tratamentos TR, TSA2, TSA3 e Text..**

Com a análise da figura 4.4-1, pode-se notar que TR manteve os animais dentro de sua zona de conforto térmico durante, aproximadamente, 50% do tempo (contra 37,5% em TSA2, 31,5% em TSA3 e 12% no ambiente externo).

O ambiente externo situou-se, na maior parte do tempo, entre 20 e 24°C, comportamento este que só TSA2 e TSA3 mostraram, e em apenas 2% do tempo.

Pode-se observar que, apesar de TR apresentar Tbs maior que 30°C, em, aproximadamente, 22% do tempo (contra 12,5% de TSA2 e 18% de TSA3), em cerca de 30% do período apenas, TR situou-se abaixo da zona de conforto térmico, contra, aproximadamente, 48% de TSA2 e 48,5% de TSA3.

Esta análise observacional pode corroborar com a hipótese de que não há interferência de TR (aquecido) em TSA2 (sem aquecimento), ambos situados na mesma sala.

Porém, acredita-se que não é possível garantir ausência de interferência sem mais repetições, especialmente sob outras condições macroclimáticas.

Esta análise apenas indicou que TR e TSA2 podem ser comparados ao sofrerem influência de diferentes variáveis. Esta suposição é possível, uma vez que TR e TSA2 são estatisticamente diferentes (TSA2 mais fria) e que uma terceira sala construtivamente igual (testemunha) teve sua temperatura de bulbo seco ainda maior que a baia possivelmente influenciada pelo aquecimento externo.

Foi possível notar que a utilização de resistências elétricas, distribuídas homogeneamente na baia, colabora com a manutenção do ambiente térmico, segundo as necessidades de suínos em creche.

### **Análise observacional 1 – Distribuição das resistências elétricas suspensas**

Quando comparadas as diferentes configurações de distribuição de resistências elétricas suspensas e o ambiente externo, as médias de temperatura de bulbo seco diferiram ( $p < 0,05$ ), quando os tratamentos foram comparados entre si e com o ambiente externo.

Apenas o ambiente externo diferiu com relação à umidade relativa. Estes resultados estão apresentadas na tabela 4.4-2.

**Tabela 4.4-2: Médias das variáveis climáticas e valores de amplitudes térmicas e de umidade para os tratamentos, ao longo da análise 1.**

Variáveis	Tratamentos		
	TR	TRL	Text
<b>Temperatura (°C)</b>	29,6 ( $\pm 1,6$ ) <sup>a</sup>	28,5 ( $\pm 1,7$ ) <sup>b</sup>	24,3 ( $\pm 3,9$ ) <sup>c</sup>
<b>Temperatura máx (°C)</b>	33	34	35
<b>Temperatura mín (°C)</b>	26	25	19
<b>Amplitude térmica</b>	7	9	16
<b>Umidade Relativa (%)</b>	64,6 ( $\pm 4,2$ ) <sup>a</sup>	65,0 ( $\pm 5,5$ ) <sup>a</sup>	78,0 ( $\pm 14,8$ ) <sup>b</sup>
<b>Umidade máx (%)</b>	74	78	97
<b>Umidade mín (%)</b>	54	50	40
<b>Amplitude umidade (%)</b>	20	28	57

<sup>a,b,c</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

TR= Resistências elétricas distribuídas homogeneamente, TRL= Resistências elétricas distribuídas linearmente, Text=ambiente externo às salas.

A média de Tbs de TR (29,6°C) foi maior que a de TRL (28,5°C), que, por sua vez, foi maior que a do ambiente externo (24,3°C). Os dois tratamentos tiveram suas médias situadas dentro da zona de conforto térmico dos animais (entre 28 °C e 30°C).

Embora TRL também tenha tido sua média situada dentro da zona de conforto térmico dos animais, o sistema TR foi mais eficiente por conseguir manter sua média em uma temperatura mais alta.

As avaliações sobre temperatura e mínima e máxima e sobre as amplitudes térmicas e de umidade foram apenas descritivas e os dados não foram avaliados estatisticamente, por tratar-se de valores únicos, encontrados em toda a análise. Desta forma, não podem ser comparados.

A amplitude térmica foi menor em TR (7°C contra 9°C de TRL). Quanto menor a amplitude térmica, melhor, uma vez que a necessidade de realização de trocas térmicas pelo

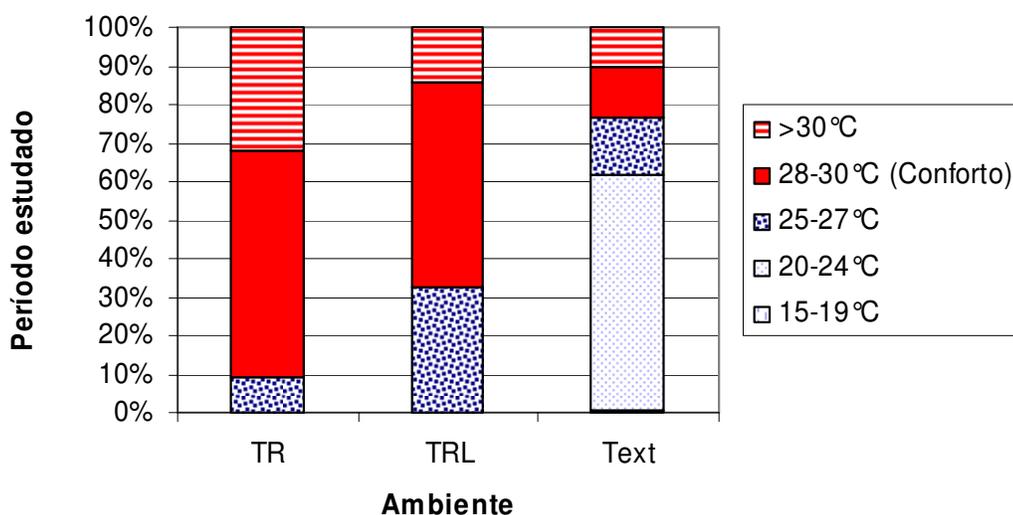
animal é menor. Porém, ambos foram eficientes com relação ao ambiente externo, que variou sua temperatura em 16°C.

Tbs máxima foi maior em TRL (34°C contra 33°C em TR), porém, está acima das necessidades de conforto térmico dos animais. O manual de manejo da genética coloca, inclusive, 34°C como temperatura crítica máxima para a 3ª semana de vida dos leitões (AGROCERES PIC, 2008).

Tbs mínima foi menor em TRL e igual à temperatura tida como temperatura crítica inferior - TCI (25°C), para a 3ª semana de vida dos leitões (AGROCERES PIC, 2008). A Tbs mínima de TR foi 26°C.

A média de UR foi igual para os dois tratamentos e encontra-se dentro da zona de conforto recomendada (50-70% segundo Moura (1999)), sendo a UR de TR igual a 64,63% e de TRL igual a 65,3%. Ainda com relação a este parâmetro, os tratamentos diferenciaram-se do ambiente externo, que teve sua média acima da faixa de conforto dos animais (78%). A amplitude da UR foi menor nos tratamentos que no ambiente externo. Apenas o ambiente externo teve a UR mínima menor que o desejado para a espécie.

O gráfico da figura 4.4-2 apresenta como a temperatura ambiente (Tbs) se distribuiu ao longo do período estudado, em todos os tratamentos



**Figura 4.4-2: Distribuição da temperatura ao longo da análise 1, para os tratamentos TR, TRL e Text.**

Na figura 4.4-2, pode-se observar que, apesar de TR apresentar Tbs maior que 30°C, em, aproximadamente, 32% do tempo (contra 14% de TRL), apenas em 9% do tempo, TR situou-se abaixo da zona de conforto térmico (contra 32% de TRL).

O tratamento TR manteve os animais dentro de sua zona de conforto térmico durante, aproximadamente, 60% do tempo, contra 53% de TRL.

Considerando-se os seguintes pontos:

1. A média de Tbs de TR é maior que de TRL, embora ambas estejam dentro da zona de conforto térmico dos leitões.
2. A amplitude térmica é menor em TR e, portanto, proporciona melhor condição sob este aspecto.
3. Tbs máxima é maior em TRL. Embora em ambos os tratamentos este parâmetro esteja acima do desejado. Tbs máxima de TRL é igual à TCS, segundo manual de genética.
4. Tbs mínima é menor em TRL e igual à TCI, segundo manual de genética.
5. TR manteve Tbs dentro da zona de conforto térmico por mais tempo (60% do tempo contra 53% de T2).

Com as informações acima, é possível concluir que a distribuição homogênea das resistências elétricas pela baia, juntamente com a utilização de termostato para acionamento das mesmas, foi melhor em termos de melhoria das condições térmicas que a utilização das resistências em distribuição linear e sem acionamento por termostato. Isto pode ser concluído, uma vez que em ambientes mais frios, provavelmente, TR conseguirá manter a temperatura de forma mais eficiente que TRL.

Por meio desta observação, foi possível eleger a forma de aplicação das resistências elétricas suspensas, a ser comparada com as demais tecnologias de aquecimento.

## **Análise observacional 2 – Teste do sistema de aquecimento por convecção**

Quando comparados os tratamentos TR (resistências elétricas suspensas), TA (sistema de aquecimento por convecção), TSA2 (baia sem aquecimento) e o ambiente externo, as

médias de temperatura de bulbo seco diferiram ( $p < 0,05$ ), quando os tratamentos foram comparados entre si e com o ambiente externo.

As médias de temperatura de bulbo seco (Tbs) diferiram ( $p < 0,05$ ), quando os tratamentos TR, TSA2 e TA foram comparados entre si e com o ambiente externo. Os resultados das análises estatísticas estão apresentados na tabela 4.4-3.

**Tabela 4.4-3: Médias das temperaturas de bulbo seco e valores de amplitudes térmicas e de umidade para os tratamentos, ao longo da análise 2.**

Variáveis	Tratamentos			
	TR	TSA2	TA	Text
Temperatura (°C)	27,2 (+2,3) <sup>b</sup>	25,4 (+2,4) <sup>c</sup>	28,4 (+1,9) <sup>a</sup>	20,2 (+5,1) <sup>d</sup>
Temperatura máx (°C)	31	30	33	30
Temperatura mín (°C)	23	21	23	12
Amplitude Térmica (°C)	8	9	10	18

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

TR= Resistências Elétricas, TSA2=sem aquecimento, mesma sala que TR, TAE= sistema de aquecimento por convecção, Text=ambiente externo às salas.

Não foi possível a avaliação dos dados de UR, em virtude de avarias no sensor deste parâmetro.

A média de Tbs de TA foi a maior quando comparada aos demais ambientes. Também, foi o único tratamento que apresentou sua média dentro da zona de conforto térmico, mesmo com a Tbs, do ambiente externo, mais baixa que a apresentada em todas as outras análises observacionais. TR teve sua média de Tbs abaixo do desejado para a espécie, bem como ocorreu em TSA2, que se apresentou ainda mais baixa que de TR.

Já era esperado que TSA2 apresentasse a menor média, uma vez que o tratamento não dispôs de fonte de aquecimento.

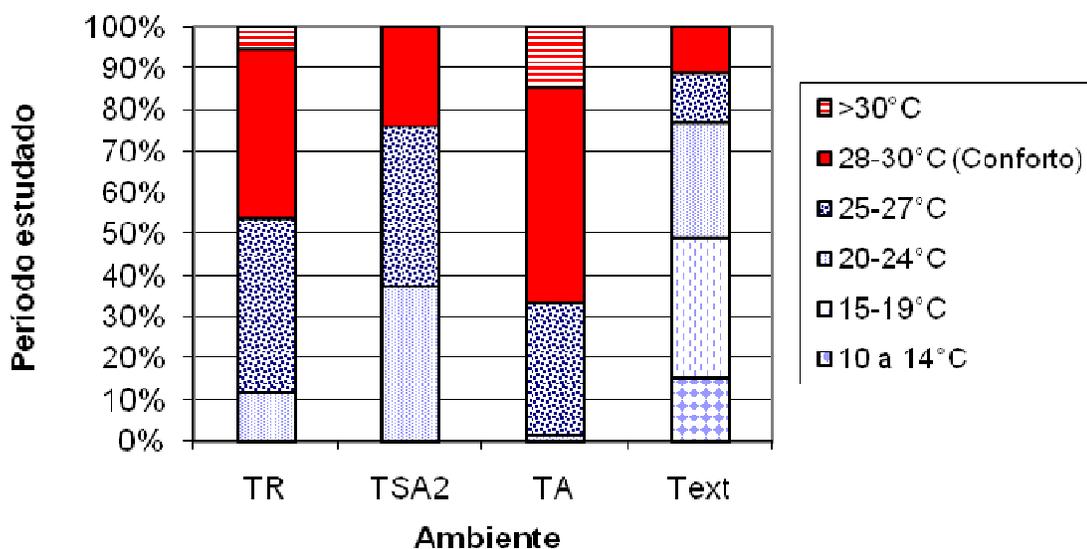
A amplitude térmica de TA foi a mais alta. Porém, ela assim se apresentou em virtude do alto valor de Tbs máxima, pois a Tbs mínima é igual à de TR. Isto mostra que TA foi

eficiente com relação à manutenção da média de Tbs, porém, a Tbs máxima alcançou valor maior que o desejado para a espécie. No entanto, não chegou a alcançar a TCS.

Apenas TSA2 não ultrapassou o valor máximo da zona de conforto térmico, no entanto, é importante ressaltar que o ambiente externo chegou a atingir 30°C e, desta maneira, provavelmente, influenciou os valores máximos de Tbs dos tratamentos.

Todos os tratamentos apresentaram suas Tbs mínimas menores que a TCI recomendada. Porém, é importante ressaltar que o ambiente externo teve sua mínima em 12°C. TR e TA foram igualmente mais eficientes que TSA2 quando avaliada a Tbs mínima.

A figura 4.4-3 ilustra como a temperatura ambiente (Tbs) se distribuiu ao longo do período estudado, em todos os tratamentos.



**Figura 4.4-3: Distribuição da temperatura ao longo da análise 2, para os tratamentos TR, TSA2, TAE e Text..**

De acordo com o apresentado na figura 4.4-3, TA manteve os animais dentro de sua zona de conforto térmico durante, aproximadamente, 52% do tempo (contra 40% em TR, 24% em TSA2, e 11,5% no ambiente externo), sendo o melhor sob este aspecto.

No ambiente externo a temperatura situou-se, na maior parte do tempo, entre 15 e 19°C (34%), mas também bastante tempo entre 20 e 24°C (28%). TR situou-se maior tempo entre 25

e 27°C e pouco tempo entre 10 e 14%. A temperatura de TSA2 situou-se entre 20 e 24°C em 39% do tempo e entre 25 e 27°C em 38,5%. TA foi o melhor sob este aspecto, com temperaturas na zona de conforto em 52% do tempo.

De todos os tratamentos, TA foi também o que se situou mais tempo acima da zona de conforto (14%).

Esta análise foi realizada com a intenção de verificar o comportamento de funcionamento do sistema primário de aquecimento do ar (sem o aquecimento solar e sem o CLP) e modificá-lo, caso fosse necessário. Porém, não foram necessárias alterações no sistema primário em virtude de seu funcionamento satisfatório.

### **Análise observacional 3 e 4 - Comparação das tecnologias de TR, TP e TA**

A comparação entre as três tecnologias proposta apresenta que as médias de Tbs diferiram ( $p < 0,05$ ), quando os tratamentos foram comparados entre si e com o ambiente externo. Nenhum ambiente foi igual com relação à umidade relativa (UR). Estas análises estão apresentadas na tabela 4.4-4.

***Tabela 4.4-4: Médias das variáveis climáticas e valores de amplitudes térmicas e de umidade ao longo da análise observacional 3.***

Variáveis	Tratamentos			
	TR	TP	TA	Text
<b>Temperatura (°C)</b>	25,5 ( $\pm 2,3$ ) <sup>a</sup>	24,2 ( $\pm 5,8$ ) <sup>c</sup>	25,1 ( $\pm 6,1$ ) <sup>b</sup>	18,8 ( $\pm 4,2$ ) <sup>d</sup>
<b>Temperatura máx (°C)</b>	31	30	30	28
<b>Temperatura mín (°C)</b>	20	19	16	9
<b>Amplitude Térmica (°C)</b>	11	11	14	19
<b>Umidade Relativa (%)</b>	75,2 ( $\pm 4,7$ ) <sup>b</sup>	65,3 ( $\pm 4,7$ ) <sup>d</sup>	67,5 ( $\pm 5,9$ ) <sup>c</sup>	76,6 ( $\pm 13,8$ ) <sup>a</sup>
<b>Umidade máx (%)</b>	88	75	89	97
<b>Umidade mín (%)</b>	64	52	50	52

<b>Amplitude umidade (%)</b>	24	23	39	45
------------------------------	----	----	----	----

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

TR= Resistências elétricas, TP = piso aquecido, TA = sistema de aquecimento por convecção, Text=ambiente externo às salas.

De acordo com a análise da tabela 4.4-4, nota-se que a média de Tbs de TR foi a maior quando comparada aos demais ambientes; seguida de TA. Nenhum dos tratamentos apresentou temperatura média dentro da zona de conforto térmico. TP, inclusive, apresentou média menor que a TCI.

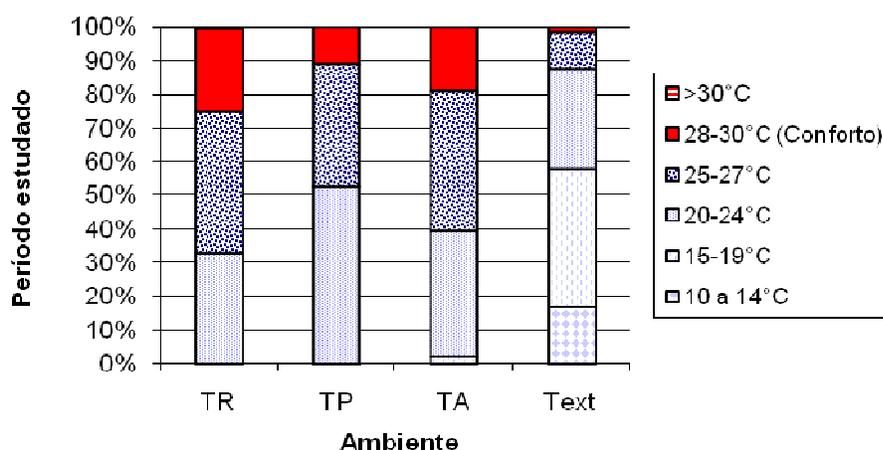
A amplitude térmica foi a mesma em TR e TP. TA teve a maior amplitude térmica, provavelmente em virtude do problema técnico, apresentado anteriormente no capítulo II, quanto à perda de parametrização do CLP, isto porque a sua Tbs máxima é igual à de Tbs de TP e pouco menor que TR. É importante salientar que os dados de Tbs máxima e mínima não foram comparados estatisticamente, por serem valores pontuais. Assim, esta diferença mencionada, diz respeito à comparação dos valores únicos para cada tratamento.

Tbs máxima foi maior em TR e encontrou-se acima das necessidades de conforto térmico dos animais, mas não acima de TCS.

Tbs mínima foi menor em TA e todas foram inferiores à TCI para a 3ª semana de vida dos leitões (AGROCERES PIC, 2008). Acredita-se que isto também tenha ocorrido em virtude dos problemas com a parametrização do CLP.

A média de UR foi diferente entre todos os ambientes, sendo a maior UR dos tratamentos a obtida em TR, a qual foi aproximadamente 1% menor que a do ambiente externo e pouco mais de 10% acima dos outros tratamentos. Todos os ambientes encontraram-se dentro da zona de conforto recomendada (50-70%), exceto TR.

A figura 4.4-4 apresenta como a temperatura ambiente (Tbs) se distribuiu ao longo do período estudado, em todos os tratamentos.



**Figura 4.4-4: Distribuição da temperatura ao longo da análise 3.**

TR manteve sua Tbs mais tempo na zona de conforto dos leitões, seguida por TA e TP, quando comparado com os outros tratamentos. Porém, situou-se maior tempo entre 25 e 27°C.

Há indicativos de que o tratamento com resistências foi o melhor para o conforto térmico dos animais na análise 3, pois manteve os animais mais tempo em sua zona de conforto térmico e a temperatura média foi a maior dos sistemas ( $p < 0,05$ ).

A análise 4 teve a duração de apenas uma semana, em virtude de problemas ocorridos com o piso aquecido (infiltração de umidade e eletrocussão de quatro leitões – melhor apresentada no capítulo II).

**Tabela 4.4-5: Médias das variáveis climáticas e amplitudes térmicas e de umidade ao longo da análise 4.**

Variáveis	Tratamentos			
	TR	TP	TA	Text
Temperatura (°C)	26,2 ( $\pm 2,4$ ) <sup>a</sup>	24,0 ( $\pm 5,23$ ) <sup>c</sup>	25,3 ( $\pm 2,6$ ) <sup>b</sup>	20,0 ( $\pm 5,2$ ) <sup>d</sup>
Temperatura máx (°C)	31	29	31	30
Temperatura mín (°C)	20	17	19	10
Amplitude Térmica (°C)	11	12	12	20

<b>Umidade Relativa (%)</b>	64,2 ( $\pm 7,0$ ) <sup>b</sup>	60,0 ( $\pm 6,8$ ) <sup>c</sup>	58,7 ( $\pm 8,5$ ) <sup>d</sup>	65,8 ( $\pm 18,2$ ) <sup>a</sup>
<b>Umidade máx (%)</b>	80	74	89	94
<b>Umidade mín (%)</b>	43	39	38	31
<b>Amplitude umidade (%)</b>	37	35	51	63

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. TR= Resistências elétricas, TP = piso aquecido, TA = sistema de aquecimento por convecção, Text = ambiente externo às salas.

De acordo com a análise da tabela 4.4-5, é possível notar que houve diferença entre todos os tratamentos, tanto com relação à Tbs, quanto com relação à UR.

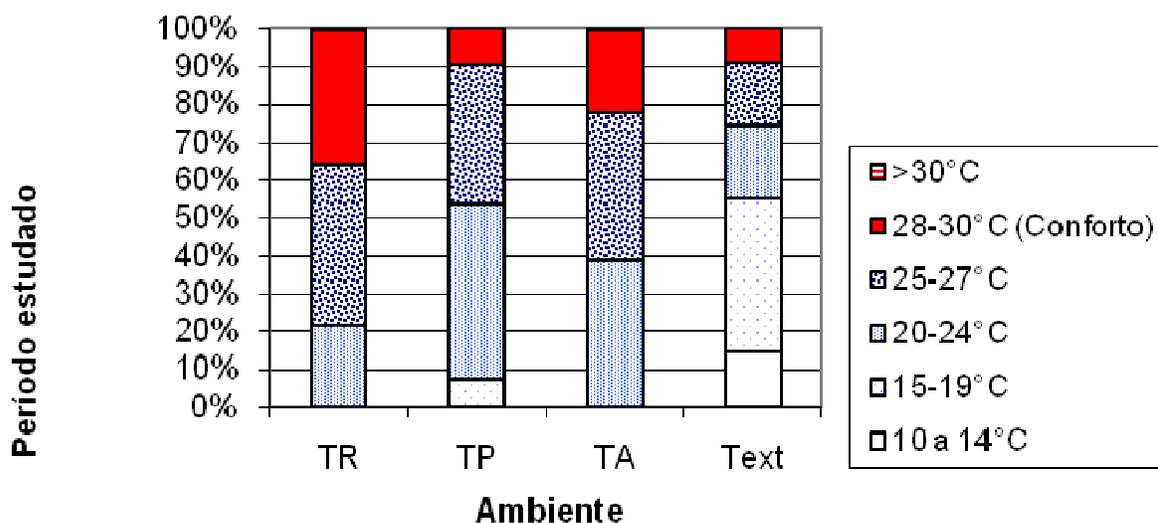
Todos os tratamentos mantiveram a média dos dados de UR dentro da zona de conforto dos leitões.

TR foi melhor com relação à Tbs, seguido de TA e TP, respectivamente.

Ao serem comparadas as médias, pode-se perceber que TR foi, aproximadamente, 6°C maior que a Tbs do ambiente externo. TR também apresentou a menor amplitude térmica. TP e TA apresentaram a mesma amplitude. É interessante notar, já que isto corrobora com a averiguação da eficiência dos tratamentos, que a amplitude do ambiente externo foi 9°C maior que TR e 8°C maior que TP e TA.

Tbs máxima foi menor que a TCS recomendada para a categoria, em todos os tratamentos. Porém, TR e TA ultrapassaram a temperatura máxima estipulada como temperatura de conforto neste experimento.

A figura 4.4-5 apresenta como a temperatura ambiente (Tbs) se distribuiu ao longo do período estudado, em todos os tratamentos.



**Figura 4.4-5: Distribuição da temperatura ao longo da análise 4.**

A figura 4.4-5 apresenta que TR manteve sua Tbs mais tempo na zona de conforto térmico dos leitões, seguida por TA e TP, respectivamente, quando comparado com os outros tratamentos. Porém, situou-se maior tempo entre 25 e 27°C. TP apresentou 7% dos valores de temperatura entre 15 e 19°C. No ambiente externo, a Tbs esteve em, aproximadamente, 14% abaixo de 14°C.

Em todas as avaliações de comparação do piso aquecido com os outros sistemas, é importante notar que, por razões técnicas, a temperatura de superfície do piso não foi constantemente monitorada, como ocorreu com a do ar. Entende-se que, com esta metodologia, que verifica a temperatura do ar, a tecnologia piso aquecido pode ter sido prejudicada.

Apesar de entender que a comparação pode ter sido feita de forma que prejudicasse a tecnologia do piso aquecido, é necessário considerar que este trabalho apresentou indicativos de que apenas o fornecimento de calor através do piso não é suficiente para manter os animais confortáveis. Este aspecto será apresentado no capítulo V, quando discutidos os dados de comportamentos dos animais mantidos em cada sistema.

Sob a ótica das variáveis climáticas, considerando todas as análises, pode-se notar que o aquecimento por convecção só foi melhor na análise 2, quando funcionou sem energia solar.

Isto indica que o sistema funciona de forma satisfatória e apresenta vantagens em relação aos demais apenas quando utilizado com energia elétrica.

Sugere-se uma alteração no projeto inicial do sistema de convecção, já proposta no capítulo II.

### **Velocidade do ar**

A velocidade do vento foi igual à 0 (zero) ou menor que a detectada pela sensibilidade do aparelho em todas as áreas e horários avaliados, em todas as baias.

Este comportamento ocorreu tanto com a cortina fechada, quanto com a cortina aberta.

Não houve alteração na velocidade do ar, inclusive no sistema de aquecimento por convecção.

#### ***4.4.2 Variáveis bioclimáticas***

Questiona-se a validade do cálculo de ITU nestas análises. Este questionamento existe com base na avaliação da importância da umidade no processo, uma vez que, basicamente, não há troca de calor latente nas situações estudadas (julgando pressão atmosférica constante). Considerou-se que suínos não realizam trocas térmicas por sudorese, que leitões na idade trabalhada são mais passíveis de estresse pelo frio, sendo o mecanismo de ofegação pouco importante nestas condições, e que não se está lançando mão de nenhuma tecnologia de aquecimento que se utilize troca térmica latente.

Muito embora se entenda das possibilidades de a umidade causar doenças, ligadas à qualidade microbiológica do ar, problemas em cascos, entre outros, questiona-se a validade da umidade relativa do ar para o conforto térmico, neste caso.

No entanto, a literatura apresenta faixa ideal de umidade para leitões nesta fase. Por esta razão, considerou-se o cálculo de ITU.

Considerando a faixa de temperatura utilizada nestas análises (28 a 30°C) e a faixa de umidade relativa dada pela literatura de 50 a 70% (MOURA, 1999), o ITU ideal para leitões nesta fase é de 77 a 84.

### Análise de interferência

A tabela 4.4-6 foram apresentados os valores médios de ITU para o período da análise de interferência, comparando os tratamentos.

**Tabela 4.4-6: Valores médios de ITU para o período da análise de interferência.**

Tratamento	TR	TSA2	TSA3	Text
ITU	79 ( $\pm 2$ ) <sup>a</sup>	78 ( $\pm 3$ ) <sup>b</sup>	77 ( $\pm 3$ ) <sup>c</sup>	74 ( $\pm 4$ ) <sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Com exceção do ambiente externo, embora com diferenças estatísticas entre eles ( $p < 0,05$ ) todos os tratamentos encontraram-se dentro da faixa considerada como de conforto para os leitões em questão. O ambiente externo encontrou-se abaixo desta faixa.

É interessante notar, porém, que em alguns casos de temperatura baixa e umidade alta, apresentaram um ambiente adequado, ou o contrário, sendo a umidade baixa e a temperatura alta (mais alta que a zona de conforto do leitão). Um exemplo é a temperatura de 33°C e a umidade de 46%, que apresenta ITU de aproximadamente 82. Ou seja, o ITU está dentro da faixa adequada, mas a umidade está abaixo e a temperatura está acima do recomendado.

Porém, a análise dos valores de ITU pontuais apresentados parece não plausível, quando considerados apenas os conceitos de aquecimento. Portanto, se considerado o ITU, este deve ser ponderado em uma avaliação do período todo, para uma interpretação mais real e não em pontos isolados. Sob esta ótica, a avaliação por meio de um teste de médias foi importante.

## Análise 1

Na tabela 4.4-7, são apresentados os valores médios de ITU para o período da análise de 1, sendo efetuada a comparação entre os tratamentos.

*Tabela 4.4-7: Valores médios de ITU para o período da análise 1.*

Tratamento	TR	TRL	Text
ITU	79 ( $\pm 2$ ) <sup>a</sup>	78 ( $\pm 2$ ) <sup>b</sup>	73 ( $\pm 4$ ) <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Embora diferentes estatisticamente entre si e quando comparados ao ambiente externo, todos os tratamentos atenderam às recomendações de ITU para os leitões. Isto ocorreu mesmo com o ambiente externo apresentando valores de ITU abaixo do recomendado.

## Análise 2

Não foi possível calcular o ITU para a análise 2 em virtude de avaria ocorrida no sensor de umidade relativa, durante o período estudado.

## Análise 3 e 4

A tabela 4.4-8 apresenta os ITU encontrados nas análises 3 e 4.

*Tabela 4.4-8: Valores médios de ITU para o período das análises 3 e 4.*

Tratamento	TR	TP	TA	Text
ITU (análise 3)	75( $\pm 3$ ) <sup>a</sup>	73( $\pm 3$ ) <sup>c</sup>	74( $\pm 3$ ) <sup>b</sup>	66( $\pm 5$ ) <sup>d</sup>
ITU (análise 4)	75( $\pm 3$ ) <sup>a</sup>	71( $\pm 3$ ) <sup>b</sup>	72( $\pm 4$ ) <sup>c</sup>	66( $\pm 6$ ) <sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Todos os tratamentos foram diferentes estatisticamente entre si e quando comparados ao ambiente externo. Todos se encontraram abaixo da zona de conforto dos animais, quando considerado o ITU.

É interessante notar o ambiente externo apresentou-se muito abaixo do recomendado e abaixo dos valores encontrados nas análises anteriores. Vale recordar que as médias de Tbs externo destas análises, apresentaram valores aproximadamente 5°C menores que os apresentados pela análise 1.

#### 4.4.3 Qualidade do ar: gases

Não foram detectados valores de gás sulfídrico em qualquer um dos pontos e horários medidos.

Os valores de CO<sub>2</sub> permaneceram inalterados e dentro do recomendado para a espécie (< 5000 ppm, de acordo com GLOBALGAP (2007)).

Os valores de amônia encontram-se na tabela 4.4-9, discriminados por quadrantes, considerando todas as médias dos quadrantes de coleta e das alturas.

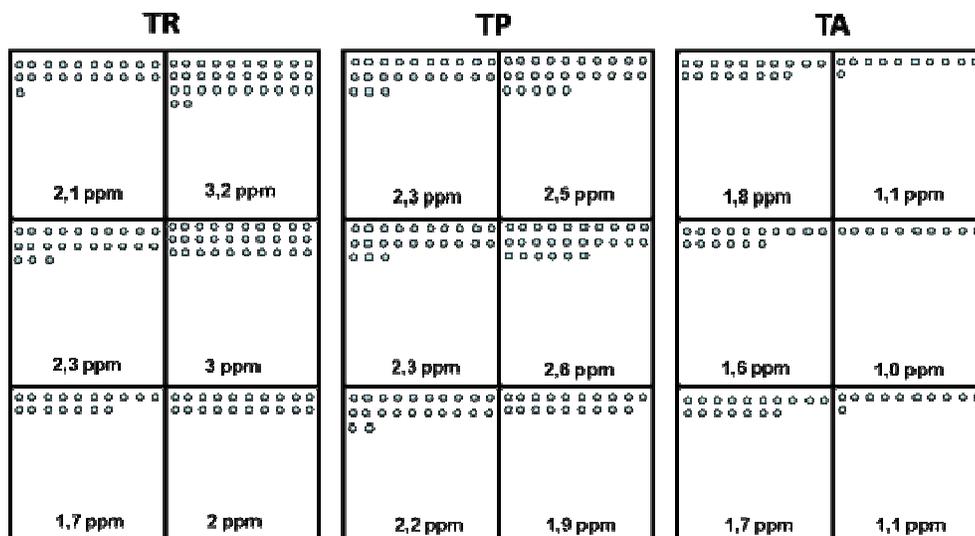
**Tabela 4.4-9: Média da concentração de amônia encontrada nos quadrantes, durante a análise 3.**

Quadrantes	Tratamentos		
	TR (ppm)	TP (ppm)	TA (ppm)
Quadrante 1	2,1 (±0,5) <sup>ab</sup>	2,3 (±0,5) <sup>a</sup>	1,8 (±0,9) <sup>b</sup>
Quadrante 2	2,3 (±1,0) <sup>a</sup>	2,3 (±0,5) <sup>a</sup>	1,6 (±0,7) <sup>b</sup>
Quadrante 3	1,7 (±0,7) <sup>a</sup>	2,2 (±0,4) <sup>b</sup>	1,7 (±0,7) <sup>a</sup>
Quadrante 4	3,2 (±0,4) <sup>a</sup>	2,5 (±0,5) <sup>b</sup>	1,1 (±0,3) <sup>c</sup>
Quadrante 5	3,0 (±0,7) <sup>a</sup>	2,6 (±0,5) <sup>a</sup>	1,0 (±0,6) <sup>b</sup>
Quadrante 6	2,0 (±0,7) <sup>a</sup>	1,9 (±0,3) <sup>a</sup>	1,1 (±0,5) <sup>b</sup>
<b>Média dos quadrantes</b>	2,4 (±0,9) <sup>a</sup>	2,3 (±0,5) <sup>a</sup>	1,4 (±0,6) <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Nenhum tratamento apresentou valores acima do recomendado pela literatura, para suínos. Um dos valores mais baixos de concentração de amônia recomendados para a espécie e encontrado na literatura é o de 7 ppm (Sällvik, 1999) e nenhum dos tratamentos apresentou valores maiores que 4 ppm.

A figura 4.4-6 expressa os valores e a proporção média da quantidade de gases, encontrada em cada quadrante, para melhor visualização.

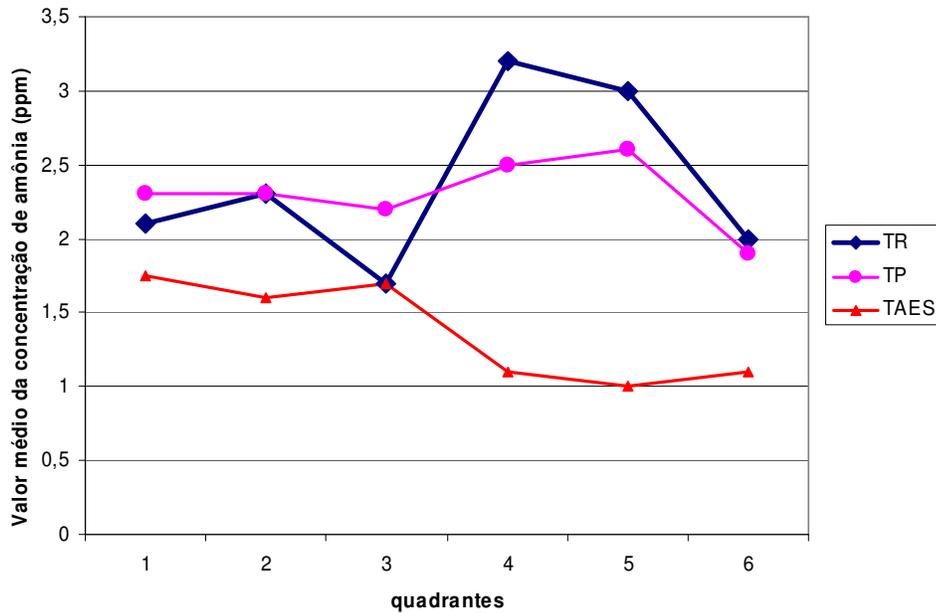


**Figura 4.4-6: Representação esquemática da concentração de amônia em cada quadrante.**

As médias das concentrações de amônia foram comparadas por teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (SAMPAIO et al., 2007). Consideraram-se todos os valores obtidos em cada quadrante, independentemente do horário e da altura de coleta.

De acordo com o exposto na tabela é possível notar que a concentração de amônia permaneceu mais baixa no tratamento com a utilização de aquecimento por convecção (TA).

A figura 4.4-7 reimprime a condição apresentada na tabela, de que TA apresenta, durante o período estudado, valores mais baixos de amônia.



**Figura 4.4-7: Comportamento da média da concentração de amônia nos 3 tratamentos estudados, em diversos horários e alturas.**

Para esta avaliação, é imprescindível lembrar que esta sala possui a metade de animais que a sala que alojou TR e TP. Porém, a área total desta sala é  $22\text{m}^2$  menor que a sala de TR e TP.

Desta forma, não foi possível afirmar que a redução de amônia na baía foi causada pelo sistema TA. Porém, é importante ressaltar que, embora a velocidade do ar nesta baía tenha sido menor que  $0,1\text{m/s}$ , é possível dizer que, de acordo com o princípio de funcionamento do equipamento, houve alguma movimentação de ar na sala.

#### 4.5 CONCLUSÕES

A utilização de resistências elétricas suspensas, distribuídas de forma homogênea na baía e com acionamento por termostato, foi capaz de fornecer melhores condições de conforto térmico do que comparadas às mesmas resistências alocadas de forma linear e com funcionamento contínuo.

O sistema de aquecimento por convecção foi melhor para a manutenção do conforto térmico de leitões desmamados, quando comparado ao aquecimento por resistências elétricas suspensas, considerando a temperatura ambiente, apenas quando foi operado com termostato simples. Este sistema foi capaz de manter a temperatura mais tempo na zona de conforto dos leitões. O sistema também conseguiu manter a média de temperatura de bulbo seco, aproximadamente, 8°C mais alta que o ambiente externo e 3°C mais alta que uma baia sem aquecimento. Porém, o aquecimento do ar foi o que manteve os leitões mais tempo em temperaturas acima da zona de conforto.

Ainda considerando a temperatura ambiente, o sistema de aquecimento por resistências suspensas foi melhor que o sistema de convecção, que funcionou CLP. Este último, por sua vez, foi melhor que o aquecimento por piso. Estas afirmações podem ser comprovadas pelo tempo de manutenção dos leitões em temperatura de conforto e em virtude do sistema de resistências apresentar maior eficiência quando comparado com os demais sistemas e com o ambiente externo (aumento entre 6 e 7°C com relação ao ambiente externo).

Há indicativos de que o aquecimento do ar por convecção foi melhor para a manutenção de baixas concentrações de amônia no ambiente, quando comparado aos sistemas de aquecimento por resistências elétricas suspensas e piso aquecido.

O melhor sistema de aquecimento para leitões em fase de creche, em termos de qualidade ambiental, foi o de resistências elétricas suspensas.

O sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas foi melhor que o sistema de aquecimento por convecção (com energia solar e elétrica) e o piso aquecido, considerando os aspectos de conforto ambiental.

#### 4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT L.D. **Environment Control for Animals and Plants.** An ASAE Textbook Number 4. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, 1990. 453p.

AGROCERES PIC. **Guia de manejo de fêmeas**, 2ª ed. 31p. 2008. Disponível em: <http://www.agrocerespic.com.br/servlet/navSrvt?cmd=detNot&id=284&idcat=17>. Acesso em 10 ago. 2008.

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

BROWN-BRANDL, T.M., et al. A literature review of swine heat and moisture production. Conference (Research Triangle Park, North Carolina USA). In: **Swine Housing II Proceedings**. p 31-40. ASAE Publication number 701P1303. 2003.

FERREIRA, R.A. Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos. In: Encontros Técnicos ABRAVES-SC, 2000, Concórdia. **Memórias...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2001. 15p.

GIGLI, A. C. S. ; NAAS, I. A. ; SALGADO, D. D. ; BARACHO, M. S. Análise da influência do ambiente de incubação sobre a eclodibilidade e qualidade através de análise multivariada. In: Seminário de Mudanças climáticas e a produção animal, 2008, Campinas-SP. **Anais...**, 2008. v. 01. p. 04-04.

GLOBALGAP - **Garantia Integrada da Fazenda (IFA)**. Versão 3.02, Colônia, Alemanha, 2007. Disponível em: [http://www.eurepgap.org/farm/Languages/English/index\\_html](http://www.eurepgap.org/farm/Languages/English/index_html). Acesso em: 12 ago. 2008.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149 - 179.

SÄLLVIK, K. Air Quality for pig production. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 207-247.

SAMPAIO, C. A. P. **Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação**. 2004. 130p. Tese (Doutor em

Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004. (a)

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, mai.-jun. p. 785-790, 2004. (b)

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação de poluentes aéreos em instalações de creche e terminação de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 488-494, 2007.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SOUSA, P. **Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno**. 2002. 103p. Teses (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas. 2002.

THOM, E.C. Cooling degree: day air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering**. v. 55. p. 62-72, 1958.

## **V SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS: RESPOSTAS DOS ANIMAIS**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

Quando se busca produtividade na suinocultura, é necessário entender que condições pobres de bem-estar, que podem levar a alterações fisiológicas, comportamentais e nas condições de saúde do animal, são capazes de causar alterações no desempenho dos animais.

Quando se introduz uma tecnologia em uma unidade de produção de suínos, é necessário que a mesma seja avaliada sob diversos aspectos, mas, principalmente, sob as respostas que os animais apresentam. Estas respostas podem ser variadas e devem ser estudadas também sob os aspectos fisiológicos e comportamentais, que podem ser inferências do bem-estar dos animais, e sob os aspectos de produtividade.

Este capítulo buscou avaliar as respostas produtivas, fisiológicas e comportamentais de leitões em fase de creche, quando submetidos a diferentes sistemas de aquecimento. Buscou também confirmar a possibilidade de que respostas que inferem no bem-estar dos animais podem servir como métodos de avaliação destas tecnologias.

O capítulo foi embasado na hipótese de que há possibilidades de se utilizar sistemas de aquecimento para leitões recém-desmamados, que possam melhorar suas condições de bem-estar.

### **5.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **5.2.1 Bem-estar do suíno**

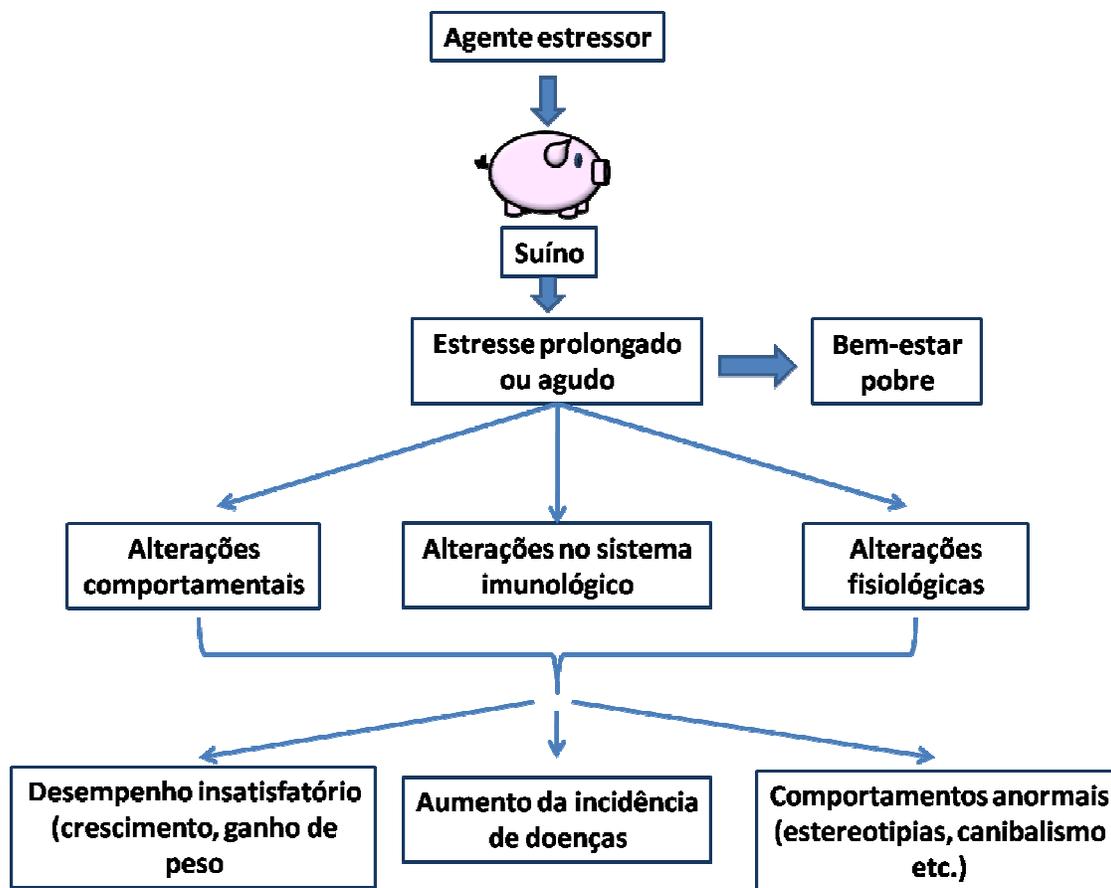
Encontram-se diversas definições de bem-estar animal na literatura. Porém, do ponto de vista prático, o conceito ainda não está muito bem definido.

Para Fraser e Broom (1990) o bem-estar animal está relacionado ao estado do animal no que se refere às tentativas para lidar com o ambiente no qual está inserido.

De acordo com Molento (2005), uma forma de colocar em prática este conceito de é enfocar o grau de dificuldade que um animal demonstra na sua interação com o ambiente.

Ainda segundo Molento (2005), as ferramentas das quais o animal dispõe para contornar inadequações presentes em seu meio ambiente são utilizadas mais intensamente à medida que aumenta o grau de dificuldade encontrado. Estes instrumentos para enfrentar as dificuldades têm, na sua grande maioria, um caráter fisiológico ou comportamental. Conseqüentemente, certas alterações da fisiologia e/ou do comportamento de um animal podem ser indicativas de comprometimento de seu bem-estar. Tais alterações podem ser medidas de forma objetiva e constituem uma importante estrutura de avaliação do BEA.

Sob esta ótica, o estresse pode ser avaliado como uma ferramenta de mensuração do bem-estar. Segundo Youssef (1985), a palavra estresse deve ser utilizada para descrever aquela porção do bem-estar pobre que se refere à falência nas tentativas de enfrentar as dificuldades. A figura 5.2-1 esquematiza como o agente estressor atua sobre o animal e de que forma os mecanismos fisiológicos do animal respondem.



*Figura 5.2-1: Esquema de ação dos fatores estressores e provável resposta do animal em caso de estresse prolongado.*

Os problemas comportamentais podem ser indicativos de deficiências ambientais e de manejo e, portanto, indicativos de bem-estar. Uma forma de estabelecer o manejo adequado à espécie é aumentando o conhecimento sobre seu comportamento social. A agressão, por exemplo, é um aspecto problema do comportamento social. Frustração e desconforto, por exemplo, podem resultar em exacerbação do comportamento agressivo (GONYOU, 1994).

No que se refere à etologia (estudo do comportamento animal), é interessante estudar os comportamentos deletérios ou anormais que indicam que o bem-estar está pobre. Alguns exemplos destes comportamentos são: agressão, caudocanibalismo (ato de morder a cauda) e estereotípias. Entretanto, este tipo de avaliação não melhora o bem-estar dos animais a menos que seja acompanhada pela determinação e eliminação da causa.

Infelizmente, muitos comportamentos são indicativos de pobres condições de bem-estar, porém com causas múltiplas. Assim, a determinação da causa necessita de muitas pesquisas (GONYOU, 1994).

Primeiramente é necessário entender como os suínos, em condições domésticas ou naturais, respondem aos agentes estressores e qual sua relação com o comportamento social. Em segundo lugar, os trabalhos que estudam o estresse térmico devem conter medidas do comportamento social (MORROW-TESSCH et al., 1994).

De acordo com VAN ERP-VAN DER KOOIJ et al (2003), é importante que indivíduos que trabalham com suínos entendam que práticas comuns de manejo, como o reagrupamento de leitões, causam influências comportamentais e fisiológicas nos animais. Assim, é necessário considerar que os animais submetidos a estes manejos são animais estressados.

O comportamento individual também é um aspecto importante a ser observado para a avaliação do ambiente térmico.

Pandorfi (2004) utilizou-se da análise de imagem para determinar o comportamento de leitões dentro do escamoteador, encontrando relação entre temperatura e comportamento.

De acordo com Ferreira (2001), as respostas comportamentais físicas e químicas são desencadeadas por diferentes espécies animais, no sentido de manutenção da temperatura corporal. A interação animal-ambiente e suas implicações para o bem-estar serão discutidas adiante, em um item específico, em virtude da importância do tema para este estudo.

A vocalização também pode ser considerada como uma resposta comportamental importante. Sampaio (2004) encontrou que os ruídos de animais de creche, crescimento e terminação oscilaram significativamente durante o dia, que ocorrem níveis mais elevados no verão e há uma tendência de que os ruídos acompanhem as condições de conforto térmico nas instalações.

Há uma grande variação da resposta comportamental dos suínos. Alguns indivíduos possuem maior tolerância há fatores ambientais. Esta tolerância pode estar ligada a fatores genéticos (VAN ERP-VAN DER KOOIJ, 2003). Por esta razão, a análise comportamental deve ser realizada com cautela, considerando o aspecto genético.

É imperativo avaliar, além da resposta comportamental e de desempenho dos animais, a resposta fisiológica. A concentração de cortisol, por exemplo, aumenta em casos de estresse. Assim, a análise do cortisol é importante neste sentido.

A análise da concentração do cortisol na saliva é um interessante método de avaliação do estresse. Trata-se de um método não-invasivo, confiável e de baixo nível de dificuldade. É ideal para a análise fisiológica, uma vez que não necessita da contenção do animal, causando assim mínimas condições de estresse (GALLAGHER et al., 2002). Os mesmos autores mostraram que a colheita da saliva para dosagens de cortisol não afeta o peso dos animais.

O nível de cortisol pode aumentar rapidamente em resposta ao estresse agudo. O desmame de leitões, por exemplo, pode causar aumento de 58% no nível de cortisol (VAN ERP-VAN DER KOOIJ et al, 2003). O cortisol salivar aumenta após o desmame e também após a mistura de leitões de leitegadas diferentes e de diferentes idades (VAN ERP-VAN DER KOOIJ et al, 2003). O ato de misturar suínos de diferentes leitegadas aumenta a concentração de cortisol plasmática e comportamentos agonísticos (MERLOT, MEUNIER-SALAÜN e PRUNIER , 2004).

As respostas do cortisol e comportamental foram influenciadas pela posição social de indivíduos no novo grupo, mostrando que o vencedor e o perdedor não reagem da mesma forma a mistura. Os leitões parecem evitar encontros que podem gerar conflitos. Um trabalho desenvolvido por Merlot, Meunier-Salaün e Prunier (2004) mostrou que animais desmamados jovens e misturados com leitões desconhecidos se estressam, porém, desenvolvem estratégias comportamentais para adaptar às situações. O estresse térmico pode agravar ainda mais a situação.

A literatura sugere que a concentração de cortisol na saliva corresponde a um valor entre 5 a 10% da concentração plasmática livre. Para suínos são encontrados entre 5 e 10ng/ml de cortisol na saliva (GALLAGHER et al., 2002).

De acordo com Ferreira (2001), a influência dos hormônios alterados pela termorregulação na economia de produção é expressiva, uma vez que o metabolismo do animal fica comprometido.

### **5.2.2 O bem-estar e a saúde do animal**

O estresse pode causar sérias desordens psiquiátricas, endócrinas, metabólicas e auto-imunes, além de problemas reprodutivos, intestinais etc. (CHARMANDARI, TSIGOS E CHROUSOS, 2005).

Os glicocorticóides (cortisol etc.) liberados durante o estresse são capazes de prejudicar o sistema imunológico, tornando o animal mais susceptível à doenças (BORGHETTI et al. 2006).

Estresse térmico e social exerce efeitos sobre o sistema imunológico dos suínos. Assim, o estresse deve ser medido e controlado (MORROW-TESCH, MACGLONE, SALAK-JOHNSON, 1994).

O estresse social pode ainda influenciar o ganho de peso e a síntese de anticorpos, imunidade celular e resistência a infecções bacterianas (MORROW-TESCH, MACGLONE, SALAK-JOHNSON, 1994). Os suínos recém-desmamados já são submetidos a diversos fatores estressantes. Portanto, qualquer atitude a fim de minimizá-lo é válida para melhorar as condições de criação.

Animais socialmente subordinados, com elevação do cortisol plasmático são geralmente imunossuprimidos por causa dos bem descritos efeitos dos glicocorticóides (MORROW-TESCH, MACGLONE, SALAK-JOHNSON, 1994).

### **5.2.3 O bem-estar e o desempenho do animal**

Condições pobres de bem-estar, que podem levar à alterações fisiológicas, comportamentais e nas condições de saúde do animal, causam alterações no desempenho dos animais por diversas razões.

O desempenho de suínos é influenciado pela variabilidade do clima, cuja amplitude, em determinadas estações do ano, ultrapassa os limites das condições de conforto animal (FERREIRA, 2001).

Sampaio (2004) afirmou que o ambiente do sistema de criação confinado possui uma influência direta na quantidade de calor trocado pelo animal. O suíno é um animal

homeotérmico, o que significa que ele consegue manter a sua temperatura corporal relativamente constante em uma ampla faixa de temperatura ambiental. Para isso, precisam manter um balanço térmico adequado entre o calor produzido e o calor que eles perdem ou ganham do ambiente em que vivem. Conclui-se que, se o seu balanço térmico for afetado, isso refletirá diretamente e principalmente no seu desempenho produtivo e reprodutivo.

Segundo Sousa (2002), abaixo da zona de termoneutralidade o animal aumenta a produção de calor para manter sua homeotermia. No entanto, o grau de tolerâncias dos animais é determinado pela máxima produção de calor. Se a demanda do ambiente térmico excede o limite máximo de produção de calor ocorre a hipotermia e pode causar até a morte do animal. Assim, tanto o estresse térmico pelo calor, quanto pelo frio podem prejudicar o desempenho dos animais.

#### ***5.2.4 O conforto térmico do suíno***

A partir da década de setenta, a produção de suínos no Brasil começou a ser realizada em sistema de confinamento, objetivando-se melhorar o controle sanitário, reduzir a perda energética dos animais e aumento de produtividade. Como consequência da relação animal confinado versus ambiente, desconhecida para as condições brasileiras, eliminou-se as opções de busca por parte dos animais de um ambiente mais propício ao seu bem-estar. Desde então, vários estudos foram realizados em universidades e por instituições de pesquisa, no intuito de se conhecer a interação animal-ambiente-instalação e otimizar o sistema produtivo (SAMPAIO, 2004).

A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal somado ao calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido pelo animal através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas (ESMAY, 1978).

É comum encontrar na literatura, dados referentes à zona de conforto térmico de leitões. Ao se considerar os animais estudados neste trabalho (leitões na terceira semana de vida, em fase de creche), é possível encontrar uma grande variação nesta faixa. Para melhor

ilustrar este fato, elaborou-se uma tabela com a faixa de conforto térmico apresentada por diversos autores.

A tabela 5.2-1 apresenta as condições térmicas ótimas propostas pela literatura para a espécie suína para a fase de creche.

***Tabela 5.2-1: Condições térmicas ótimas propostas pela literatura para suínos em creche.***

<b>Autor</b>	<b>Forma como se refere ao leitão</b>	<b>Faixa de temperatura recomendada (°C)</b>
Bauza e Petrocelli (1986), citados por Miyada (1999)	3ª semana de vida	22 a 25
Silva (1999)	3ª semana de vida	22 a 24
Curtis (1983)	Creche até 25 kg	Ao redor de 26
Nääs e Rodrigues (1999)	3ª semana de vida	22 a 24
Moura (1999)	Fase de creche	18 a 21
Baeta e Souza (1997)	7 a 35 dias de vida	22 a 28
Close (1981)	5 a 15 dias de vida	18 a 21
Sainsbury (1981)	Leitões jovens	21 a 27
Brent (1986)	5 a 7 kg de peso vivo	
	piso ripado	29 a 32
	concreto	29 a 31
Youssef (1985)	Leitões	32 a 33
Sobestiansky et al. (1998)	3ª semana	26-27

É importante considerar que atualmente, em virtude dos trabalhos de melhoramento genético, as diferentes linhagens desenvolvidas por empresas genéticas apresentam diferentes zonas de termoneutralidade. O melhoramento genético para melhorar o desempenho envolve trabalhos para seleção de animais mais resistentes a altas temperaturas e altas amplitudes térmicas. Além de outras razões, como melhorar a qualidade de carcaça, prolificidade etc., buscam-se animais mais rústicos com relação à resistência ao ambiente (SARUBBI, 2005). Também se deve considerar que a zona de conforto térmico depende da qualidade nutricional da dieta, especialmente no que tange ao nível energético da mesma (CURTIS, 1983).

Deve-se também entender que é importante caracterizar outras variáveis, além da temperatura, pois estas interferem na sensação térmica dos animais. Sob este aspecto, deve-se considerar o tipo de piso (concreto seco ou úmido, palha, ripado ou não), a velocidade do ar e as características construtivas das instalações. Sob este aspecto, alguns autores tratam da temperatura ambiente efetiva, como o exposto por Curtis (1983).

A rigor, a produção dos animais depende dos seus genes, das condições em que são criados (manejo, alimentação, sanidade etc) e de interações entre fatores genéticos e de meio ambiente. Suínos cruzados ou mestiços resultam do acasalamento de machos e fêmeas de raças ou linhas diferentes e são recomendados para a produção de animais para abate (IRGANG et al., 1992). Estes animais são melhorados, inclusive para que as condições climáticas brasileiras sejam compatíveis com sua vida, produção e reprodução (SARUBBI, 2005).

Para manter a temperatura corporal constante, os suínos utilizam de alguns artifícios fisiológicos, caso estejam sendo submetidos à temperaturas que estejam fora de sua zona de termoneutralidade. Estes artifícios estão resumidos no Quadro 5.1.

### Quadro 5.1. Resumo dos mecanismos efetores na regulação da temperatura corporal.

Situação	Mecanismo
	Estimulado pelo frio
Diminuição da perda do calor	vasoconstrição periférica redução área da superfície resposta comportamental aumento tônus muscular
Aumento da produção de calor	termogênese e aumento da atividade voluntária aumento na secreção de hormônio da tireóide aumento do apetite
	Estimulado pelo calor
Aumento da perda de calor	vasodilatação periférica aumento na perda de calor – respiração respostas comportamentais
Diminuição da perda de calor	diminuição tônus muscular e atividade voluntária diminuição na secreção do hormônio tireóide diminuição do apetite

Fonte: Adaptado de HANNAS (1999).

Considerando as peculiaridades dos suínos, tais como, aparelho termorregulador deficiente e dificuldades de transpiração, justifica-se uma especial atenção para os itens que levam ao seu conforto (NÄÄS e RODRIGUES, 1999).

Os suínos são muito sensíveis a condições climáticas adversas, tanto em climas frios, quanto em climas quentes. Em climas frios, os leitões recém-nascidos são mais afetados pelo

seu deficiente controle termorregulatório (FERREIRA, 2001). Até a fase de creche os suínos ainda possuem dificuldades na termorregulação.

### **5.2.5 Bem-estar do suíno de creche**

O desmame de leitões é um processo que envolve uma combinação de estressores: mudança do ambiente e da dieta, separação da mãe e reagrupamento com indivíduos de outras leitegadas (D'EATH, 2005). Por esta razão, já se tratam de animais estressados. Sob este ponto de vista, é essencial que se trabalhe no sentido de reduzir condições estressantes outras, que podem ser minimizadas ou evitadas.

Sob condições naturais, o suíno é desmamado gradualmente até os 3 meses de idade. Já nas condições comerciais, são desmamados precocemente entre 2 e 6 semanas de idade, de forma abrupta (WEARY e FRASER, 1997). Experimentos dos mesmos autores sugerem que a vocalização dos animais após o desmame é mais freqüente e intensa quanto mais cedo é o desmame.

## **5.3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.3.1 Local**

Os experimentos foram realizados em uma granja suinícola, localizada no município de Boituva, estado de São Paulo. Maiores informações sobre a unidade de produção podem ser adquiridas no capítulo II.

A propriedade possui controle do fluxo de pessoas, veículos e animais e são tomadas outras medidas visando manter a biosseguridade da unidade de produção. Os programas de biosseguridade visam evitar a entrada de agentes que possam causar doenças no plantel.

Existe o comprometimento do técnico agrícola, responsável pela granja já por mais de 15 anos, em manter o experimento sob controle, sem alterações que prejudiquem seu bom andamento, por julgar que este é importante para a granja e para a suinocultura em geral.

Houve trabalho de orientação e conscientização do funcionário responsável pela creche e do funcionário, responsável pela granja no período noturno, para que o experimento estivesse sob controle durante todo o tempo.

### **5.3.2 *Leitões e manejo***

Os animais utilizados nos experimentos eram de mesma genética, receberam o mesmo tipo de ração e mesmo manejo. Por estas razões, nutrição, genética e manejo foram considerados variáveis sob controle.

A ração utilizada para o atendimento das necessidades dos animais é balanceada de acordo com as exigências da espécie e categoria animal trabalhadas. A nutrição é também direcionada aos requerimentos nutricionais da genética utilizada na granja, para permitir que os plantéis expressem todo seu potencial genético.

Os leitões receberam ração e água à vontade. Não foi possível mensurar o consumo destes suprimentos, embora se entenda que estes seriam importantes indicadores de bem-estar, tomando como base o estudado por diversos autores (FRASER e BROOM, 1990, PEDERSEN e MADSEN, 2001).

O desmame dos animais foi realizado precocemente. A idade ajustada para este manejo é de 19 dias, sendo, portanto, a idade de entrada dos animais nas creches.

A idade de saída dos leitões das instalações estudadas variou entre 35 e 42 dias. Esta variação se deu em virtude de determinações dos responsáveis pelo manejo da granja.

Considerando média de 10,8 leitões desmamados/porca e 45 porcas desmamadas/semana, a granja desmama, aproximadamente, 490 leitões por semana. Porém, perto de 100 leitões desmamados são vendidos para uma outra granja dos proprietários. Desta forma, 390 leitões, filhos das 45 fêmeas, foram utilizados nos experimentos. Assim sendo, cada tratamento foi povoado com, aproximadamente, 130 suínos.

A granja aplica o sistema de manejo em lotes. Desta forma, leitões de diferentes idades não são misturados na mesma instalação. Cada lote desmamado é distribuído em três baias idênticas, dentro de duas salas diferentes.

Em virtude da diferença da eficiência produtiva das matrizes suínas e do caráter comercial da produção, nem sempre foi possível povoar as igualmente as baias e, em alguns casos, grupos menores foram adicionados ao planejado.

Em cada um dos experimentos, cada tratamento recebeu quantidade diferente de grupos (13 a 15 grupos) com diferentes números de animais (8 a 10). Porém, a maioria dos grupos possuiu 10 animais. Os grupos foram distribuídos nos tratamentos ao acaso.

### ***5.3.3 Faixa de temperatura ambiente utilizada***

Procurou-se manter os três tratamentos entre 28°C a 30°C, zona de temperatura já utilizada pela granja. As razões da manutenção desta temperatura já foram descritas no capítulo IV.

### ***5.3.4 Instalações utilizadas***

Informações mais detalhadas sobre as instalações utilizadas podem ser conseguidas no capítulo II.

### ***5.3.5 Considerações gerais sobre as análises observacionais***

No quadro a seguir, são listados os tratamentos que foram comparados em todas as análises e os parâmetros utilizados para comparação ou avaliação de eficiência. Os tratamentos diferenciaram-se pela tecnologia de aquecimento.

No quadro 5.2. estão descritas as análises observacionais.

**Quadro 5.2. Descrições e objetivos das análises observacionais consideradas neste capítulo.**

<b>Análise observacional</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição das formas de aquecimento</b>	<b>Dados analisados</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Análise de interferência</b>	21/02 a 05/03 de 2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homoganeamente + acionamento automático  <b>TSA2</b> – Sem Aquecimento, na mesma sala que TR  <b>TSA3</b> – Sem Aquecimento, em sala diferente que TR	– Tbs – UR – Tsf – Escore lesão	Verificar se há interferência entre dois tratamentos realizados na mesma sala.
<b>1</b>	14 a 21/02 de 2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homoganeamente + acionamento automático.  <b>TRL - Resistências elétricas suspensas, distribuídas Linearmente + acionamento manual</b>	– Tbs – UR – Tsf – Escore lesão	Aperfeiçoar o sistema de aquecimento de resistências elétricas quanto ao posicionamento das mesmas.
<b>2</b>	14 a 21/05 de 2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homoganeamente + acionamento automático  <b>TSA2</b> – Sem Aquecimento, na mesma sala que TR  <b>TA (TAE)</b> – sistema de Aquecimento do ar utilizando energia Elétrica	– Tbs – Tsf – Escore lesão – Peso final e inicial	Primeiro teste do sistema de aquecimento do ar por convecção.
<b>3</b>	18/06 a 02/07 de 2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homoganeamente + acionamento automático  <b>TP</b> – Piso aquecido  <b>TA (TAES)</b> – sistema de aquecimento do ar utilizando com possibilidade de utilização de energia Elétrica ou Solar	– Tbs – UR – Tsf – Escore lesão – Imagens – Cortisol salivar – Peso final e inicial – gases	Comparação das tecnologias de aquecimentos por radiação (resistências suspensas), por condução (piso aquecido) e por convecção (insulflação de ar quente).
<b>4</b>	23/07 a 30/07 de 2008	<b>TR</b> – resistências elétricas suspensas, distribuídas homoganeamente + acionamento automático  <b>TP</b> – Piso aquecido  <b>TA (TAES)</b> – sistema de aquecimento do ar utilizando com possibilidade de utilização de energia Elétrica ou Solar	– Tbs – UR – Tsf – Escore lesão – Imagens – Cortisol salivar – Peso final e inicial	Comparação das tecnologias de aquecimentos por radiação (resistências suspensas), por condução (piso aquecido) e por convecção (insulflação de ar quente).

Tbs = temperatura de bulbo seco, UR = umidade relativa do ar, Tsf = temperatura superficial de flanco.

Como o objetivo do capítulo é apresentar a resposta dos animais às tecnologias, os resultados serão apresentados por tipo de resposta e não por análise. Serão apresentados os parâmetros produtivos, fisiológicos e comportamentais como respostas dos animais.

Não se pretendeu abordar todos os parâmetros possíveis referentes às respostas dos animais às tecnologias. Houve diversas limitações de ordem prática e, por esta razão, alguns dados importantes que se pretendia analisar, tais como: consumo de água e alimento, frequência respiratória, informações sobre microorganismos no ar e outros que pudessem corroborar com a comparação entre as tecnologias, não foram coletados.

### ***5.3.6 Descrição das tecnologias e tratamentos***

Todos os tratamentos estão mais bem explicados no capítulo II, referente ao desenvolvimento de sistemas de aquecimento para leitões desmamados. Abaixo seguem descrições sumárias dos tratamentos.

#### **Tratamento TR (Resistências elétricas distribuídas homogeneamente)**

Neste tratamento (TR), o sistema de aquecimento de leitões foi composto por 15 resistências elétricas de 200W, uniformemente distribuídas, suspensas, distando 1m do piso da baia. O sistema foi controlado por um termostato. Este sistema objetivou aquecer os leitões por radiação.

#### **Tratamento TRL (Resistências elétricas distribuídas linearmente)**

O sistema de aquecimento de leitões foi composto por 15 resistências elétricas de 200W, linearmente distribuídas, suspensas, distando 1m do piso da baia, acionadas sem auxílio de termostato. Desta forma, permaneceu ligado sem interrupções durante todo o período. O sistema foi alojado na mesma sala que TR.

#### **Tratamento TSA2 (baia sem aquecimento, ao lado de baia aquecida)**

O tratamento não fez uso de qualquer forma de aquecimento e foi alojado na mesma sala que TR.

### **Tratamento TP (Piso aquecido)**

O tratamento TP contou com uma área de piso aquecido e teve como objetivo fornecer calor ao leitão por condução.

### **Tratamento TSA3 (testemunha – baia sem aquecimento em sala isolada)**

Este tratamento não fez uso de qualquer forma de aquecimento e situou-se em uma sala isolada, sem a presença de outro tratamento.

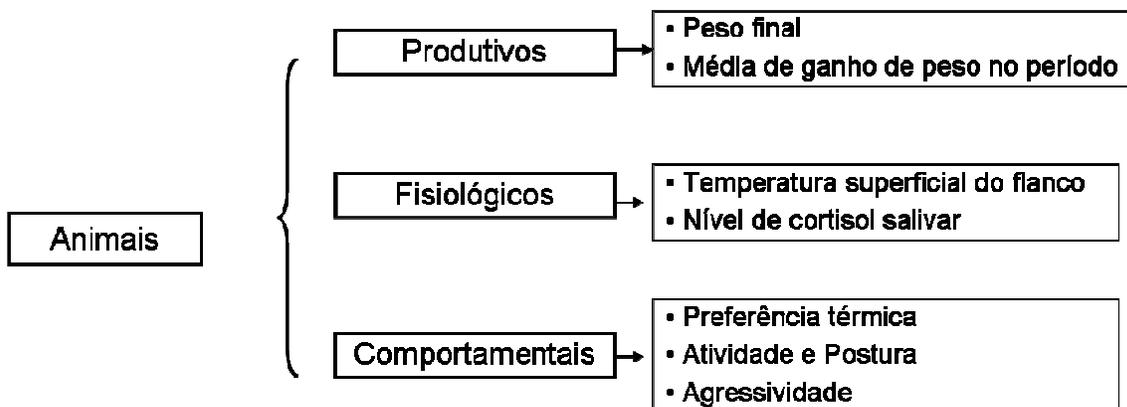
### **Tratamento TA (Aquecimento por convecção)**

A tecnologia aqui utilizada objetivou aquecer o ambiente por insuflação de ar quente, proveniente do sistema de intercambiador de calor comercial e foi denominada TA. Portanto, utilizou-se do princípio de transferência de calor por convecção. Primeiramente, o mesmo foi avaliado funcionando apenas com energia elétrica e acionamento por termostato simples, denominada TAE. Posteriormente, para o sistema TAES, foi utilizada a possibilidade entre energia elétrica ou solar, para aquecimento da água. Todo o sistema era acionado por Controlador Lógico Programável. Nos dois casos, o ventilador jogava o ar proveniente das resistências elétricas e da serpentina de água quente para o interior da sala.

A tecnologia foi instalada em sala isolada, sem a presença de outro tratamento.

#### ***5.3.7 Respostas dos animais às tecnologias***

A figura 5.3-1 sintetiza todos os parâmetros avaliados para verificar as respostas dos animais às tecnologias.



*Figura 5.3-1: Parâmetros avaliados para verificação das respostas dos animais às tecnologias.*

### 5.3.7.1 Parâmetros produtivos

As variáveis objetivas usadas para avaliar o desempenho produtivo dos animais foram: o peso inicial, peso final e a média simples do ganho de peso do grupo no período estudado. O peso inicial foi avaliado para se considerar se os animais iniciavam o tratamento com pesos iguais.

Uma limitação deste procedimento foi a pesagem aleatória de um grupo de 10 animais na entrada de creche e pesagem aleatória de outro grupo (ou não necessariamente o mesmo) de 10 animais. Ou seja, não foi possível pesar os mesmos 10 animais para se obter a média do ganho de peso no período. Esta inviabilização ocorreu em virtude da impossibilidade de identificar os animais individualmente, de acordo com o grupo ao qual pertenceram. Por esta razão, utilizou-se a média do ganho de peso total no período.

Foi realizada a comparação dos dados que foram obtidos no mesmo período, por meio da realização da Análise de Variância e Teste de Médias (Tukey). Os pesos iniciais foram comparados entre si para verificar diferença estatística do peso na entrada de creche e, portanto, no início das análises.

A idade de saída dos animais das instalações de creche estudadas variou de 9 a 10 semanas. Este fato inviabilizou a comparação dos dados de ganho de peso entre as análises observacionais realizadas. Esta variação se deu em virtude de determinações dos responsáveis pelo manejo da granja.

Para análise de interferência e para a análise 1, o parâmetro peso não foi considerado, uma vez que o mesmo grupo de animais foi utilizado para estas duas análises.

Não foi possível o cálculo da conversão alimentar, por razões relacionadas ao manejo da granja.

Foi computada a taxa de mortalidade da granja, que consistiu na relação entre o número de óbitos ocorridos, considerando o período total de cada análise, e o número de animais inseridos no tratamento, multiplicado por 100.

### **5.3.7.2 Parâmetros fisiológicos**

#### **Temperatura superficial do flanco**

A temperatura superficial (de pele) foi medida na região do flanco dos animais, com a utilização de termômetro digital infravermelho marca FLUKE 62, com precisão de 1%. Em cada coleta, foram medidas as temperaturas de, aproximadamente, 20% dos leitões de cada tratamento. A amostragem foi calculada considerando o valor mais alto de desvio-padrão (1,7°C), encontrado nos lotes pilotos e considerando erro de 0,5°C.

Procurou-se coletar dados 5 vezes na semana, em horários entre 13 e 14h.

As medições de todas as amostras coletadas foram comparadas, entre os tratamentos, a cada dia de medição, por Análise de Variância e Teste de Médias (Tukey).

Esta temperatura foi escolhida em razão de o flanco ser a parte do corpo do animal que mais tem contato com o piso.

#### **Cortisol salivar**

Objetivou-se comparar os tratamentos quanto à concentração de cortisol salivar. A medida de cortisol salivar é utilizada para verificar a resposta fisiológica dos animais ao estresse (VAN ERP-VAN DER KOOIJ et al, 2003; MERLOT, MEUNIER-SALAÛN e PRUNIER, 2004; JARVIS et al., 2006).

As amostras de saliva foram coletadas de 10% dos animais de cada tratamento, escolhidos aleatoriamente. A saliva foi coletada no 7º dia pós-desmame, em quatro horários do dia: às 7h00min, 11h30min, 15h30min e 19h00min.

Foram realizadas coletas na 3ª e na 4ª análise observacional.

Dois indivíduos treinados realizaram o procedimento. Esperou-se que o animal viesse checar o dispositivo de algodão estéril utilizado para a colheita da amostra. Aguardaram-se de 2 a 3 minutos ou até que o dispositivo se saturasse de saliva. Esta metodologia foi eleita com base nas metodologias realizadas por Van Erp-Van Der Kooij et al. (2003); Jarvis et al., (2006).

Os indivíduos revezaram-se entre os tratamentos para evitar interferências dos mesmos nas coletas.

Os animais foram treinados, pelos mesmos indivíduos que coletaram, no dia anterior à coleta oficial.

As amostras foram mantidas em geladeira (4°C) até serem encaminhadas ao laboratório, onde permaneceram congeladas à temperatura de -20°C, até o dia da análise da concentração salivar de cortisol (PETROLUZZI, 2005).

Posteriormente todas as amostras foram descongeladas e centrifugadas a 2300 rpm, durante 2 minutos, a  $\pm 10^\circ\text{C}$ , sendo analisadas pelo método imunoenzimático específico para cortisol salivar utilizando kit comercial (Diagnostic Systems Laboratories, DSL, Webster, Texas, USA). Foi realizada a leitura de absorbância em leitora para microplacas de ensaio imunoenzimático (ELISA), marca Multiskan EX (Labsystems, Finlândia), utilizando-se filtro óptico com comprimento de onda de 450 nm. Os resultados de cada amostra foram expressos em  $\mu\text{g/dL}$  (PETROLUZZI, 2005).

As análises foram realizadas no Laboratório de Estudos do Estresse (LABEEST), do Instituto de Biologia da UNICAMP.

Os tratamentos foram comparados quanto aos níveis de cortisol salivar dos animais pertencentes a eles. Também foram comparados quanto ao enquadramento ou não dos níveis do hormônio, considerando os horários de coleta, no padrão cicardiano da espécie e da idade dos animais. Para tal, foi realizada a comparação dos dados de cortisol salivar dos animais de

cada tratamento, através dos métodos da Análise de Variância e Teste de Tukey ou Kruskal-Wallis e Teste de Dunn, em caso de distribuição não normal.

### **5.3.7.3 Parâmetros comportamentais**

Adotando-se metodologia baseada na experiência de Pandorfi (2002) e Barbosa Filho (2004), foram utilizadas câmeras, com as quais se obteve imagens dos animais.

As câmeras utilizadas possuem lente 3,6mm, sensor CCD ¼, com luz infravermelha e led de iluminação que permitiram o monitoramento com visualização colorida ao dia e em preto e branco durante a noite. Necessitam de, no mínimo 0,1 lux para visualização colorida e possuem 420 linhas de resolução.

Para captura das imagens empregou-se o programa computacional Geovision GV800. O registro das imagens foi realizado diariamente, nos 15 primeiros minutos de cada hora. As informações foram armazenadas num banco de dados para posterior análise.

Para as análises foram eleitos os primeiros 5 minutos dos seguintes horários: 2h, 5h, 8h, 11h, 14h, 17h, 20h e 23h. Procurou-se gravar todos os dias de experimento. Porém, em virtude de problemas técnicos, apenas as análises 3 e 4 foram avaliadas.

Apenas uma área aquecida da baía de, aproximadamente, 6m<sup>2</sup> (2,35 X 2,5m) foi avaliada. Para a visualização noturna do perímetro a ser avaliado, utilizou adesivos refletivos.

Com as imagens foi possível observar a preferência térmica dos animais, bem como alguns de seus comportamentos de postura e atividade.

As análises foram comparadas de forma descritiva.

### **Preferência térmica**

As imagens foram registradas para posterior análise, com o objetivo de verificar a frequência de uso da fonte de aquecimento e distribuição na baía. Esta análise permite verificar o comportamento dos animais em função dos sistemas de aquecimento e das variáveis ambientais envolvidas no estudo.

Por se tratar da análise sem o auxílio de ferramentas computacionais (visual), a movimentação dos animais pode inviabilizá-la. Desta forma, a observação quanto à preferência térmica foi realizada em um momento no qual a imagem foi congelada. Ou seja, a análise da imagem estática foi realizada na metade do vídeo de 5 minutos (aproximadamente aos 2 minutos e 30 segundos).

Para o tratamento TP, toda a área aquecida foi avaliada. Em TR, apenas uma parte da área aquecida foi observada. Em TA, toda a sala era aquecida e, portanto, a área avaliada foi apenas uma parte com aquecimento, tanto quanto todas as áreas não observadas. Com esta informação e com o número de leitões dentro da área de observação, foi possível inferir sobre a preferência térmica dos animais.

Gráficos foram confeccionados para cada tratamento, contendo o número de leitões que se encontraram no campo de observação.

### **Postura, atividade e outras manifestações comportamentais**

Procurou-se estabelecer o nível de atividade dos leitões, através da intensidade de movimento visualizada. Um observador avaliou o nível de atividade, classificando-o de 0 a 3, sendo 0 igual à nenhuma atividade detectada e 3 igual a alto nível de atividade.

Foram considerados os comportamentos descritos no Quadro 5.3, propostos por Pandorfi (2005) e Jarvis et al. (2006).

**Quadro 5.3. Definição de diferentes comportamentos a serem observados durante o experimento.**

<b>Postura</b>	
Em pé	Sobre 4 patas
Deitado	Com tronco parcialmente ou totalmente em contato com o chão
<b>Atividade</b>	
Nível de atividade	Leitões se movendo ou parados (descansando ou movendo-se)
<b>Interação com o ambiente</b>	
Visita ao comedouro	Com a cabeça no comedouro, não necessariamente comendo.
Visita ao bebedouro	Com a boca no bebedouro, não necessariamente bebendo
<b>Interação social</b>	
Luta	Embate entre dois ou mais leitões
Perseguição e fuga	Ameaçando, incomodando, investindo ou evitando, esquivando-se, evadindo
Comportamento lúdico	Corridas com ou sem finalização diversificada (que termina em parada ou rodar, jogar-se no chão, jogar-se sobre outro leitão)
Comportamento dessincronizado	Comportamento que se diferencia do padrão adotado pelo grupo no momento da observação
<i>Belly nosing</i>	Empurrando a barriga de outro
Vício de sucção	Praticando ato de sucção em orelhas, prepúcio, vulva, cauda etc.
Vício de morder	Ato de morder a cauda, vulva, orelhas etc. com ou sem sangramento (caracterizado como canibalismo)

FONTE: Adaptado de JARVIS (2006) e PANDORFI (2005)

Foram confeccionados gráficos que indicam a frequência dos comportamentos, apresentados no quadro 4, em cada um dos tratamentos.

Foi observado também o comportamento de sono dos animais, considerando-se o momento de acordar e prepararem-se para dormir.

## **Indicativos de agressão – Escore de lesões**

Além da visualização direta de lutas entre os animais, há outros sinais que podem indicar que houve interações agonísticas entre os leitões. Lesões de pele podem ser importantes indicativos de agressões entre os leitões. Assim, 20% dos animais, escolhidos aleatoriamente, foram avaliados com relação às lesões de pele. A avaliação foi realizada no segundo e oitavo dias de experimento, de forma presencial, sempre pelo mesmo observador.

Computando-se as lesões de cada animal observado, buscou-se analisar diferenças quanto à severidade do comportamento de agressão em cada um dos tratamentos.

Foram consideradas lesões na cabeça, orelhas, flancos, ombros e pennis (D'EATH, 2005). Os animais foram classificados em escala de 1 a 5 de acordo com a severidade das lesões conforme metodologia descrita por Jarvis et al. (2006).

O resultado da classificação serviu de parâmetro de comparação entre os tratamentos. A comparação foi realizada considerando a melhoria do escore de lesão (diferença entre escore final e inicial).

Para apresentação dos resultados quanto à melhoria do escore em cada tratamento, foram utilizados histogramas.

## **5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

É importante ressaltar que o sistema TA - TAES não conseguiu funcionar com energia solar, uma vez que a insolação no período estudado foi menor que a desejada. Por esta razão, o sistema funcionou apenas com energia elétrica. Porém, na análise 2, o sistema de acionamento do sistema foi um termostato simples e o sistema de acionamento da tecnologia durante as análises 3 e 4 foi por CLP.

## 5.4.1 Respostas dos animais às tecnologias

### 5.4.1.1 Respostas produtivas

#### Peso vivo do leitão

Como respostas produtivas obtidas, apresentam-se os pesos iniciais, pesos finais, a média do ganho de peso total no período estudado, além da mortalidade.

Ressalta-se que as análises interferência e 1 utilizaram os mesmos animais e por esta razão, não se considerou os pesos.

A tabela 5.4-1 oferece os dados da análise observacional 2, na qual se compararam as resistências elétricas suspensas, uma baia sem aquecimento e o sistema de aquecimento do ar.

*Tabela 5.4-1: Peso médio, em kg, antes e depois da análise observacional 2.*

<b>Tratamento</b>	<b>Peso médio aos 21 dias (kg) (peso médio inicial)</b>	<b>Peso médio aos 35 dias (kg) (peso médio final)</b>	<b>Ganho de peso médio do grupo (kg)</b>
TR	5,4 ( $\pm 0,7$ ) <sup>a</sup>	9,4 ( $\pm 1,0$ ) <sup>a</sup>	4,0
TSA2	5,9 ( $\pm 0,8$ ) <sup>ab</sup>	9,9 ( $\pm 0,8$ ) <sup>a</sup>	4,0
TA	6,1 ( $\pm 1,0$ ) <sup>b</sup>	12,2 ( $\pm 1,7$ ) <sup>b</sup>	6,1

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Quando comparados os pesos iniciais aos 21 dias, pode-se concluir que a média de TA foi maior que a média de TR ( $p < 0,05$ ). Porém, a média de peso final de TA foi a única que preservou diferença estatística, sendo maior que a dos dois tratamentos.

Ao se analisar a média simples de ganho de peso médio do grupo no período total do estudo, ou seja, sem apoio estatístico, percebe-se que os animais aquecidos por convecção ganharam 2 kg a mais que os aquecidos por radiação e que os não aquecidos. Isso significa, aproximadamente, 9% de peso a mais que em TSA2 e 13% a mais que em TR.

A tabela 5.4-2 mostra os dados referentes ao peso dos animais durante a análise observacional 3 que comparou o aquecimento por radiação (TR - resistências elétricas

suspensas), o aquecimento por condução (TP – piso aquecido) e o aquecimento por convecção (TA – ar aquecido).

**Tabela 5.4-2: Peso médio, em kg, antes e depois da análise observacional 3.**

<b>Tratamento</b>	<b>Peso médio aos 21 dias (kg)</b> <b>(peso médio inicial)</b>	<b>Peso médio aos 35 dias (kg)</b> <b>(peso médio final)</b>	<b>Ganho de peso médio do grupo (kg)</b>
TR	6,0 ( $\pm 0,7$ ) <sup>b</sup>	9,9 ( $\pm 1,5$ ) <sup>b</sup>	3,9
TP	6,4 ( $\pm 0,8$ ) <sup>ab</sup>	12,5 ( $\pm 0,6$ ) <sup>a</sup>	6,1
TA	6,7 ( $\pm 0,8$ ) <sup>a</sup>	13,3 ( $\pm 1,9$ ) <sup>a</sup>	6,6

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Mais uma vez os leitões inseridos no sistema de aquecimento por convecção foram mais pesados que os aquecidos pelo sistema de resistências suspensas ( $p < 0,05$ ). Lembra-se que o critério peso não foi utilizado para a distribuição, que foi aleatória.

Considerando o peso médio final os leitões inseridos em TA ganharam mais peso que os leitões inseridos em TR ( $p < 0,05$ ). Quando comparados TA e TP, não houve diferença ( $p < 0,05$ ). Observa-se apenas que os valores são numericamente maiores.

Ao se comparar a média simples de ganho de peso médio do grupo no período total de estudo, percebe-se que em TA o grupo ganhou, em média simples, 2,7kg a mais com relação a TR e 0,5kg com relação à TP. Em TP, o grupo ganhou 2,2kg a mais que em TR. Neste caso, pode-se supor que os melhores tratamentos foram TP e TA.

A tabela 5.4-3 mostra os dados referentes ao peso dos animais durante a análise observacional 4 que comparou as mesmas tecnologias estudadas na análise observacional 3.

**Tabela 5.4-3: Peso médio, em kg, antes e depois da análise observacional 4.**

<b>Tratamento</b>	<b>Peso médio aos 21 dias (kg) (peso médio inicial)</b>	<b>Peso médio aos 35 dias (kg) (peso médio final)</b>	<b>Ganho de peso médio do grupo (kg)</b>
TR	6,5 ( $\pm 1,0$ ) <sup>a</sup>	13,2 ( $\pm 0,6$ ) <sup>a</sup>	6,7
TP	6,3 ( $\pm 1,0$ ) <sup>a</sup>	12,4 ( $\pm 1,0$ ) <sup>b</sup>	6,1
TA	6,3 ( $\pm 1,0$ ) <sup>a</sup>	13,1 ( $\pm 0,6$ ) <sup>a</sup>	6,8

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Não houve diferença estatística entre os pesos dos animais, no início do experimento ( $p > 0,05$ ). Porém, TP apresentou pesos médios estatisticamente menores ao final do experimento ( $p < 0,05$ ).

Novamente o aquecimento por convecção apresenta-se entre os melhores tratamentos com relação ao peso.

Quanto à média simples do ganho de peso do grupo, o tratamento TP apresentou menor peso. Os animais em TA ganharam 0,1kg a mais que os de TR e 0,7kg a mais que TP. Em TR, os leitões ganharam 0,6kg a mais que em TP. Convém lembrar que, por razões já expostas, os valores de ganho de peso final não foram comparados estatisticamente.

Há indicativos de que o aquecimento do ar por convecção, com a utilização de energia elétrica ou elétrica complementada com solar, apresentou-se como o melhor sistema para aquecimento de leitões, considerando o quesito peso vivo. Isso ocorreu quando comparado ao aquecimento por resistências elétricas suspensas, aquecimento do piso ou mesmo com ausência de aquecimento.

## **Mortalidade**

Nas análises observacionais 2 e 3 não houve mortalidade.

A tabela 5.4-4 apresenta as taxas de mortalidade da análise 4.

**Tabela 5.4-4: Taxas de mortalidade apresentadas durante a análise 4.**

<b>Tratamento</b>	<b>Taxa de mortalidade (%)</b>
TR	0
TP	3,9
TA	1,2

As taxas de mortalidade foram de 0, 3,9 e 1,2%, para os tratamentos TR, TP e TA, respectivamente. Desta forma, neste quesito, TR foi o melhor e TP o pior. Conforme exposto no capítulo II, quatro animais vieram a óbito por eletrocussão. Todos os demais animais incluídos na taxa de mortalidade tiveram uma doença bacteriana, sabidamente presente na granja, como provável causa da morte. Não se pode afirmar que os animais tratados tiveram manifestação ou agravamento desta doença em virtude dos sistemas de aquecimento utilizados.

Maiores avaliações sob a ótica da mortalidade não foram realizadas, em virtude da baixa repetibilidade da ocorrência de mortes nas análises.

Por meio desta análise de mortalidade não é possível afirmar qual o melhor tratamento.

#### **5.4.1.2 Respostas fisiológicas**

##### **Temperatura de flanco**

A tabela 5.4-5 apresenta médias dos dados de temperatura superficial de flanco (Tsf) para a análise de interferência entre os tratamentos.

**Tabela 5.4-5: Médias de temperatura superficial de flanco para análise de interferência.**

	<b>TR</b>	<b>TSA2</b>	<b>TSA3</b>
<b>Temperatura de flanco (°C)</b>	36,57(±2,8) <sup>b</sup>	36,31(±2,5) <sup>a</sup>	36,17(±2,4) <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Não houve diferença entre as médias da temperatura de flanco dos animais, quando comparados os três tratamentos. Desta forma não é possível afirmar qual foi o melhor sistema de aquecimento, quando comparados os dois testados, por meio deste parâmetro fisiológico.

A tabela 5.4-6 apresenta os dados de Tsf dos dois tratamentos estudados durante a análise observacional 1.

**Tabela 5.4-6: Médias de temperatura superficial de flanco para análise 1.**

	TR	TRL
<b>Temperatura de flanco (°C)</b>	37,42 ( $\pm 1,28$ ) <sup>a</sup>	37,13 ( $\pm 1,35$ ) <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Não houve diferença entre as médias da temperatura de flanco dos animais, quando comparados os dois tratamentos. Desta forma não é possível afirmar qual foi o melhor sistema de aquecimento, quando comparados os dois testados, por meio deste parâmetro fisiológico

A tabela 5.4-7 apresenta a média das temperaturas superficiais de flanco, encontradas durante o experimento 2.

**Tabela 5.4-7: Média das temperaturas superficiais de flanco, durante a análise 2.**

	TR	TSA2	TA
<b>Temperatura de flanco (°C)</b>	36,365 ( $\pm 2,78$ ) <sup>a</sup>	36,868 ( $\pm 1,43$ ) <sup>b</sup>	36,867 ( $\pm 1,68$ ) <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A média da Tsf dos animais mantidos sob as resistências foi a mais baixa, quando comparada à dos animais mantidos sem aquecimento, que, por sua vez, foi igual à dos animais mantidos sob o aquecimento por convecção (TA).

Estes dados são inconclusivos em virtude da incongruência de respostas encontradas na comparação entre as análises.

A tabela 5.4-8 apresenta médias de temperatura superficial de flanco para a análise 3 e 4.

**Tabela 5.4-8: Médias de temperatura superficial de flanco durante análises observacionais 3 e 4.**

Temperatura de flanco (°C)	TR	TP	TA
<b>Análise 3</b>	35,263 ( $\pm 1,44$ ) <sup>a</sup>	35,048 ( $\pm 1,32$ ) <sup>a</sup>	34,985 ( $\pm 1,246$ ) <sup>a</sup>
<b>Análise 4</b>	34,800 ( $\pm 0,73$ ) <sup>a</sup>	35,3116 ( $\pm 3,73$ ) <sup>ab</sup>	35,600 ( $\pm 1,34$ ) <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Apenas na análise 4 pode-se encontrar diferença estatística entre os valores de Tsf de TA e TR. Isto indica que, na análise 4, TA foi maior que TR. Porém, TP foi estatisticamente igual a TR e TA. Os dados de Tsf são inconclusivos para a avaliação do melhor tratamento.

Considerando a metodologia utilizada, os dados de temperatura superficial de flanco não se mostraram como um bom indicativo da resposta fisiológica dos animais aos sistemas de aquecimento utilizados neste trabalho.

Dados de consumo de ração e água poderiam ser bons indicativos. Porém, em virtude de dificuldades já apresentadas, estas análises foram impossibilitadas.

### **Cortisol salivar**

Foi coletada saliva dos animais nas análises 3 e 4. Porém, o volume coletado na análise 3 foi insuficiente para se fazer a análise de 100% dos animais coletados. Optou-se então por fazer apenas a avaliação dos animais da análise 4.

A pouca quantidade de saliva coletada na análise 3 se deu, provavelmente, em razão da metodologia de coleta. Os dispositivos de algodão foram disponibilizados aos animais, sendo segurados pelas mãos enluvadas dos indivíduos que coletaram. Este fato fez com que os animais que não estavam com o dispositivo na boca mordessem as mãos dos indivíduos, fazendo com que estes ficassem impossibilitados de manter o dispositivo por muito tempo nas bocas dos animais.

Já na coleta da análise 4, os dispositivos foram amarrados a um barbante, manobra que possibilitou a coleta, sem prejuízos físicos aos indivíduos que a praticaram.

Outra dificuldade encontrada foi o fato de cada dispositivo ter sido checado por mais de um leitão. Desta forma, em um dispositivo há, geralmente, saliva de mais de um leitão.

Não foi possível coletar saliva sempre dos mesmos leitões, uma vez que a metodologia previa que os leitões viessem checar os dispositivos. Porém, foi possível notar que alguns leitões tinham mais interesse pelo dispositivo que outros. A vantagem disto é que a probabilidade dos mesmos leitões terem checado um dispositivo em cada horário. Porém, a desvantagem foi a dificuldade de se fazer com que o mesmo leitão não fosse coletado mais de uma vez no mesmo horário.

O volume conseguido com esta metodologia de coleta foi de 0 a 500µL de saliva.

Anteriormente à quaisquer considerações acerca destas análises é importante notar que o próprio desmame é um fator estressante (alteração de dieta, separação da mãe, mudança de ambiente e convivência com novos contactantes entre outros) e é capaz de induzir alterações comportamentais, endócrinas e imunológicas e que a mistura de leitegadas é um fator estressante (MERLOT, MEUNIER-SALAÛN e PRUNIER, 2004).

Porém, cabe salientar que os leitões se utilizam estratégias comportamentais para se adaptar (aclimatar) às situações, de acordo com o exposto por Merlot, Meunier-Salaün e Prunier (2004). Desta forma, neste trabalho, houve preocupação sobre o fato de coletar saliva dos suínos decorridos 7 dias do desmame, visto que Hay et al. (2001), mostraram aumento transitório da concentração de cortisol de suínos um dia após o desmame. (

A escolha do método salivar deve-se a facilidade de coleta, ao fato de ser indolor (importante, visto o estudo sobre bem-estar para os suínos), por possibilidade de rápida análise, por estar trabalhando com hormônios esteróides e pela diminuição dos efeitos negativos no sistema de transporte e estocagem (GALLAGHER, GILLES e WYNN, 2002). Foram tomados cuidados referentes a protocolo de coleta, de análise e de conservação das amostras, buscando se evitar dúvidas nos resultados obtidos.

A concentração salivar de cortisol (CSC) de suínos, com 28 dias, desmamados aos 21 dias, a partir de coletas realizadas em quatro horários espaçados durante um dia, sob três diferentes tratamentos de aquecimento, apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5.4-9).

Às 7h, a CSC dos suínos de TP foi mais alta, em relação a CSC dos suínos dos outros tratamentos, no mesmo horário. Os tratamentos TR e TA tiveram CSCs iguais às 7h.

A CSC dos suínos TP, às 11h30min, é mais alta e diferente dos demais tratamentos. Os tratamentos TR e TA tiveram CSCs iguais às 11h30min.

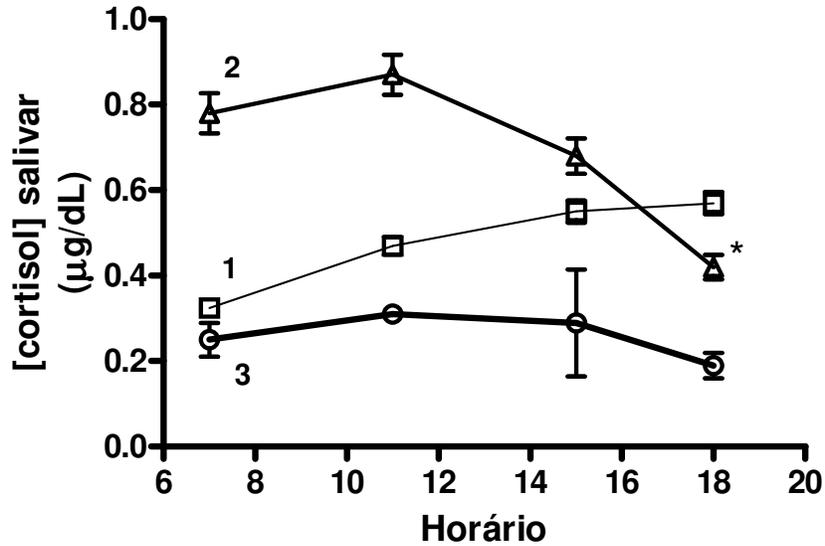
Nos outros horários analisados não houve diferença entre a CSC dos suínos dos diferentes tratamentos ( $p>0,05$ ).

**Tabela 5.4-9: Concentração salivar de cortisol de suínos ( $\mu\text{g/dL}$ ), com 28 dias, submetidos a três diferentes sistemas de aquecimento.**

Horário	Tratamento		
	TR	TP	TAES
<b>7h00min</b>	0,33 ( $\pm 0,06$ ) <sup>a</sup>	0,78 ( $\pm 0,15$ ) <sup>b</sup>	0,25 ( $\pm 0,08$ ) <sup>a</sup>
<b>11h30min</b>	0,47 ( $\pm 0,07$ ) <sup>a</sup>	0,87 ( $\pm 0,15$ ) <sup>b</sup>	0,31 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>
<b>15h30min</b>	0,55 ( $\pm 0,09$ ) <sup>a</sup>	0,68 ( $\pm 0,13$ ) <sup>a</sup>	0,29 ( $\pm 0,25$ ) <sup>a</sup>
<b>19h</b>	0,57 ( $\pm 0,09$ ) <sup>a</sup>	0,42 ( $\pm 0,09$ ) <sup>a</sup>	0,19 ( $\pm 0,06$ ) <sup>a</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p<0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

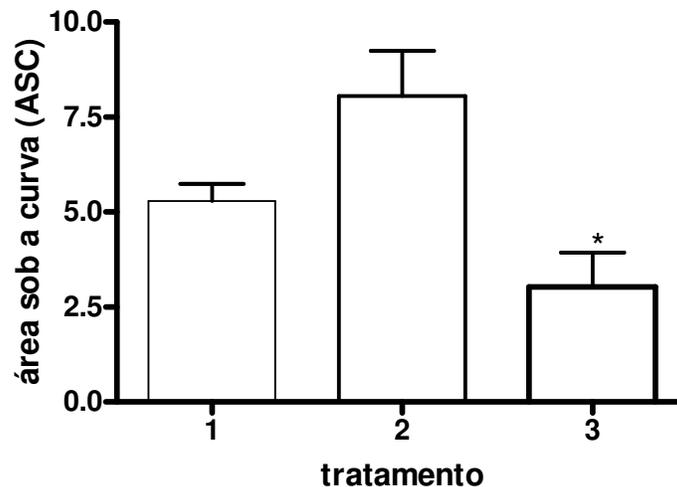
A figura 5.4-1 apresenta a distribuição gráfica da concentração salivar de cortisol.



*Figura 5.4-1: Distribuição gráfica da concentração salivar diária de cortisol dos leitões suínos (Linha 1=TR, Linha 2=TP, Linha 3=TA).*

Há diferença estatisticamente significativa entre a CSC das 19h em relação a CSC das 11h30min, apenas dos suínos do tratamento TP, por análise de variância, seguida de teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A figura 5.4-2 oferece a área sob a curva do cortisol de amostras de saliva dos leitões.



*Figura 5.4-2: Área sob a curva do cortisol de amostras de saliva dos leitões (1=TR, 2=TP, 3=TA).*

Há diferença estatisticamente significativa entre o tratamento TA e o tratamento TP, pelo Teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn.

Os resultados mostraram que a CSC de suínos, aos 28 dias de idade, desmamados há 7 dias, foram diferentes quando submetidos a três tratamentos de aquecimento distintos.

Gallagher et al. (2002), e Becker et al., (1994), estudaram suínos machos, adultos e castrados, que apresentaram a concentração sanguínea de cortisol às 7 horas da manhã entre 35-55ng/ml (3,5-5,5µg/dl). Considerando que a concentração de cortisol na saliva é de 5 a 10% do valor do cortisol sanguíneo (GALLAGHER, GILLES e WYNN, 2002), TR e TP encontram-se próximos do nível encontrado por estes autores.

Outro autor, Ekkel (1996), trabalhando com suínos machos e fêmeas, verificou que a concentração salivar de cortisol, às 8 horas da manhã era de 2,2ng/mL (0,22µg/dl). Sob este princípio, os dados obtidos da CSC dos suínos pertencentes ao TA, às 7h ( $0,33 \pm 0,08$ ) corroboram com Becker et al. (1994), Ekkel., (1996) e também com Gallagher, Gilles e Wynn, 2002.

Assim, os suínos pertencentes ao tratamento TP, pela manhã, apresentaram valores bem acima dos trabalhos apresentados pela literatura.

A percepção do agente estressor acarreta em aumento da atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). A consequência imediata é o aumento da concentração plasmática de catecolaminas, e pouco depois, aumento do hormônio cortisol. Para os autores Wiepkema e Koolhaas (1993) e Ekkel (1996), alterações ambientais são fatores estressantes para os suínos e podem reduzir o bem-estar destes animais. Ruiz (1997) relata que estes agentes estressores, como o desconforto térmico, podem gerar alteração no ritmo circadiano do cortisol.

Posteriormente a este item, no item “parâmetros comportamentais”, serão apresentados os dados referentes ao comportamento dos animais, perante os sistemas. Será possível verificar que o sistema TP foi o que aparentemente mais causou manifestações comportamentais compatíveis com o estresse, especialmente durante a noite. Talvez por esta razão, tenha-se encontrado níveis mais altos de cortisol durante a manhã.

Nesta análise 4, apenas os tratamentos TR e TP apresentaram leitões dessincronizados, ou seja, com comportamento fora do padrão apresentado pelos demais animais. O número de

leitões dessincronizados em TP foi igual ao número apresentado por TR. Na análise 3, na qual não foi analisado o nível de cortisol, TP foi o que mais apresentou animais dessincronizados. Este comportamento será mais bem descrito posteriormente, nas avaliações comportamentais. Porém, é importante notar que o tratamento TP foi o único que apresentou ritmo.

Apesar de TP apresentar os maiores valores de cortisol no período da manhã, foi o único tratamento que apresentou ritmo cicardiano. TR e TA não apresentaram ritmo.

Em TR, os valores começam mais baixos e sobem ao longo do dia. Terminando com CSC quase o dobro do que foi observado às 7h, sendo, inclusive, maiores que os encontrados na literatura (EKKEL, 1996).

Já em TA, os valores começam baixos, continuam baixos durante a tarde e caem durante a noite. Porém, embora estes animais não tenham apresentado ritmo, é interessante notar que durante a tarde o nível de atividade dos leitões é o mais alto dos três tratamentos e o nível do cortisol no período noturno está de acordo com o encontrado na literatura (EKKEL, 1996). Mas o ritmo cicardiano está alterado, perfil *flatness* (plano), o que, por alguns autores (RUIS, 1997), pode ser um comportamento apresentado em animais estressados.

Aparentemente, TP foi fator estressante para os suínos estudados, se compararmos as CSC obtidas com a literatura e com os demais tratamentos, às 7h e 11h30min.

Em geral os leitões acordam entre 6h30min e 7h45min. Neste horário, o cortisol deveria estar mais alto. Por esta razão, entende-se que o primeiro horário de coleta se deu no momento em que os leitões estavam acordando.

O horário de se preparar para dormir dos leitões está entre 17 e 18h. Desta forma, a última coleta foi realizada quando os leitões estavam em momento de entrada em estado de preparação para o sono ou sono, efetivamente.

Nas observações comportamentais, foi possível notar que os leitões de TP acordaram mais cedo, dormiram mais cedo e dormiram menos horas, quando comparados aos de outros tratamentos. Os leitões de TA dormiram mais horas, acordaram mais tarde e dormiram mais tarde que os demais. Desta forma, aparentemente, os tratamentos influenciaram na quantidade de horas de sono.

A área sob a curva (ASC) reforça os dados apresentados ao mostrar que a ASC do TP é maior do que TA.

### 5.4.1.3 Respostas comportamentais

A intenção foi a de avaliar os leitões nos primeiros cinco dias de cada análise. Porém, durante a análise 4, houve problemas com a integridade dos cabos de transporte dos sinais das câmeras para o computador. Este fato inviabilizou a coleta de imagens referentes aos 5 dias pretendidos. Desta forma, avaliaram-se apenas 3 dias da análise 4.

#### Preferência térmica

Em TP foi possível notar que as placas não aquecidas foram preteridas pelos leitões no momento de deitar (quando comparadas às aquecidas) e, por esta razão, os leitões utilizavam-na para local de defecação. A figura 5.4-3 mostra as condições de limpeza das placas aquecidas e não aquecidas, após 3 dias de uso da instalação.



*Figura 5.4-3: Condições de limpeza das placas aquecidas (à esquerda) e não aquecidas (à direita) após estabelecimento dos locais de defecação pelos leitões.*

É interessante apresentar que, com o piso desligado (não aquecido) e sem nenhuma outra fonte para aquecimento, grande parte dos leitões parece preferir permanecer fora do piso de concreto, conforme ilustrado na figura 5.4-4.



***Figura 5.4-4: Comportamento dos leitões sobre o piso não aquecido.***

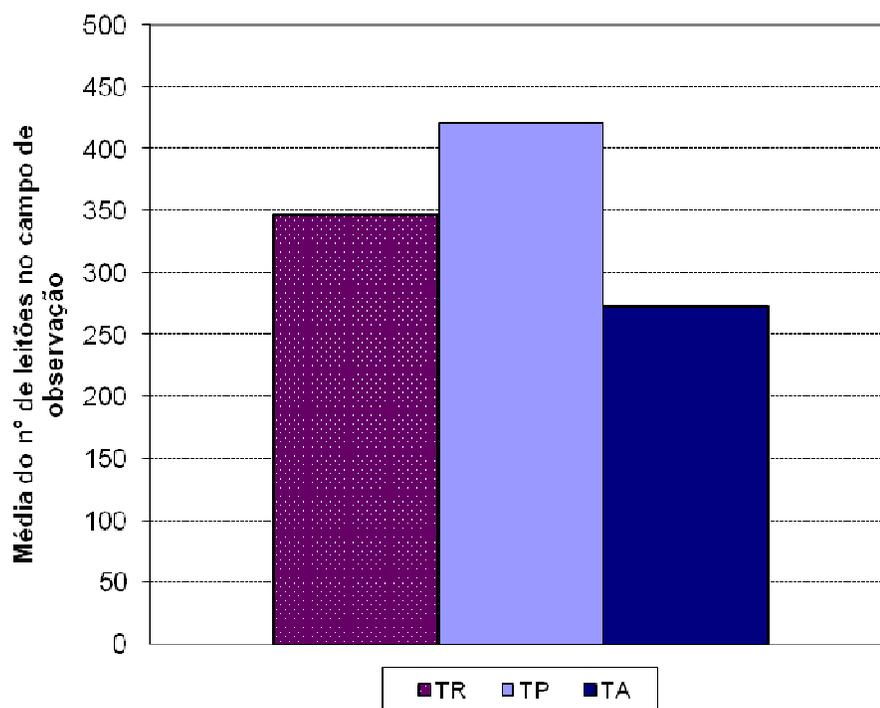
Os animais acima retratados pertenceram a um lote diferente dos analisados neste trabalho. Esta figura é simplesmente para ilustrar um comportamento observado em caso de não aquecimento do piso.

Outra situação em que a maioria dos leitões eram encontrados deitados fora do piso aquecido foi no caso de temperatura ambiente interna maior que 30°C.

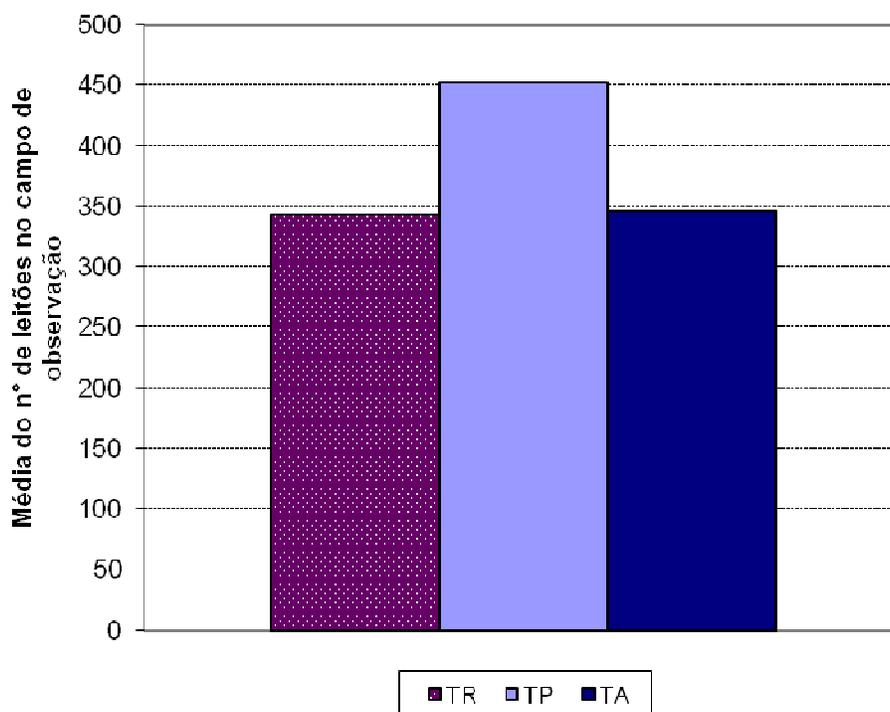
A área delimitada observada é correspondente a uma área aquecida. No caso de TP, toda a área aquecida pode ser observada. Não é o caso de TR e TA, pois só é possível observar parte desta área.

Por esta observação é possível perceber a distribuição dos leitões na baia. Destas avaliações foi possível fazer algumas inferências sobre o conforto dos animais.

As figuras 5.4-5 e 5.4-6 apresentam a média de leitões no campo de observação.



*Figura 5.4-5: Média do número de leitões no campo de observação, durante a análise 3.*



*Figura 5.4-6: Média do número de leitões no campo de observação, durante a análise 4.*

Nas duas análises, o número de leitões no campo de observação foi maior em TP. Isto indica que os leitões frequentaram mais a área aquecida. Isto implicou em amontoamento nesta área, uma vez que os leitões só contavam com ela para aquecimento por condução (figura 5.4-7).

Observaram-se lutas em TP, motivadas por tentativa de utilização do comedouro, na parte da placa aquecida.



***Figura 5.4-7: Distribuição dos leitões, durante períodos de descanso em TP.***

Teve-se a impressão de que em TR os leitões tenham tido maior preferência pela área de piso de concreto em detrimento à área de piso ripado plástico (figura 5.4-8).



***Figura 5.4-8: Distribuição dos leitões, durante períodos de descanso em TR.***

Em TR, ao deitar, os leitões formavam um único grupo, com todos os animais deitados juntos. Da mesma forma que ocorreu em TP. Porém, o grupo TP foi mais coeso, na maioria das observações, e foi possível perceber mais leitões deitados sobre outros. Foi possível observar em TR que algumas lutas (melhor discutidas posteriormente) foram motivadas por leitões que queriam permanecer no concreto e não encontravam espaço. Para isto, brigavam com outros para consegui-lo.

O mesmo comportamento não foi observado em TA. Neste tratamento, os leitões distribuíram-se mais uniformemente pela área total da baia, em vários grandes grupos (figura 5.4-9).



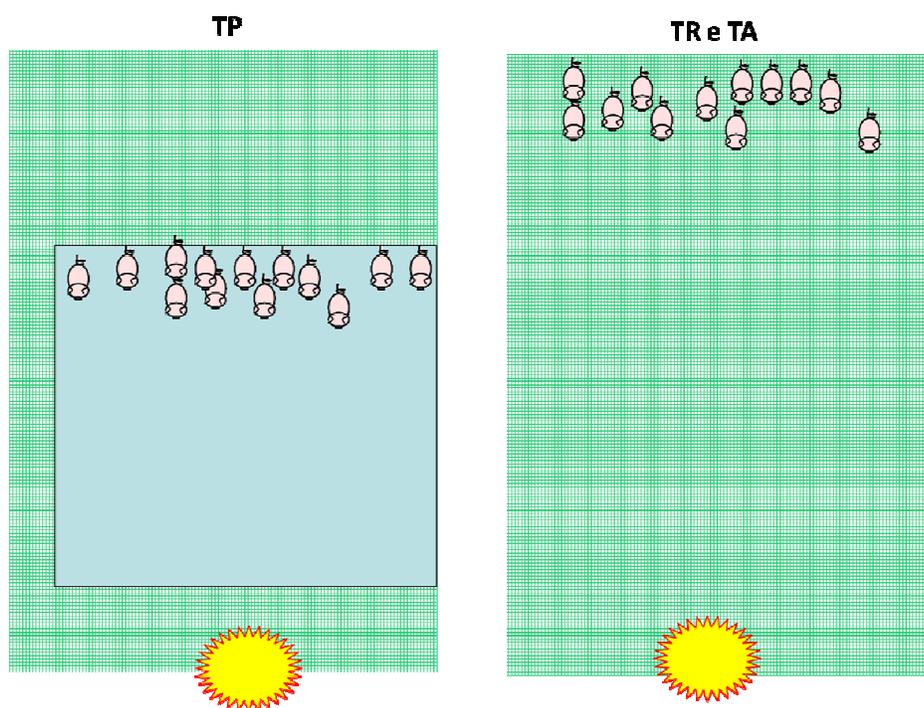
**Figura 5.4-9: Distribuição dos leitões, durante períodos de descanso em TA.**

Já em TA, formavam-se vários grupos com números menores de leitões. Desta forma, provavelmente, os animais apresentavam menor desconforto térmico que em TR e TP. Os leitões em TP aparentaram maior desconforto térmico.

Neste caso, os leitões formaram duas áreas de defecação: uma no início (próxima a porta) e uma no fim da baia (próxima à entrada do ar no sistema de aquecimento). Provavelmente porque o centro da sala encontrou-se mais aquecido. Embora a prospecção da temperatura com os sensores tenha demonstrado diferença de temperatura de bulbo seco menor que 1°C entre vários pontos da sala.

As resistências elétricas, que aparecem linearmente penduradas, são resistências de reserva, utilizadas enquanto não se resolvia o problema de desprogramação do CLP, já explicitado no capítulo II. Estas resistências eram utilizadas eventualmente, por um período menor que 10 minutos.

Outra observação importante a respeito da preferência térmica é que durante os primeiros dias na creche, a cada ruído escutado pelos animais ou a cada entrada de pessoas na sala, os animais amontoam-se na baía, do lado oposto ao estímulo (entrada de estranhos, ruído etc.), próximos à parede. Em TP os animais amontoavam-se até o final da placa, conforme ilustrado na figura 5.4-10.



**Figura 5.4-10: Comportamento padrão dos leitões, perante um estímulo, nos primeiros dias pós-desmame.**

Apesar de ser notória a preferência térmica dos leitões pelo piso aquecido, não é possível dizer que os leitões prefeririam o piso aos outros sistemas. Somente é possível elucubrar que os leitões preferiram o piso aquecido ao piso não aquecido.

Os dados de preferência térmica não servem para saber qual sistema os leitões prefeririam, mas para verificar se há alguma interferência no comportamento dos suínos em virtude desta possível preferência.

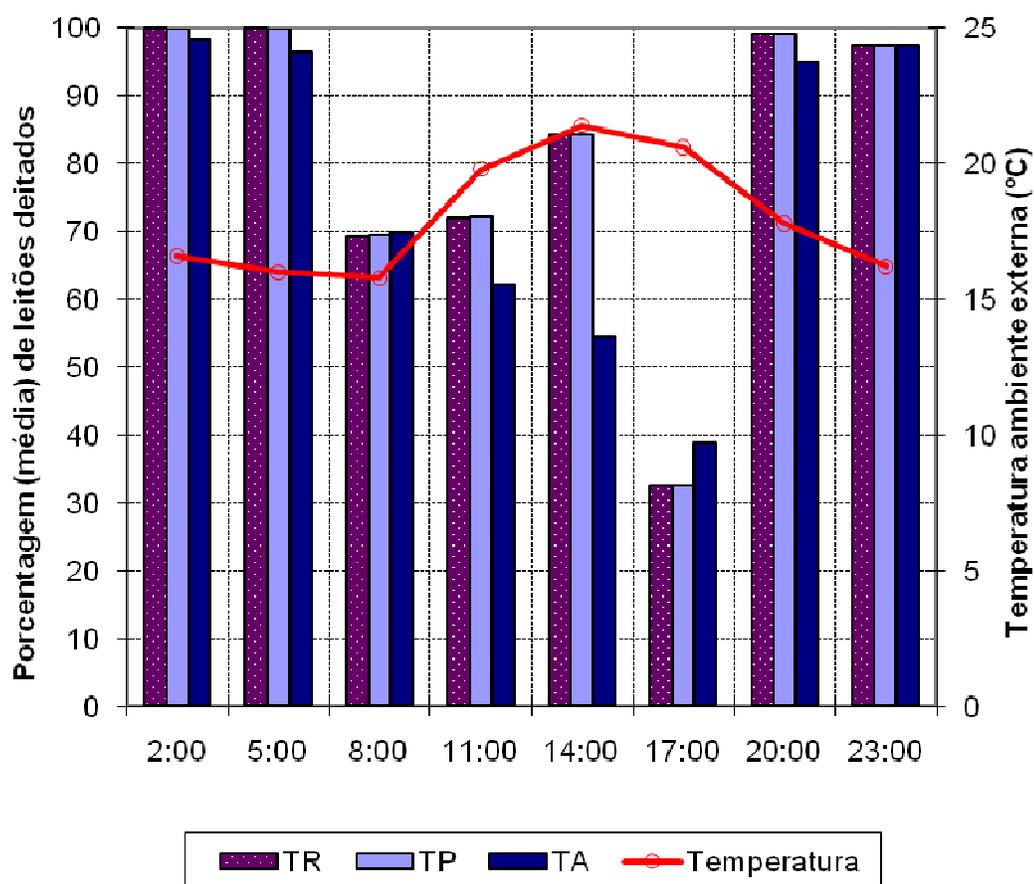
No caso de TP, foi possível notar que os leitões preferiram ficar sobre as placas e este fato limitou o comportamento dos leitões.

Em TR, além da preferência de permanência sob as resistências elétricas, os leitões preferiam estar sobre o concreto.

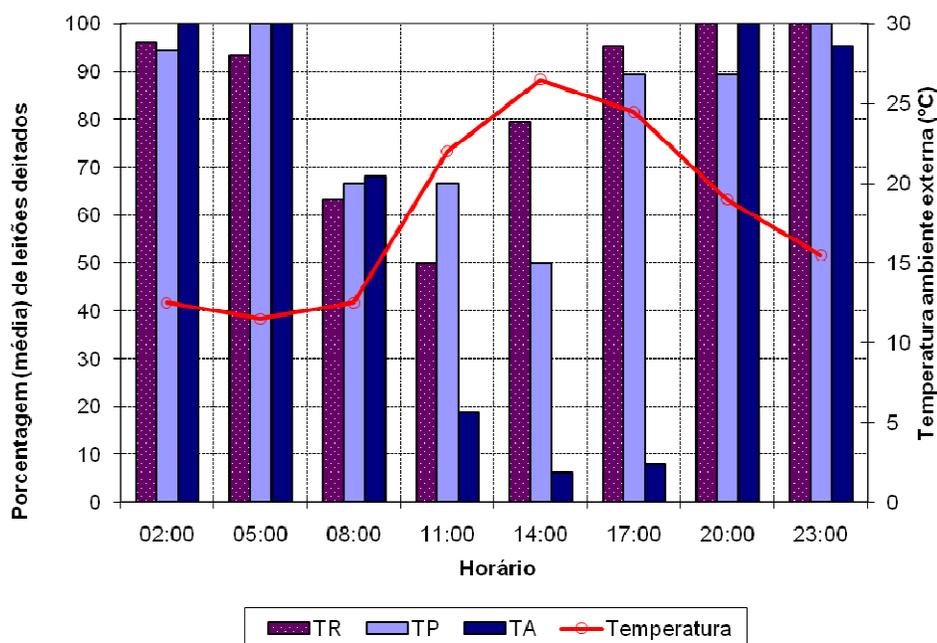
Em TA, aparentemente, não houve limitação do comportamento dos leitões como o fizeram TR e TP.

### Postura

As figuras 5.4-11 e 5.4-12 apresentam a porcentagem de leitões que encontravam-se deitados no momento das observações, nas análises 3 e 4.



*Figura 5.4-11: Porcentagem média horária de leitões deitados, durante a análise 3.*



**Figura 5.4-12: Porcentagem média horária de leitões deitados, durante a análise 4.**

Nas duas análises, houve menos leitões deitados durante o dia em TA, mostrando que estes leitões encontravam-se em atividade, comportamento este consonante com o esperado, de acordo com o ciclo cicardiano dos animais (conceito mais bem discutido adiante).

Embora duas repetições possam ser insuficientes para concluir a este respeito, destes gráficos é possível obter que médias térmicas baixas durante o dia, aumentaram o comportamento de descanso. Essa cogitação foi feita comparando-se a análise 3 com a análise 4.

O nível de atividade noturna pode interferir no comportamento de descanso (deitar) dos animais durante o dia, alterando seu ciclo cicardiano.

## Atividade

### Nível de atividade

As figuras 5.4-13 e 5.4-14 apresentam os valores médios horários do nível de atividade dos animais nos períodos estudados.

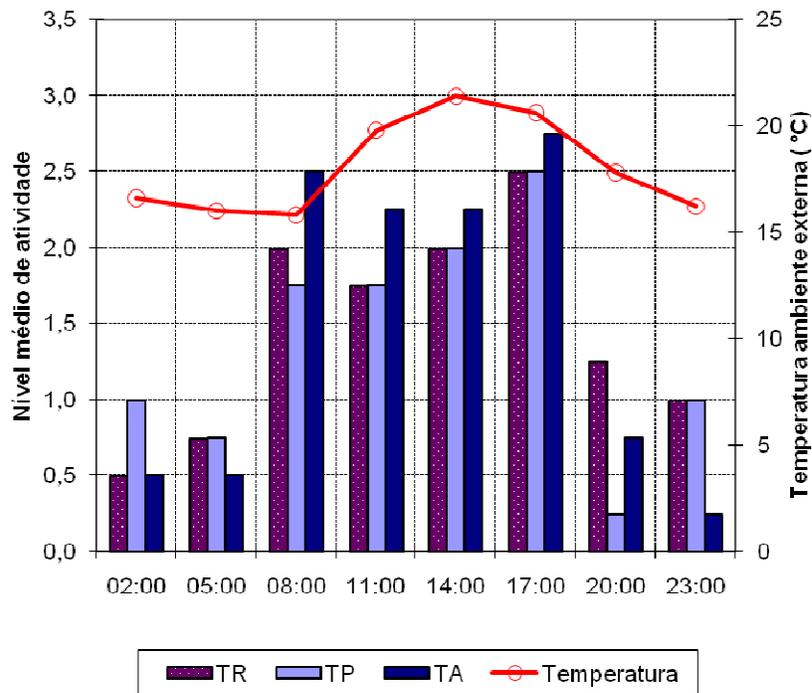


Figura 5.4-13: Nível de atividade dos leitões (média horária), durante a análise 3.

A maior média de nível de atividade na análise 3 foi alcançada em TA.

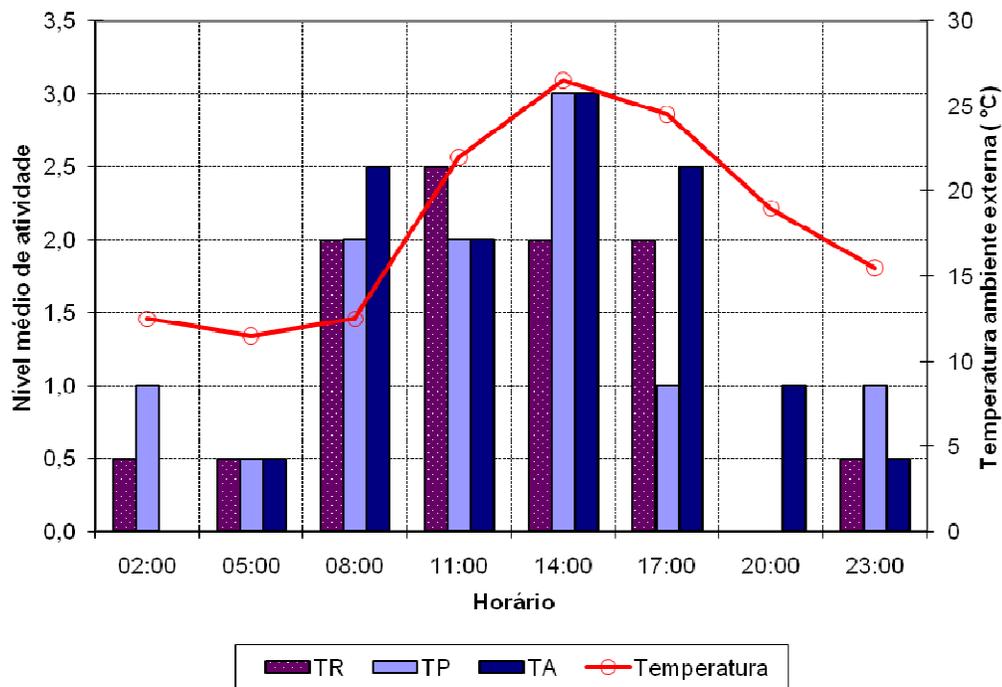


Figura 5.4-14: Nível de atividade dos leitões (média horária), durante a análise 4.

Os maiores valores de atividade foram apresentados por TP e TA, na análise 4.

Os maiores valores médios de nível de atividade dos leitões foram entre as 8h00min e 17h00min, em ambas as análises.

Entre as 23h00min e 05h00min, quando foi observado que, na maioria das vezes os leitões estavam dormindo, TP apresentou as maiores médias de atividade. Este fato se deu porque os leitões se amontoavam e os que estavam na parte de cima do grupo, e, portanto, mais longe do piso, moviam-se buscando melhor localização para receber calor. Aparentemente estavam sentindo desconforto térmico.

Estes dados foram anteriormente discutidos considerando os níveis de cortisol encontrados, para os animais da análise 4. Através desta análise conjunta de dados é possível concluir que o nível de atividade dos animais não aumentou de acordo com o aumento do nível de cortisol. TA foi o tratamento de maior nível de atividade e de menor nível de cortisol.

## **Interação com o ambiente**

### ***Visitas ao comedouro***

As figuras 5.4-15 e 5.4-16 apresentam o comportamento diário de visitas ao comedouro, para o qual foram calculadas médias diárias de visitas ao comedouro.

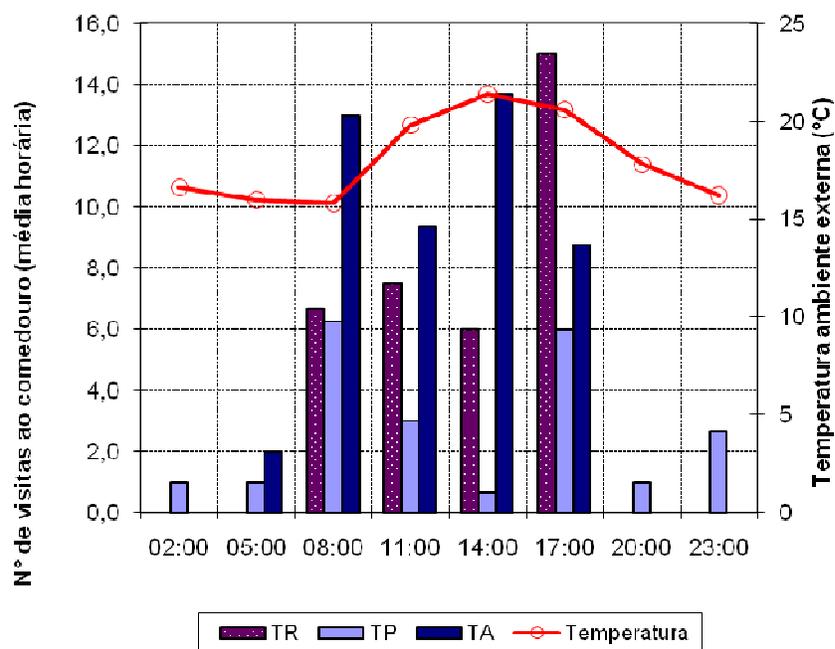


Figura 5.4-15: Número de visitas ao comedouro (média horária) durante análise 3.

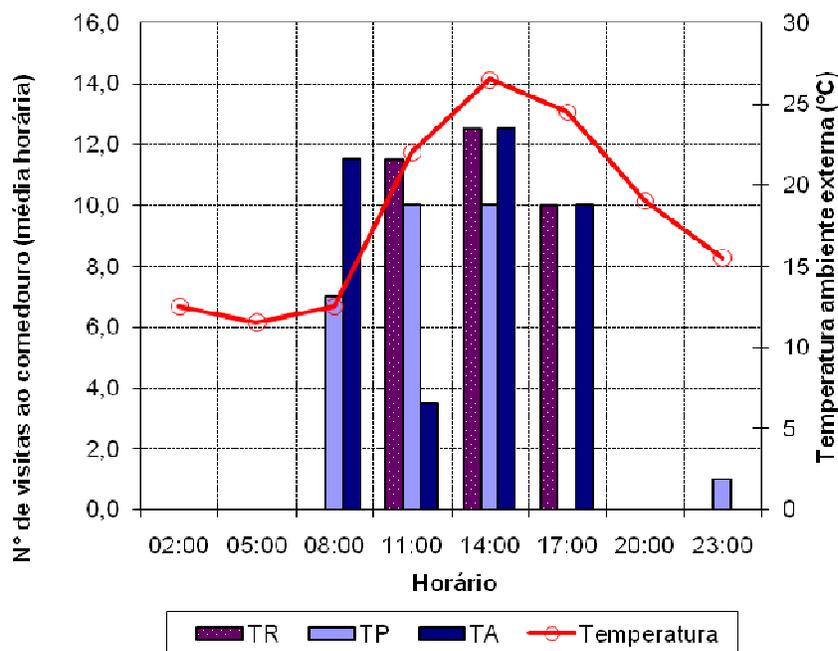
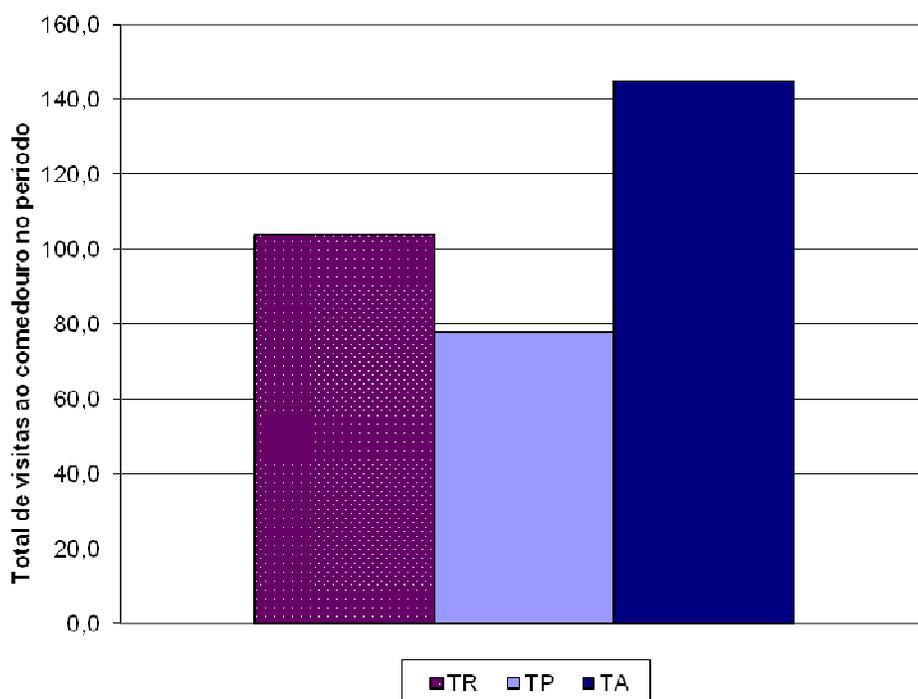


Figura 5.4-16: Número de visitas ao comedouro (média horária) durante análise 4.

Excetuando-se o período noturno, TP sempre apresentou a menor média do comportamento de visita ao comedouro. Este comportamento em TP contribuiu com o aumento do nível de atividade noturna deste tratamento.

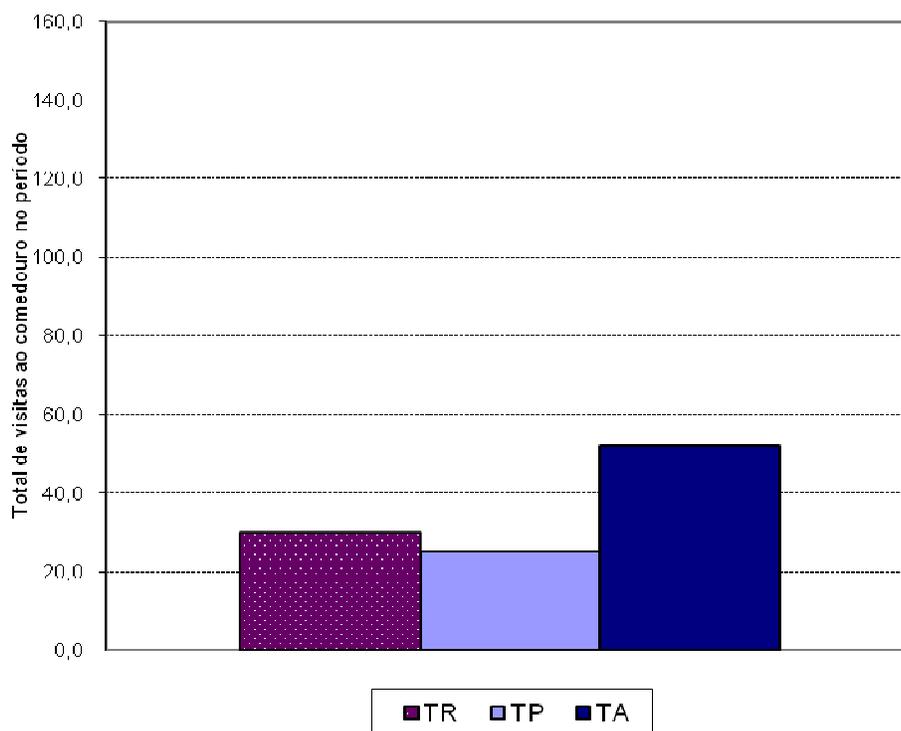
O nível de estresse reduz a ingestão de alimento, porém, o frio pode aumentar o consumo (SILVA, 2000). O aumento da ingestão noturna de alimentos pode ser uma tentativa de compensar a perda energética causada pelo frio.

As figuras 5.4-17 e 5.4-18 apresentam o número de visitas ao comedouro durante todo o período.



**Figura 5.4-17: Total de visitas ao comedouro durante análise 3.**

Na análise 3 é possível notar que os leitões de TA visitaram o comedouro aproximadamente 39% a mais que TR e 86% a mais que TP.



**Figura 5.4-18: Total de visitas ao comedouro durante análise 4.**

Já durante a análise 4, os leitões de TA frequentaram o comedouro 42% a mais que TR e 52% a mais que em TP.

Quando havia leitões dormindo em TP, estes impediam a chegada de outros ao comedouro, especialmente na região sobre o piso aquecido.

A preferência dos leitões por deitar no concreto em TR também impediu o acesso de outros leitões ao comedouro, já que os comedouros ficavam sobre o concreto. Este comportamento foi pouco observado em TA.

O maior ganho de peso de TA pode ter sido derivado do maior consumo de ração. Porém, é importante notar que, de acordo com o posicionamento das câmeras em relação aos comedouros, não foi possível afirmar que os leitões estavam efetivamente ingerindo ração.

O comportamento de visitas ao comedouro foi apresentado com maior frequência em TA, seguido de TR. Em TP os animais visitaram o comedouro com menor frequência.

### Visitas ao bebedouro

As figuras 5.4-19 e 5.4-20 apresentam o comportamento diário de visitas ao bebedouro, para o qual foram calculadas médias diárias de visitas destas visitas.

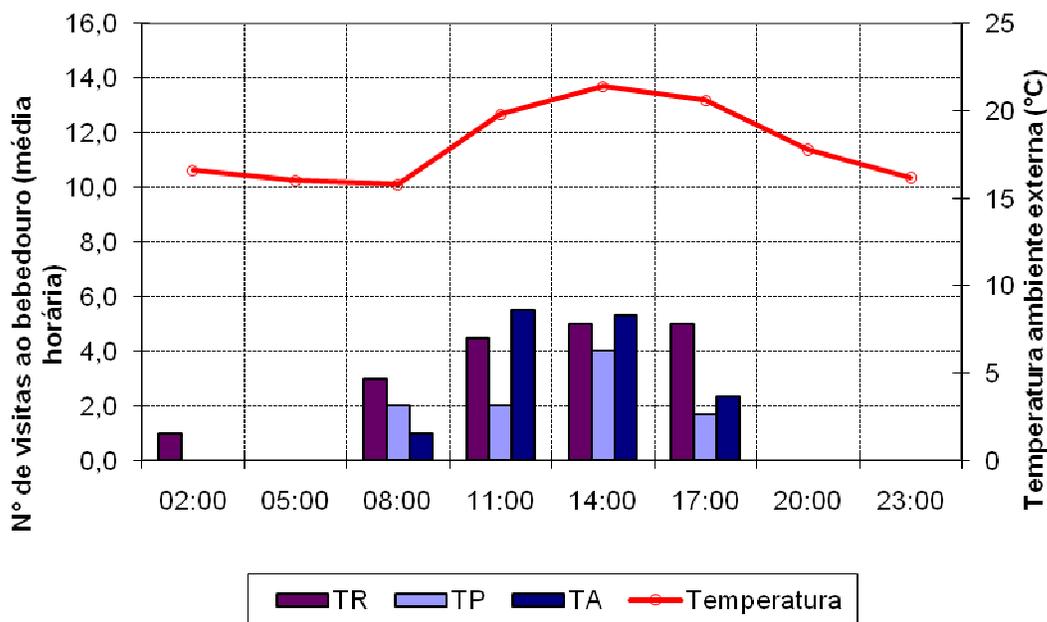


Figura 5.4-19: Número de visitas ao bebedouro (média horária) durante análise 3.

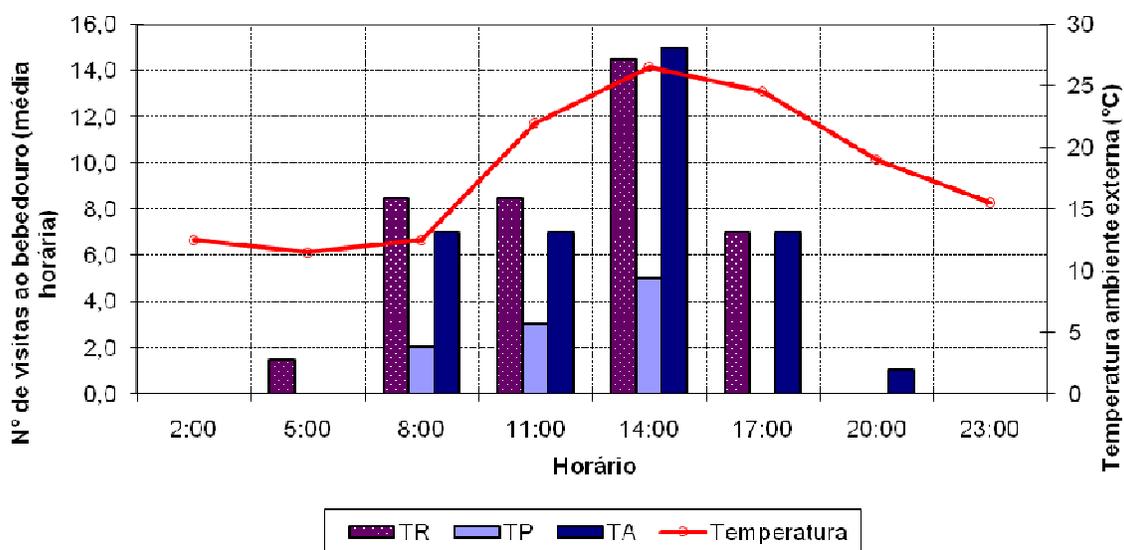
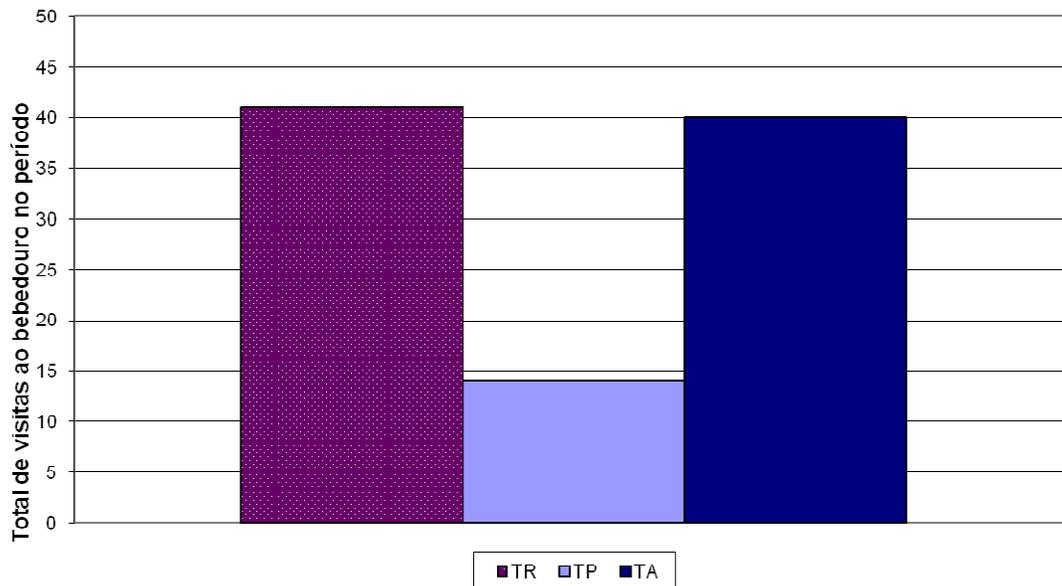


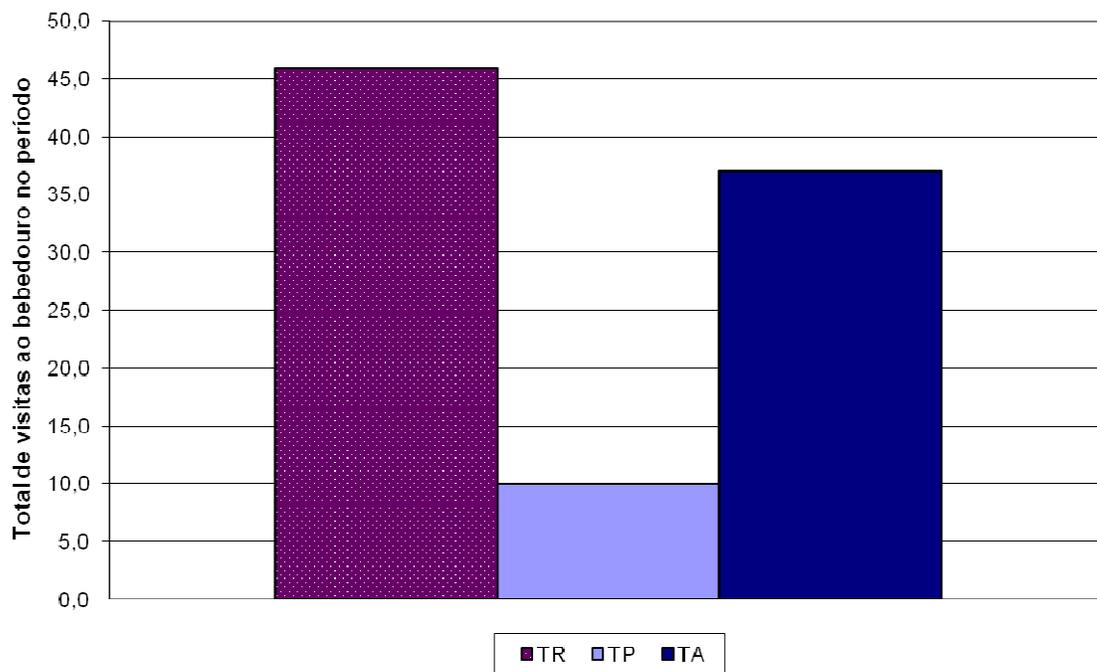
Figura 5.4-20: Número de visitas ao bebedouro (média horária) durante análise 4.

Considerando-se as duas análises, o horário com maior frequência dos animais no bebedouro é 14h00min, que coincide com o horário mais quente do dia.

As figuras 5.4-21 e 5.4-22 mostram graficamente o total de visitas ao bebedouro.



*Figura 5.4-21: Total de visitas ao bebedouro durante análise 3.*



*Figura 5.4-22: Total de visitas ao bebedouro durante análise 4.*

O aumento da ingestão de água pode caracterizar tanto um indicativo de bem-estar, quanto a necessidade de se termorregular em caso de altas temperaturas. Embora o período seja frio e este trabalho esteja tratando de leitões que sofrem com estresse por frio, convém lembrar que o aumento do número de visitas ao bebedouros ocorreu às 14h00min, quando as temperaturas do dia encontraram-se mais altas. Na figura não é possível visualizar este fato, pois a temperatura apresentada é a média da temperatura externa aos galpões. Porém, foi possível constatar que a temperatura interna dos tratamentos alcançou valores maiores que o permitido para a faixa de conforto térmico dos leitões.

Embora os gráficos indiquem que houve maior frequência de visitas ao bebedouro no tratamento TR, seguido do tratamento TP, não é possível afirmar que houve maior ingestão de água. A qualidade de imagem, o posicionamento da câmera com relação ao bebedouro e a não possibilidade de visualização de movimentos de deglutição dos animais impossibilitam tal afirmação.

Em TR, especialmente na análise 4, acredita-se que os animais apresentaram vício de apertar o bebedouro. Isto pode ser elocubrado em virtude da grande quantidade de leitões em um bebedouro, do tempo de permanência de um ou outro leitão no bebedouro e a quantidade de vezes que o mesmo leitão retornava ao bebedouro. Levantam-se, assim, algumas hipóteses para a ocorrência do fato, tais como: o aumento da temperatura ambiente e tentativa de troca de calor com auxílio da água, a ausência de enriquecimento ambiental, fazendo com que o leitão procure alternativas lúdicas, o estresse por qualquer agente causador.

É interessante notar que na análise 3, em TA, os leitões parecem copiar o comportamento de visita ao bebedouro dos demais. Se há um leitão utilizando o bebedouro, vários leitões que observam a cena, o fazem também. Este comportamento é condizente com o comportamento *coping patterns* apresentado por Forkman, Furuhaug e Jensen (1995), no qual os leitões reproduzem seus semelhantes, buscando obter seu padrão comportamental.

O comportamento de visitas ao bebedouro foi semelhante em TA e TR, porém, menor em TP.

## Interação com outros animais

### Lutas

Como episódio de luta compreende-se o momento em que dois ou mais leitões iniciam um embate, até o momento em que o embate é cessado (mesmo que temporariamente) e um dos leitões envolvidos interage de forma não agonística com outro leitão ou com algum objeto do ambiente.

As figuras 5.4-23 e 5.4-24 apresentam o número de episódios de lutas contabilizados no período.

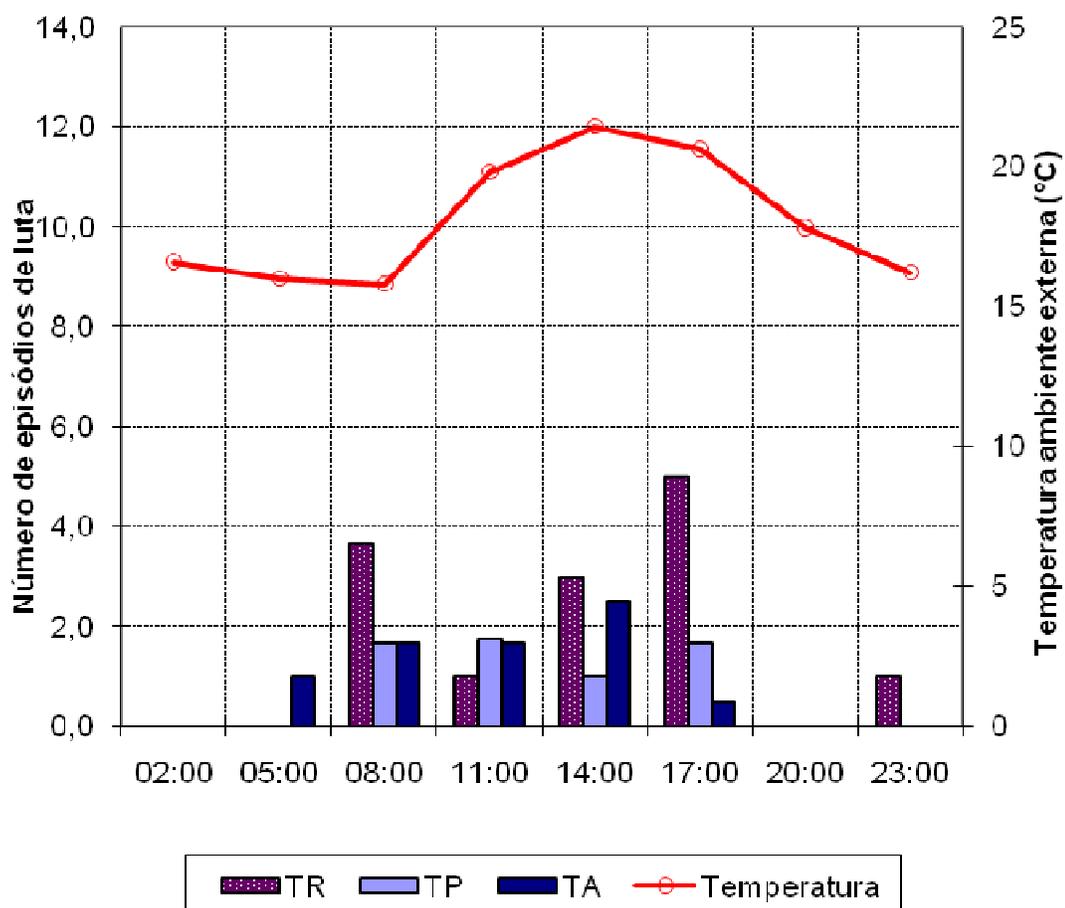
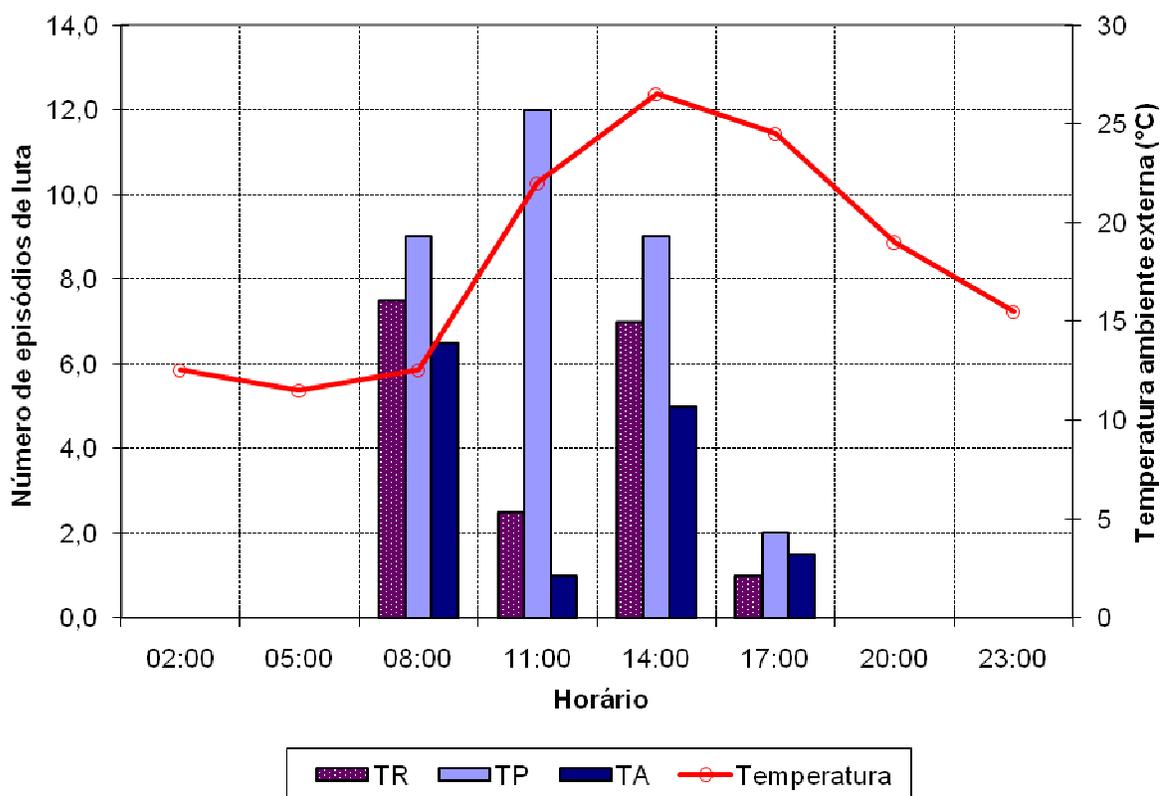


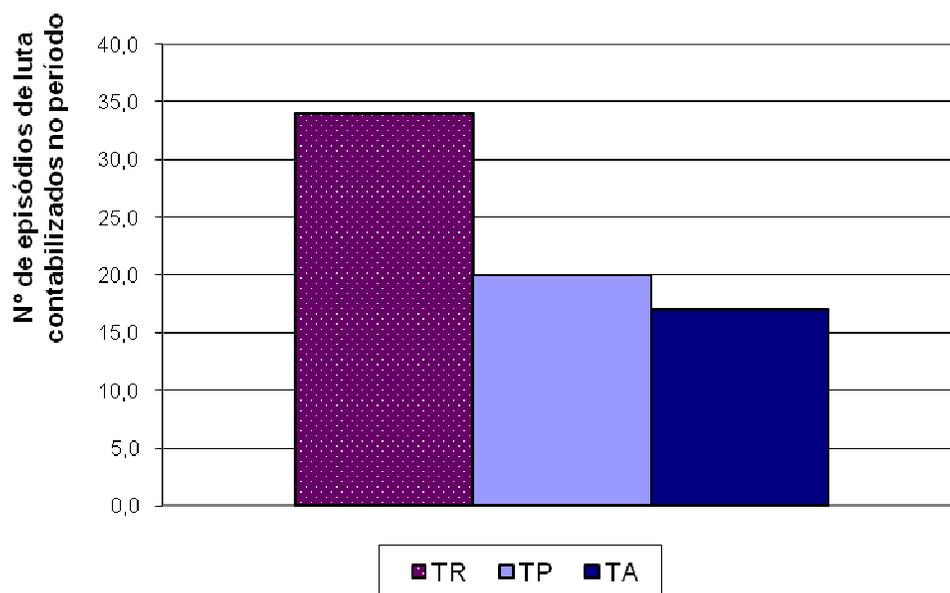
Figura 5.4-23: Número de episódios de luta (média horária) durante a análise 3.



**Figura 5.4-24: Número de episódios de luta (média horária) durante a análise 4.**

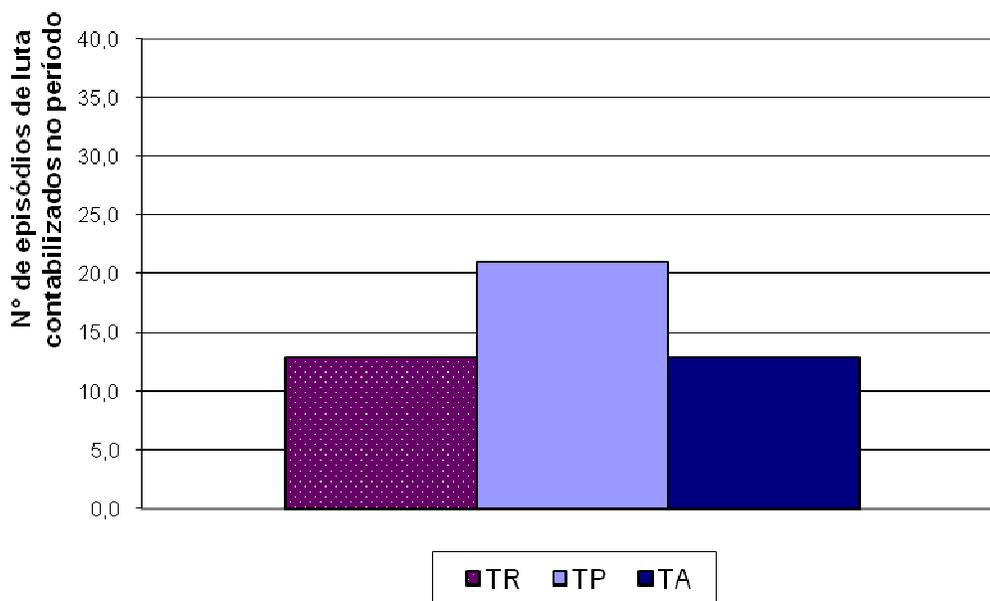
Por meio dos gráficos, é possível obter que os animais brigaram mais frequentemente entre 8 e 17h00min. Na análise 3 é possível obter que TR apresentou mais episódios de luta na maior parte dos horários. O mesmo ocorreu com TP na análise 4.

Para se concluir acerca dos tratamentos quanto a sua influência nos episódios de luta, é necessária a avaliação do número total de episódios, que pode ser representada por meio dos gráficos nas figuras 5.4-25 e 5.4-26.



**Figura 5.4-25: Total de episódios de luta contabilizados durante análise 3.**

Na análise 3, TR apresentou a maior quantidade de episódios de lutas e TA a menor. .



**Figura 5.4-26: Total de episódios de luta contabilizados durante análise 4.**

Já durante a análise 4, TP apresentou a maior quantidade de episódios de luta. Os leitões de TR e TA comportaram-se igualmente, sob este aspecto, nesta análise.

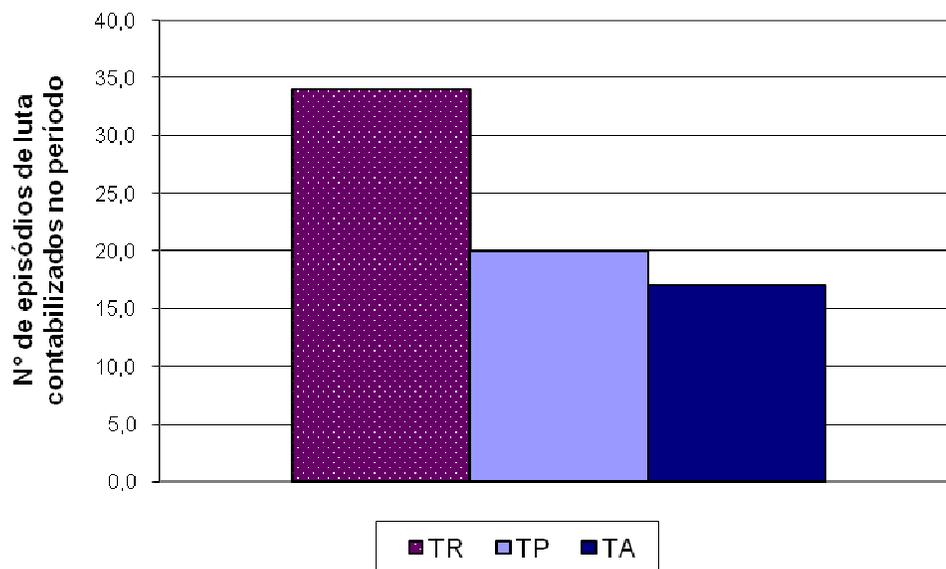
Os episódios de luta em TP e TR parecem ter sido motivados por tentativas de se chegar ao comedouro, uma vez que os leitões deitavam no concreto sob o comedouro. Outra motivação foi a falta de espaço no piso de concreto, encontrada em TR.

Os episódios em TA parecem ser mais curtos que nos demais tratamentos.

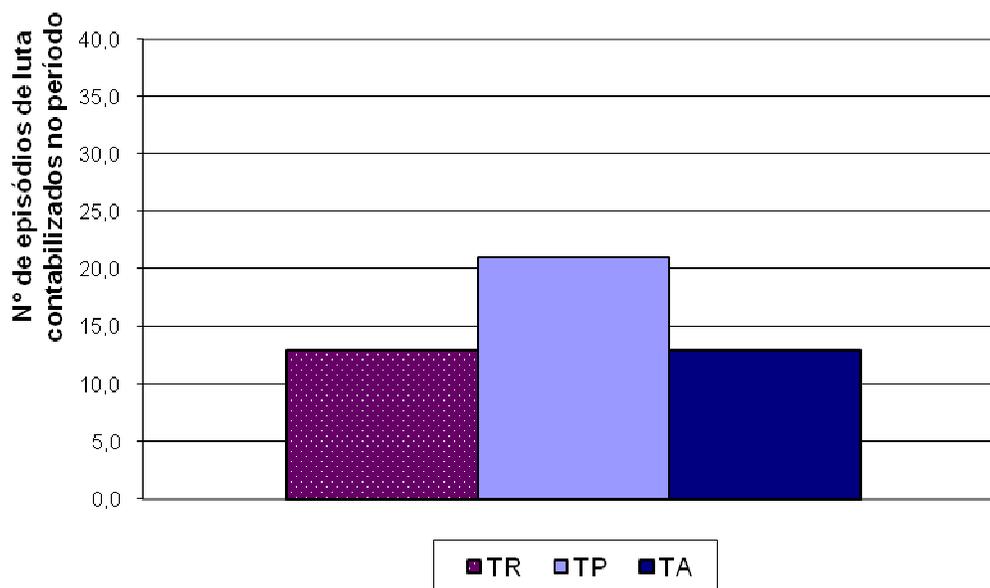
No quesito episódio de lutas, TA foi o melhor sistema por apresentar menor quantidade de episódios, porém, não é possível concluir acerca de TR e TP.

### *Número de leitões envolvidos em lutas*

Muitas vezes, mais de dois leitões envolvem-se em episódios de luta. Desta forma, é importante contabilizar o número de leitões envolvidos nestes episódios. Esta contabilidade pode ser observada nas figuras 5.4-27 e 5.4-28.



*Figura 5.4-27: Número de leitões envolvidos em lutas durante análise 3.*



**Figura 5.4-28: Número de leitões envolvidos em lutas durante análise 4.**

Nas duas análises, o comportamento dos dados referentes ao número de leitões envolvidos em episódios de luta foi semelhante. Nos dois casos o número de leitões envolvidos em lutas foi maior em TP.

Cada leitão pode ter sido contabilizado mais de uma vez, durante a observação de 5 minutos, e provavelmente foi. Seria interessante que os animais tivessem sido identificados individualmente, para a avaliação deste parâmetro. Porém, este valor referente ao número de leitões envolvidos por luta é importante e foi considerado, pois, em alguns e não raros momentos houve mais de dois leitões envolvidos em um episódio.

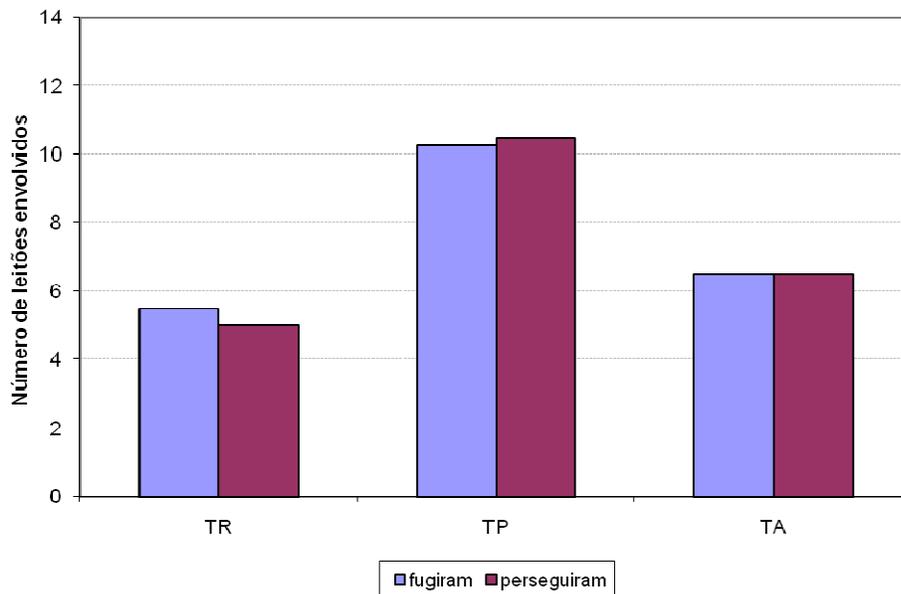
Neste quesito, por apresentar menor número de leitões envolvidos em lutas, TA foi melhor que TR que foi melhor que TP.

Considerando os dados de número de envolvidos nos episódios e número de episódios de luta, pode-se afirmar que o tratamento TP foi o pior sob este aspecto. Este fato pode estar relacionado ao fato de os leitões estarem mais amontoados.

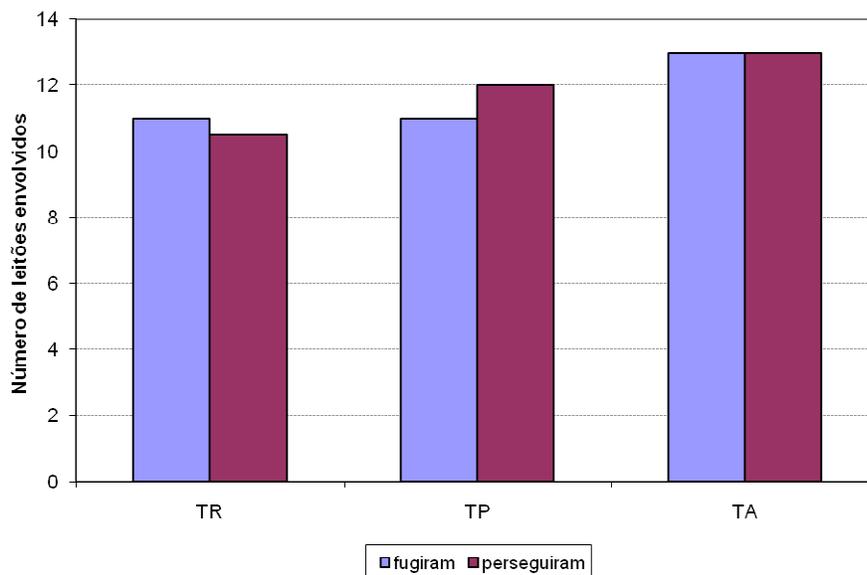
O tratamento TA foi o único que não causou amontoamento dos leitões. Este fato pode explicar uma redução nas interações agonísticas.

## Perseguição e fuga

As figuras 5.4-29 e 5.4-30 apresentam o número de leitões que fugiram (ou evitaram outros) e os que perseguiram (investiram em outros).



*Figura 5.4-29: Número de leitões envolvidos em episódios de fuga e perseguição, durante análise 3.*



*Figura 5.4-30: Número de leitões envolvidos em episódios de fuga e perseguição, durante análise 4.*

É possível notar que TR, nas duas análises, houve mais leitões fugindo que perseguindo, caracterizando, provavelmente, a presença de alguns leitões com vício de interação com outros animais, tais como: vício de sucção, *belly nosing*, canibalismo e outros.

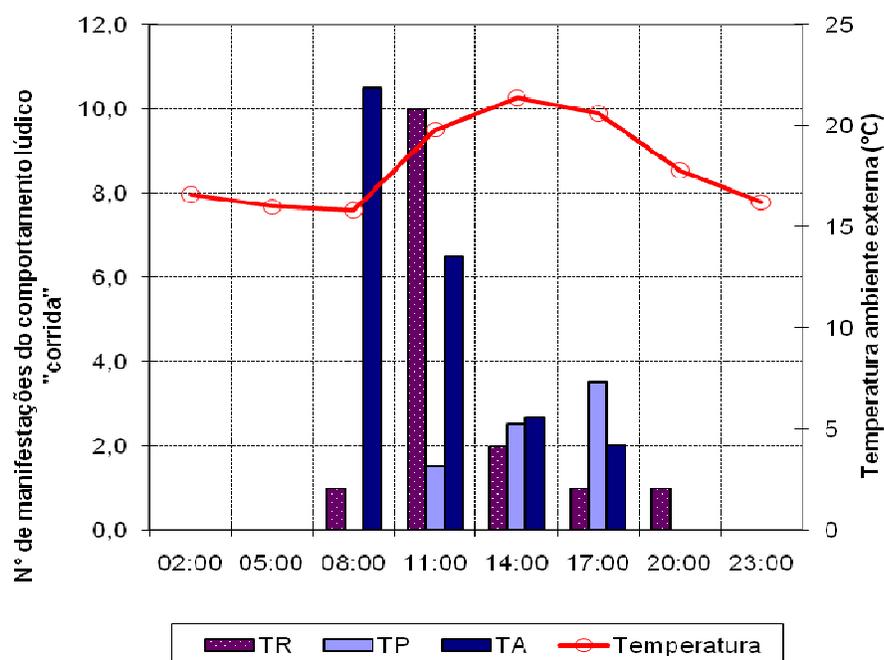
Já TP teve maior quantidade de leitões perseguindo que fugindo. Neste caso, houve mais leitões que tiveram seu comportamento alterado.

Apesar de TA apresentar mais leitões envolvidos, tanto em perseguição quanto de fuga, durante a análise 4, não houve diferença entre a quantidade de leitões que fugiram e que perseguiram.

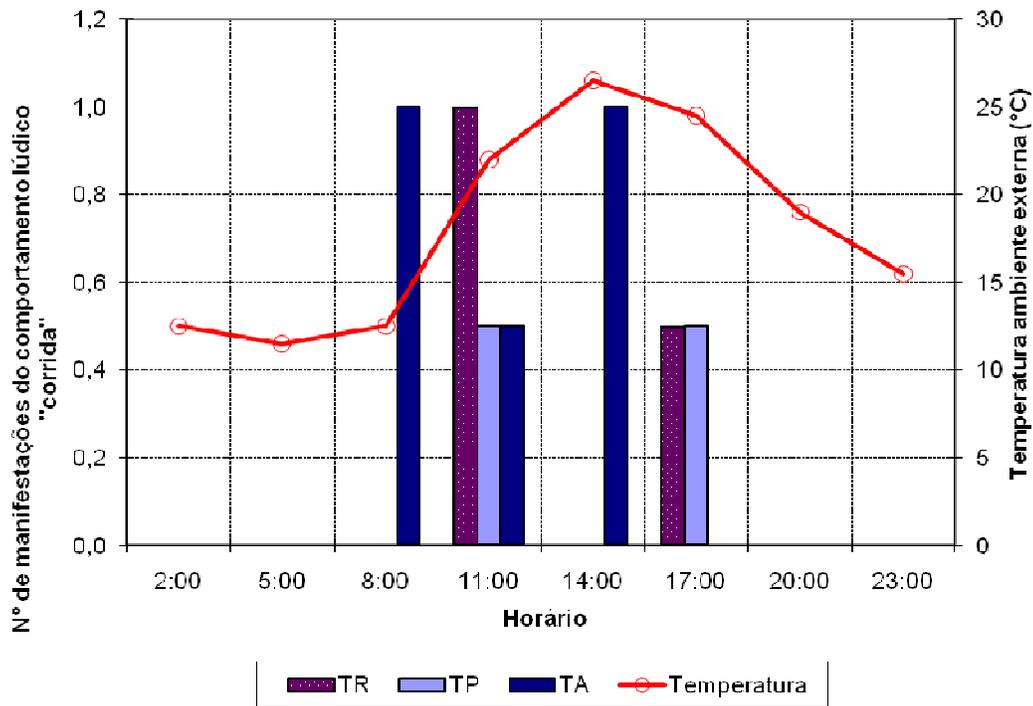
Estes dados foram inconclusivos. Para que possam ser realizadas maiores inferências, poderiam ser realizadas mais análises a este respeito.

### Comportamento lúdico

As figuras 5.4-31 e 5.4-32 apresentam os episódios de corrida, que foram caracterizados como comportamento lúdico, com suas médias distribuídas ao longo do dia.



**Figura 5.4-31: Número de leitões que manifestaram comportamento lúdico de corrida, durante análise 3.**



**Figura 5.4-32: Número de leitões que manifestaram comportamento lúdico de corrida, durante análise 4.**

Os leitões apresentaram comportamento lúdico apenas nos horários das 8h00min às 17h00min. Na análise 3, TR apresentou comportamento lúdico às 20h:00min.

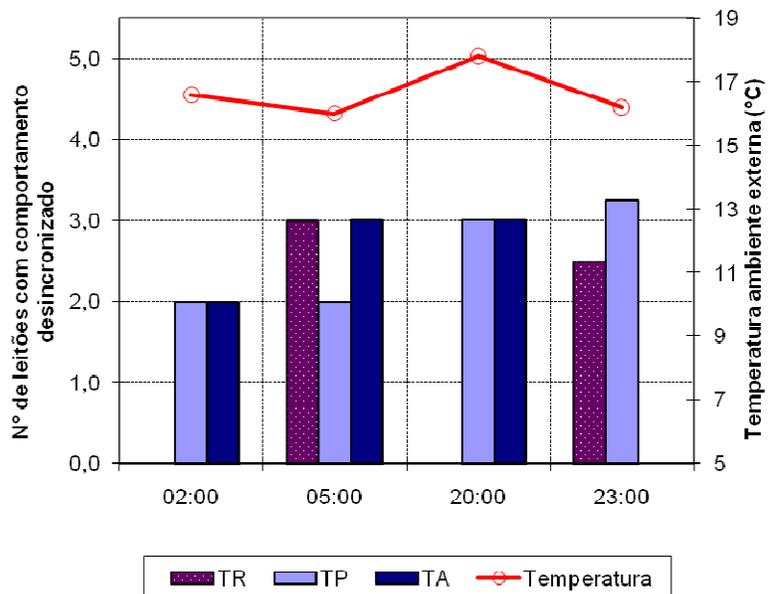
As maiores médias de comportamento de corrida foram encontradas nos tratamentos TR e TA.

TA apresentou, nas duas análises, maior frequência total no comportamento de corrida. As médias de TP e TR foram idênticas.

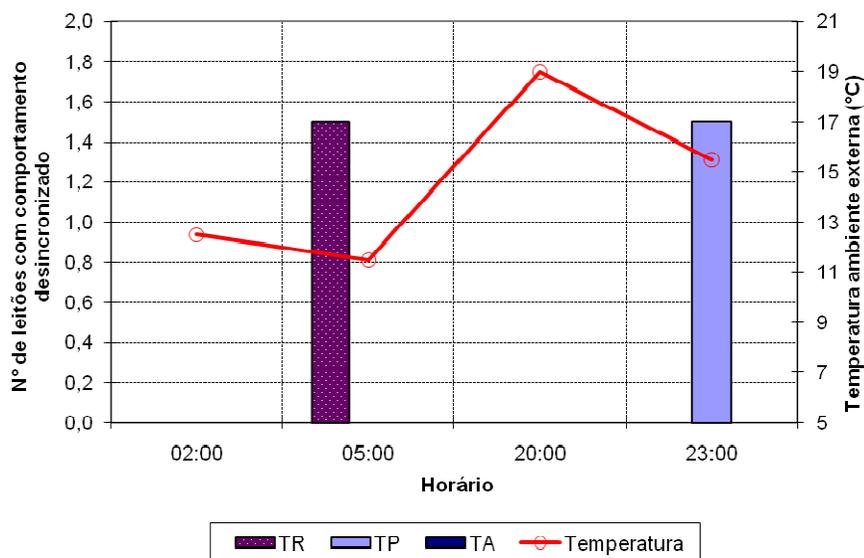
Supondo que o comportamento lúdico é uma manifestação de bem-estar, sob este aspecto, o tratamento TA foi o melhor e TP o pior.

### Comportamento dessincronizado

As figuras 5.4-33 e 5.4-34 apresentam a distribuição dos comportamentos dessincronizados ao longo da noite, uma vez que estes não são visualizados ao longo do dia.

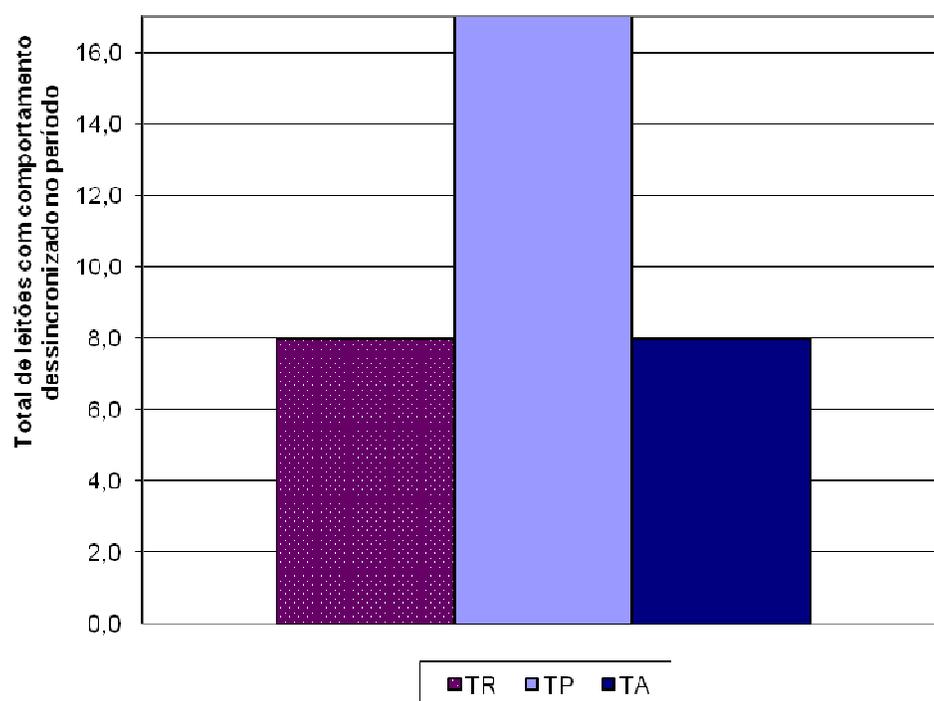


**Figura 5.4-33: Número de leitões com comportamento dessincronizado (média horária) durante análise 3.**

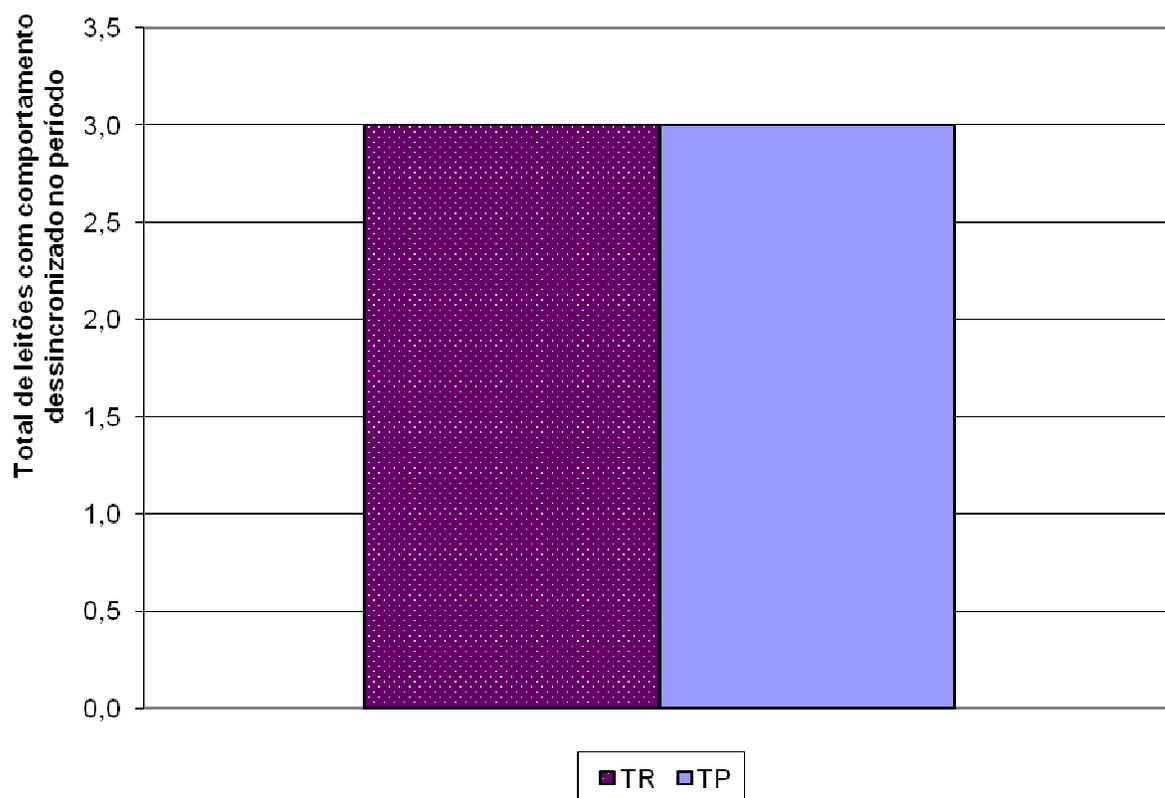


**Figura 5.4-34: Número de leitões com comportamento dessincronizado (média horária) durante análise 4.**

Estes comportamentos são mais visualizados durante a noite. Isto se deve porque durante o dia, os animais estão em mais alta atividade. Foi comum observar que, durante o dia, quando um leitão tentava descansar, outros vinham perturbá-lo. Desta forma não foi possível observar comportamentos dessincronizados durante o período diurno. Porém, foi possível notar que, durante o dia, não houve uma padronização do comportamento em qualquer dos tratamentos. Desta forma, a visualização de leitões dessincronizados durante o dia torna-se inviável. As figuras 5.4-35 e 5.4-36 representam a quantidade total de leitões com comportamento dessincronizado.



**Figura 5.4-35: Total de leitões com comportamento dessincronizado durante análise 3.**



**Figura 5.4-36: Total de leitões com comportamento dessincronizado durante análise 4.**

Durante a análise 3, todos os tratamentos apresentaram leitões dessincronizados. Porém, TP foi o que maior número apresentou. TR e TA apresentaram números iguais.

Na análise 4, em TA todos os leitões mostraram-se sincronizados. TR e TP apresentaram o mesmo número de leitões dessincronizados.

Com relação à sincronização do comportamento dos leitões, se for levado em consideração que espera-se um padrão comportamental, TA foi o melhor tratamento e TP o pior.

### ***Hora de dormir e acordar***

Conforme já comentado no item sobre cortisol, em geral os leitões acordam entre 6h30min e 7h45min. A tabela 5.4-10 expõe os horários médios de acordar e prepara-se para o sono, nas duas análises.

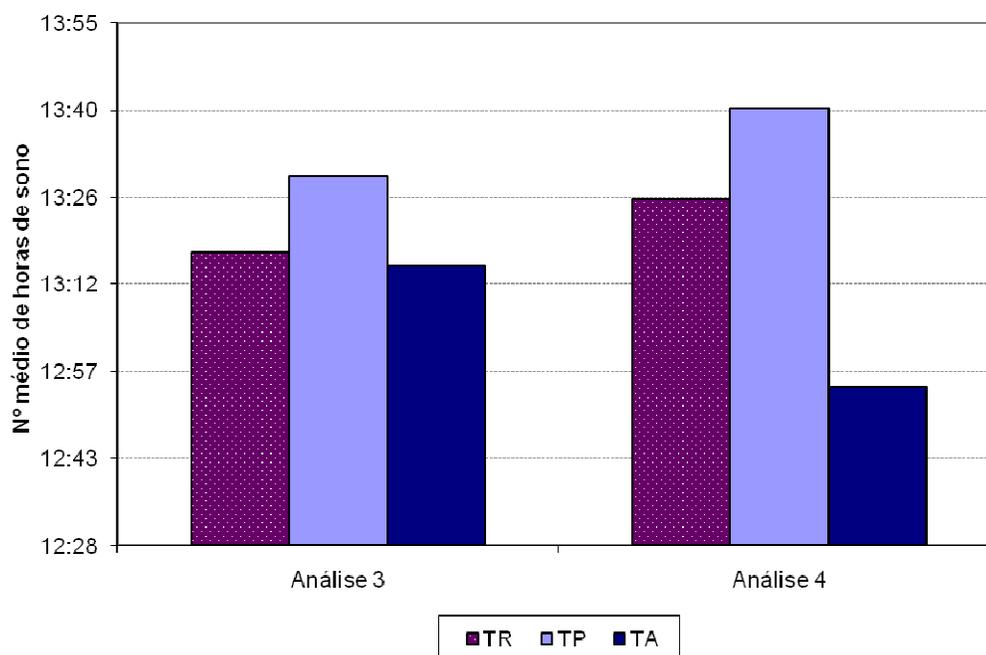
**Tabela 5.4-10: Horário de dormir e de acordar dos leitões nas análises 3 e 4.**

Análise/Tratamento	Horário de acordar (h:min)			Horário de dormir (h:min)		
	TR	TP	TA	TR	TP	TA
<b>Análise 3</b>	7:45	7:11	7:02	18:18	17:30	18:07
<b>Análise 4</b>	6:45	6:30	7:00	17:27	17:00	17:45

As médias foram apresentadas porque foram capazes de retratar os dados pontuais.

Foi possível notar que os leitões de TP acordaram mais cedo que todos os tratamentos na análise 4, dormiram mais cedo nas duas análises. Os leitões de TA acordaram mais tarde e dormiram mais tarde que os demais, principalmente na análise 4.

A figura 5.4-37 representa graficamente o número médio de horas que os leitões gastaram dormindo, considerando o período cicardiano (de 24h).



**Figura 5.4-37: Número médio de horas de sono dos leitões, nas análises 3 e 4.**

Os leitões de TP dormiram mais horas, quando comparados aos de outros tratamentos, nas duas análises. Os leitões de TA dormiram menos horas.

Além da interferência na quantidade de horas de sono, observando o nível de atividade noturna dos leitões, já discutido, é possível inferir que a qualidade do sono também foi prejudicada por TP.

### Outras observações sobre comportamento

A tabela 5.4-11 aponta e contabiliza os comportamentos anormais encontrados durante as análises.

**Tabela 5.4-11: Comportamento anormais visualizados nas análises 3 e 4.**

Comportamento/Tratamento	Análise 3			Análise 4		
	TR	TP	TA	TR	TP	TA
<i>Belly nosing</i>	6	1	1	1		
Vício de sucção		2		1		
Ato de morder a cauda		1			2	
<b>Total de comportamentos anormais</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

O comportamento de *belly nosing* foi o mais encontrado nas análises. Porém, em poucas vezes foi possível diferenciar o vício de sucção desta manifestação comportamental, em virtude da distância e posicionamento das câmeras.

O tratamento TR, na análise 3, foi o que mais apresentou leitões com manifestações comportamentais anormais e, portanto, indesejáveis. Foi seguido do tratamento TP. Na análise 4 o número de comportamentos anormais em TR e TP foram iguais em número, porém, diferentes em repertório. O comportamento de morder a cauda só foi visualizado em TP. Porém, o ato não chegou a ser caracterizado como caudocanibalismo, uma vez que não houve registro de animais com cauda sangrando em nenhum dos tratamentos.

O melhor tratamento sob este enfoque foi TA, por apresentar menor número de manifestações durante análise 3 e nenhuma durante a análise 4.

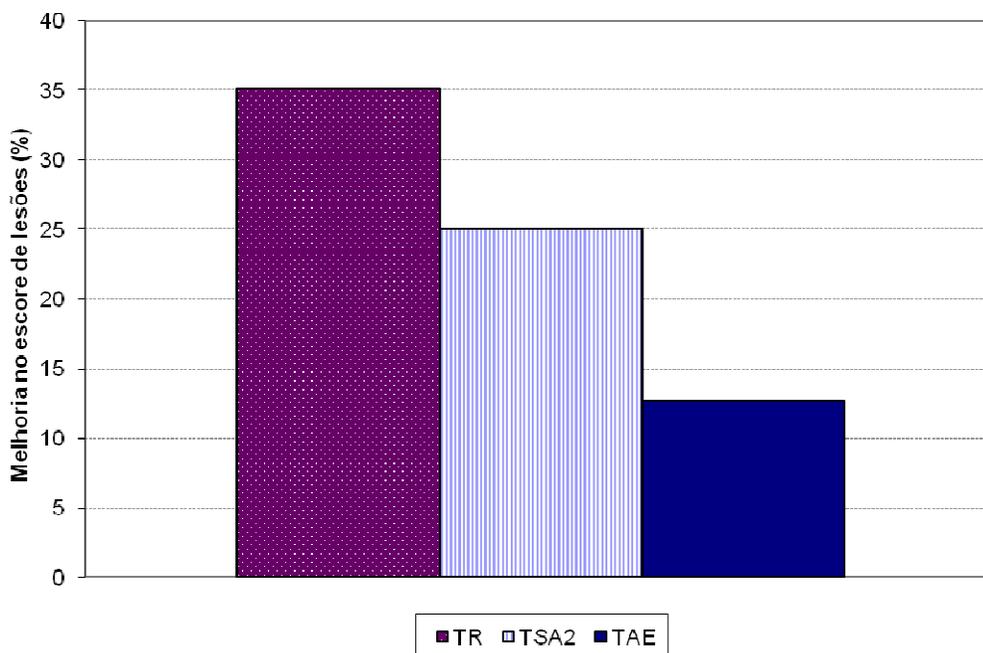
Acredita-se que sejam necessárias mais análises para se concluir acerca da influência do tratamento em comportamentos anormais.

Os leitões de TP e TA parecem manifestar mais o comportamento investigativo (fuçar) sobre o concreto. Também o comportamento de bocejos e espreguiçar-se, não contabilizados neste trabalho, foram mais evidentes em TA.

### Indicativos de agressão - Escore de lesões

Não foi considerado o escore de lesão para a análise 1 e para a análise de interferência, pois os mesmos leitões foram submetidos às duas análises.

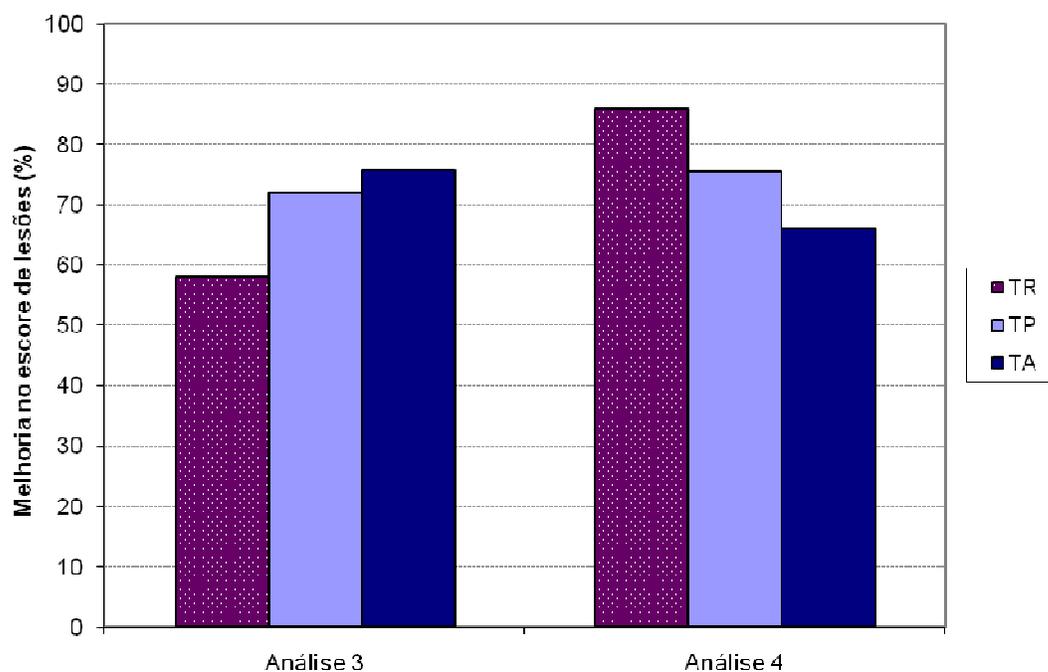
O gráfico da figura 5.4-38 apresenta o quanto o escore de lesão melhorou ao longo do período em que os animais foram submetidos aos tratamentos, na análise 2.



*Figura 5.4-38: Porcentagem de melhoria do escore de lesão na análise 2.*

Após análise da figura 5.4-38, é possível notar que os animais de TR tiveram vantagem com relação à melhoria do escore de lesão, com relação à TSA2 e TAE, respectivamente. O escore de TAE foi o que teve menor diminuição. Isso pode indicar que o aquecimento com resistências suspensas pode ser melhor para a redução do comportamento agressivo dos leitões. Há um indicativo também de que o aquecimento do ar por insuflação (TAE) é pior para a melhoria do comportamento agressivo que a não utilização de tecnologias de aquecimento (TSA2).

A figura 5.4-39 apresenta a porcentagem de melhoria do escore de lesão para cada tratamento, nas análises 3 e 4.



**Figura 5.4-39: Porcentagem de melhoria do escore de lesão.**

A observação da figura 5.4-39 permite afirmar que na análise 3 os animais de TA tiveram vantagem com relação à melhoria do escore de lesão, com relação à TP e TR, respectivamente. O escore de TR foi o que teve menor diminuição, diferentemente do encontrado na análise 2. Isso poderia indicar que o aquecimento com resistências suspensas pode ser pior para a redução do comportamento agressivo dos leitões, diferentemente do encontrado na análise 2. Pode haver um indicativo também de que o aquecimento do ar por

insuflação (TA) é melhor para a redução do comportamento agressivo que a de tecnologia de aquecimento de piso (TP). Porém, ainda assim, aquecer o piso pode ser melhor para a redução do comportamento agressivo que utilizar resistências elétricas suspensas.

A figura 5.4-39 permite afirmar que, na análise 4, os animais de TR tiveram vantagem com relação à melhoria do escore de lesão, com relação à TP e TA, respectivamente. O escore de TA foi o que teve menor diminuição, assim como encontrado no sistema de aquecimento por convecção, utilizado na análise 2.

Isso poderia indicar que o aquecimento com resistências suspensas pode ser melhor para a redução do comportamento agressivo dos leitões, diferentemente do encontrado na análise 3. Pode haver um indicativo também de que o aquecimento dos animais por resistências elétricas (TR) é melhor para a redução do comportamento agressivo que a de tecnologia de aquecimento de piso (TP). Porém, ainda assim, aquecer o piso pode ser melhor para a redução do comportamento agressivo que a insuflação de ar.

As tecnologias tiveram comportamentos semelhantes nas análises 2 e 4. Porém, deve-se recordar que na análise 2, não foi utilizada a tecnologia de piso (compararam-se resistências e insuflação, apenas).

Desta forma, não se pode afirmar qual foi o melhor sistema de aquecimento para a redução do comportamento agressivo de leitões em fase de creche.

## 5.5 CONCLUSÕES

Há indicativos de que o aquecimento por convecção seja melhor para o desempenho (ganho de peso) dos leitões, quando comparado com o aquecimento por resistências elétricas suspensas e piso aquecido.

Considerando a metodologia utilizada, os dados de temperatura superficial de flanco não se mostraram como bom método de verificação da resposta fisiológica dos animais aos sistemas de aquecimento utilizados neste trabalho.

TP apresentou os maiores níveis de cortisol pela manhã, provavelmente, em virtude de um estresse noturno, por desconforto térmico. Porém, os níveis de cortisol de TP apresentaram um ritmo esperado, diferentemente de TP e TR.

TA, aparentemente, não limitou o comportamento dos leitões como o fizeram TR e TP.

Durante o dia, os leitões submetidos a TA apresentaram maior nível de atividade e menor quantidade de leitões deitados neste período. Os demais tratamentos comportaram-se semelhantemente. Porém, durante a noite, os leitões de TP apresentaram maior nível de atividade em virtude, provavelmente, da sensação de desconforto térmico (frio).

O comportamento de visitas ao comedouro foi apresentado com maior frequência em TA, seguido de TR. Em TP os animais visitaram o comedouro com menor frequência. Já o comportamento de visitas ao bebedouro foi semelhante em TA e TR e menor em TP.

No quesito episódio de lutas, TA foi o melhor sistema por apresentar menor quantidade de episódios, porém, não é possível concluir acerca de TR e TP. Também por apresentar menor número de leitões envolvidos em lutas, TA foi melhor que TR que, por sua vez, foi melhor que TP.

Supondo que o comportamento lúdico é uma manifestação de bem-estar, sob este aspecto, o tratamento TA foi o melhor e TP o pior.

Também com relação à sincronização do comportamento dos leitões, TA foi o melhor tratamento e TP o pior.

Além da interferência na quantidade de horas de sono, observando o nível de atividade noturna dos leitões, já discutido, é possível inferir que a qualidade do sono também foi prejudicada por TP.

O tratamento TP foi pior para a quantidade de horas de sono, bem como para sua qualidade. TA foi o melhor tratamento sob este aspecto.

O melhor tratamento sob o enfoque de manifestação de comportamento anormais (belly nosing, vício de sucção e caudocanibalismo) foi TA, por apresentar menor número de manifestações durante análise 3 e nenhuma durante a análise 4.

Não se pode afirmar qual foi o melhor sistema de aquecimento para a redução do comportamento agressivo de leitões em fase de creche, por meio da utilização de metodologia de escore de lesões.

Com base no exposto, é possível concluir que o sistema de aquecimento por convecção, com a utilização de energia elétrica e solar, foi melhor que o aquecimento por resistências elétricas suspensas e que o piso aquecido, considerando os aspectos de bem-estar animal e produtividade.

## 5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens.** 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – ESALQ. Piracicaba, 2004.

BECKER, B.A. et al. **Circadian Rhythms of hormones in pigs under various environmental and feeding regimes.** American Society of Agricultural Engineers, 1994.

BORGHETTI, P. et al. Peripheral T lymphocyte changes in neonatal piglets: Relationship with growth hormone (GH), prolactin (PRL), and cortisol changes. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.110, p.17-25. 2006.

BRENT, G. **Housing the pig.** Suffolk: Farming press Limited, 1986. 248 p.

CHARMADARI, E.; TSIGOS, C.; CHROUSOS, G. Endocrinology of the Stress Response. **Annual Reviews Physiology**. v. 67, n. 1. p. 259-284. 2005.

CLOSE, W.H. The climatic requirements of the pig. In: CLARK, J.A. **Environmental aspects of housing for animal production.** London. Eastern School in Agricultural Science, 1981.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409 p.

D'EATH, R.B. Socialising piglets before weaning improves social hierarchy formation when pigs are mixed post-weaning. **Applied Animal Behaviour Science**. 93. p.199-211. 2005.

EKKEL, E.D. The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs. **Physiology and Behavior**. v.60, n. 3, p. 985-989, 1996.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI Publishing Company Inc, 1978. 325p.

FERREIRA, R.A. Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos. In: Encontros Técnicos ABRAVES-SC, 2000, Concórdia. **Memórias...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2001. 15p.

FORKMAN, B., FURUHAUG, I.L. JENSEN, P. Personality, coping patterns, and aggression in piglets. **Applied Animal Behavior Science**. V. 45, p. 31-42.

FRASER, A.F.; BROOM, D.M. **Farm Animal Behaviour and Welfare**. 3 ed. London: Balliere Tindall, 1990. 437 p.

GALLAGHER, N.L.; GILES, L.R.; WYNN, P.C. The development of a circadian pattern of salivary cortisol secretion in the neonatal piglet. **Biology of the Neonate**. Basel, v. 81, n. 2, p.113-118. 2002.

GLOBALGAP - **Garantia Integrada da Fazenda (IFA)**. Versão 3.02, Colônia, Alemanha, 2007. Disponível em: [http://www.eurepgap.org/farm/Languages/English/index\\_html](http://www.eurepgap.org/farm/Languages/English/index_html). Acesso em: 12 ago. 2008.

GONYOU, H.W. Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare issue. **Journal of Animal Science**. Savoy, IL., v. 72, n. 8, p.2171-2177, 1994.

HAY, M. et al. Neuroendocrine consequences of very early weaning in swine. **Physiology and Behavior**. v. 72. p. 263-269, 2001.

HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: SILVA I.J.O. (Ed.). **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 1-33.

IRGANG, R., FÁVERO, J. A., SCHEID, I. **Heterose e complementariedade entre raças na produção de suínos para o abate**. PIFFER. Embrapa Suínos e Aves. Periódico Técnico, n. 3, jun. 1992.

JARVIS, S. et al. Programming the offspring of the pig by prenatal social stress: neuroendocrine activity and behavior. **Hormones and behavior**. Amsterdam, The Netherlands, v. 49, n. 1, p.68-80. 2006.

MERLOT, E.; MEUNIER-SALAÛN, M.; PRUNIER, A. Behavioural, endocrine and immune consequences of mixing in weaned piglets. **Applied Animal Behaviour Sciences**. Amsterdam, The Netherlands, v. 85, n. 3-4, p. 247-257. 2004.

MIYADA, D.J. Novas tendências. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 34 – 60.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – revisão. **Archives of Veterinary Science**. v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MORROW-TESCH, J.L.; McGLONE, J.J.; SALAK-JOHNSON. Heat and Social Stress Effects on Pig Immune Measures. **Journal of Animal Science**. v. 72, n. 10, p.2599-2609, 1994.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149 - 179.

NÄÄS, I.A., RODRIGUES, E.H.V. Qualidade do ambiente para a produção de suínos na gestação e maternidade. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149 - 179.

PANDORFI, H. **Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio da análise de imagem e identificação eletrônica**. 2002. 89p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; MOURA, D.J. SEVEGNANI, K. Análise de imagem aplicada ao estudo do comportamento de leitões em abrigo escamoteador. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal-SP, v. 24, n.2, p.274-284, mai./ago. 2004.

PANDORFI, H. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: zootecnia de precisão**. 2005. 119p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.

PEDERSEN, B. K.; MADSEN, T. N. Livestock Environment VI. In: STOWELL, R.R.; BUCKLIN, R.; BOTTCHEER, R.W. Proceedings of the 6th International Symposium. Louisville, Kentucky, USA. 2001. **Proceedings...** ASAE Publication Number 701P0201. Monitoring Water Intake in Pigs: Prediction of Disease and Stressors.

PETROLUZZI, K.F.S. **Dor, estresse e qualidade de vida em mulheres com endometriose: avaliação de um protocolo de intervenção**. 2005. 126p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas. 2005.

RUIS, M.A.W. The Circadian Rhythm of Salivary Cortisol in Growing Pigs: Effects of Age, Gender, and Stress. **Physiology and Behavior**, v. 62, n.3, p. 623–630, 1997.

SAINSBURY, D.N.B. Health problems in intensive animal production. In: Environmental aspects of housing for animal production. London. Eastern School in Agricultural Science, 1981.

SAMPAIO, C. A. P. **Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação**. 2004. 130p. Tese (Doutor em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.

SARUBBI, J. **Estudo do conforto térmico, desempenho animal e racionalização de energia elétrica em uma instalação suinícola na região de Boituva-SP**. 2005. 90f. (Mestre

em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

SILVA, I.J.O. (Ed.). **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. 245p.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva – Produção manejo e saúde do rebanho**. ed. 1. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. p. 292-298.

SOUSA, P. **Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno**. 2002. 103p. Teses (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas. 2002.

VAN ERP-VAN DER KOOIJ, E. et al. Individual behavioural characteristics in pigs – influences of group composition but no differences in cortisol responses. **Physiology & Behavior**, Amsterdam, The Netherlands, v. 78, n. 3, p.479-488. 2003.

WEARY, D.M.; FRASER, D. Vocal response of piglets to weaning: effect of piglet age. **Applied Animal Behavior Science**. Amsterdam, The Netherlands, v. 54, n. 2-3, p.153-160. 1997.

Wiepkema, P.R.; Koolhaas, J.M. Stress and animal welfare. **Animal Welfare**. v. 2. p. 195-218, 1993.

YOUSSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. Basic Principles. Boca Raton: CRC Press Inc. v.1, 217p. 1985.

## VI CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 CONCLUSÕES ENCONTRADAS NO TRABALHO

Apresentam-se sumariamente aqui as conclusões mais relevantes de cada capítulo:

É necessário testar outra configuração do piso para a baia, evitando o amontoamento de leitões na área aquecida.

Para aprimorar o sistema de resistências suspensas, é necessário calcular a carga térmica do local, com o objetivo de aperfeiçoar o sistema. O cálculo da carga térmica pode determinar a redução da potência instalada (reduzindo a quantidade de resistências ou alterando as especificações das resistências) e, conseqüentemente, reduzir o consumo de energia elétrica do sistema.

Às resistências suspensas poderá ser agregado um sistema de controle mais inteligente que o termostato.

- Com relação ao uso de energia elétrica:
  - O sistema de piso aquecido foi o que consumiu menor quantidade de energia elétrica, apresentou a menor demanda máxima registrada. Este sistema ainda obteve o menor (portanto, o melhor) consumo específico, o que significa que são consumidos menos kWh para produzir um kg de peso vivo. O sistema de aquecimento por convecção, em condições de protótipo aqui apresentadas, foi o pior com relação ao uso de energia elétrica e o sistema de resistências elétricas suspensas apresentou comportamento intermediário aos demais.
- Com relação às respostas do ambiente:
  - A utilização de resistências elétricas suspensas, distribuídas de forma homogênea na baia e com acionamento por termostato, foi capaz de fornecer

melhores condições de conforto térmico que quando as mesmas resistências são alocadas de forma linear e com funcionamento contínuo.

- O sistema de aquecimento por convecção sem a utilização de energia solar foi melhor para a manutenção do conforto térmico de leitões desmamados, quando comparado ao aquecimento por resistências elétricas suspensas, considerando a temperatura ambiente. Embora tenha sido o sistema de aquecimento que por mais tempo manteve os leitões em temperaturas acima da zona de conforto.
  - Considerando a temperatura ambiente, o sistema de aquecimento por resistências suspensas foi melhor que o sistema de convecção, que funcionou com energia solar e elétrica. Este último, por sua vez, foi melhor que o aquecimento por piso. Estas afirmações podem ser comprovadas pelo tempo de manutenção dos leitões em temperatura de conforto e em virtude do sistema de resistências apresentar maior eficiência quando comparado com os demais sistemas e com o ambiente externo (aumento entre 6 e 7°C com relação ao ambiente externo).
  - Considerando o ITU, nenhum sistema foi satisfatório, considerando as condições climáticas externas nos quais foram testados. Porém, o sistema com resistências elétricas suspensas foi melhor que o sistema de aquecimento por convecção que, por sua vez foi melhor que o sistema de aquecimento por piso.
  - Há indicativos de que o aquecimento do ar por convecção foi melhor para a manutenção de baixas concentrações de amônia no ambiente, quando comparado aos sistemas de aquecimento por resistências elétricas suspensas e piso aquecido.
  - É aceitável afirmar que é possível melhorar as condições de conforto ambiental de leitões em fase de creche, aprimorando as tecnologias já utilizadas nas granjas ou utilizando outras mais eficientes.
- 
- Com relação ao bem-estar dos animais:

- Há indicativos de que o aquecimento por convecção seja melhor para o desempenho dos leitões, quando comparado com o aquecimento por resistências elétricas suspensas e piso aquecido.
- Considerando a metodologia utilizada, os dados de temperatura superficial de flanco não se mostraram como bom método de verificação da resposta fisiológica dos animais aos sistemas de aquecimento utilizados neste trabalho.
- Não se pode afirmar qual foi o melhor sistema de aquecimento para a redução do comportamento agressivo de leitões em fase de creche, por meio da utilização de metodologia de escore de lesões.
- Em termos de comportamento dos animais, o sistema de piso aquecido mostrou-se menos satisfatório.
- A utilização de nível de cortisol salivar para a avaliação de tecnologias foi satisfatória neste caso. Os leitões aparentemente mais estressados foram os que tiveram maior nível de cortisol salivar.

## **6.2 CONCLUSÕES SOBRE O MELHOR SISTEMA DE AQUECIMENTO PARA LEITÕES EM CRECHE**

Sob o aspecto de uso de energia elétrica, o sistema de aquecimento por pisos foi melhor que o sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas que, por sua vez, foi melhor que o sistema de aquecimento por convecção.

Considerando as respostas do ambiente o sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas, foi melhor que o sistema de aquecimento por convecção que, por sua vez, foi melhor que o sistema de aquecimento por piso.

No que tange ao bem-estar dos animais o sistema de aquecimento por convecção, foi melhor que o sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas que, por sua vez, foi melhor que o sistema de aquecimento por piso.

O sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas mostrou-se como o melhor sistema em facilidade de operação e implantação e em condições térmicas. Foi

intermediário com relação ao consumo de energia elétrica e bem-estar animal, condições que podem ser melhoradas se for alterado o projeto com base em um balanço de carga térmica.

O piso aquecido deve ser aprimorado, pois, apesar de conferir as melhores condições de uso de energia elétrica não foi eficiente em termos de condições térmicas, produtividade, bem-estar dos animais e funcionamento (em virtude de ter causado eletrocussão dos animais). Sugere-se aprimoramento com relação à sua configuração (distribuição) dentro da baia e suplementação com outra fonte de calor.

O sistema de aquecimento por convecção, que utilizou energia solar e elétrica, foi o melhor em termos de bem-estar animal, satisfatório em termos de condições térmicas, satisfatório com relação à operação (a implantação deve ser feita por profissionais), porém, foi o pior em termos de uso de energia elétrica. Para aprimorá-lo seria necessária a utilização de energia elétrica para suplementar as deficiências do aquecimento da água por energia solar. Desta forma, poder-se-ia acionar quantas resistências fossem necessárias para a complementação de calor fornecido pelo sol. Para tanto, seria necessária reprogramação do CLP.

Para auxílio da conclusão sobre o melhor sistema atual, considerando todos os aspectos, organizou-se a tabela 6.2-1.

Ao se considerar hipoteticamente que todos os aspectos estudados como parâmetros de avaliação das tecnologias tenham a mesma importância, atribuíram-se notas, de 1 a 3, à cada quesito (subitens dos aspectos estudados: uso de energia elétrica, resposta do ambiente e respostas dos animais). A nota 1 equivale ao pior sistema, 2 ao sistema intermediário e 3 ao melhor. Para colaborar com um possível desempate, já que cada sistema foi melhor com relação a cada quesito estudado, incluiu-se pontuação para o subitem implantação e operação, estudado no capítulo II.

A cada aspecto (implantação e operação, uso de energia elétrica, resposta do ambiente e respostas dos animais) foi atribuído o mesmo peso. Assim as tecnologias foram pontuadas de 1 a 3 pontos, sendo 0 a menor nota e 3 a maior nota.

Com estes dados foi possível construir a tabela 6.2-1

**Tabela 6.2-1: Comparação entre os sistemas atuais quanto aos aspectos de implantação e operação, uso de energia elétrica, respostas do ambiente e dos animais.**

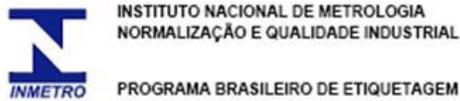
	<b>TR</b> Resistências elétricas suspensas (aquecimento por radiação)	<b>TP</b> Piso aquecido (aquecimento por condução)	<b>TA</b> Aquecimento por insuflação de ar quente (aquecimento por convecção)	
<b>Implantação e operação</b>	Facilidade de implantação	3	2	
	Custo de implantação		<i>Não realizado</i>	
	Facilidade de operação	3	2	
	<b>Média do sistema</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	
	<b>Nota total implant. e operac. (1/4 da nota final)</b>	<b>0,75</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>Energia elétrica</b>	Consumo de energia elétrica, demanda máxima e consumo específico	2	3	1
	<b>Média do sistema</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
	<b>Nota total energia elétrica (1/4 da nota final)</b>	<b>0,5</b>	<b>0,75</b>	<b>0,25</b>
<b>Ambiente</b>	Temperatura ambiente	3	1	2
	Índice de conforto térmico	3	1	2
	Concentração de gases	2	2	3
	Velocidade do ar	1	1	1
	<b>Média do sistema</b>	<b>2,25</b>	<b>1,25</b>	<b>2,00</b>
	<b>Nota total ambiente (1/4 da nota final)</b>	<b>0,56</b>	<b>0,31</b>	<b>0,50</b>
<b>Animais</b>	Peso	2	2	3
	Taxa de mortalidade	3	1	2
	Temperatura de flanco		<i>Inconclusivo</i>	
	Nível de estresse - Cortisol salivar	2	1	3
	Preferência térmica	2	1	3
	Postura e atividade	2	1	3
	Interação com ambiente	2	1	3
	Interação entre animais	2	1	3
	Escore de lesão		<i>Inconclusivo</i>	
	<b>Média do sistema</b>	<b>2,14</b>	<b>1,14</b>	<b>2,86</b>
	<b>Nota total animais (1/4 da nota final)</b>	<b>0,54</b>	<b>0,29</b>	<b>0,71</b>
<b>Nota final dos sistemas</b>	<b>2,35</b>	<b>1,85</b>	<b>1,96</b>	

De acordo com a metodologia aplicada na tabela, o sistema TR foi melhor que TA que foi melhor que TP. Ou seja, considerando os protótipos utilizados neste trabalho, sem ajustes, o melhor sistema foi o TR e o pior foi o TP.

Porém, acredita-se que os melhores sistemas, tanto para o uso racional de energia elétrica quanto para atender as necessidades dos animais em termos de bem-estar seriam um sistema híbrido do piso aquecido com mais fonte complementar (por radiação ou convecção) ou o sistema de aquecimento por convecção, desde que realizadas as alterações suprasugeridas.

## VII ANEXOS

**ANEXO 1** – Normalização e qualidade industrial dos coletores solares da Marca Colsol, utilizados nesta pesquisa.



30 Empresas  
41 Marcas  
188 MODELOS ETIQUETADOS  
Programa Brasileiro de Etiquetagem  
116 C/SELO PROCEL 61,70%



### SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA - EDIÇÃO 03/2009

#### 1 - COLETORES SOLARES

CLASSES	INDICE BANHO / ACOPLADO	INDICE PISCINA	BANHO		ACOPLADO		PISCINA		TOTAL (B+A+P)	
			TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%		
A	$P_{me} > 77,0$	$P_{pis} > 95,0$	73	64,0	0	0,0	43	59,7	116	Mais Eficiente ↑ Menos Eficiente ↓
B	$77,0 \geq P_{me} > 71,0$	$95,0 \geq P_{pis} > 87,0$	32	28,1	1	50,0	24	33,3	57	
C	$71,0 \geq P_{me} > 61,0$	$87,0 \geq P_{pis} > 79,0$	8	7,0	1	50,0	2	2,8	11	
D	$61,0 \geq P_{me} > 51,0$	$79,0 \geq P_{pis} > 71,0$	0	0,0	0	0,0	2	25,0	2	
E	$51,0 \geq P_{me} > 41,0$	$71,0 \geq P_{pis} > 63,0$	1	0,9	0	0,0	1	1,4	2	
			114		2		72		188	

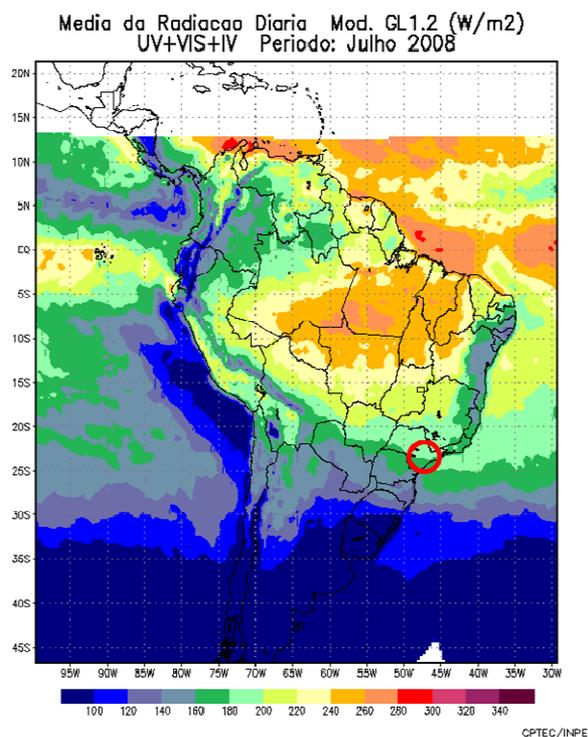
#### APLICAÇÃO: BANHO

1 FABRICANTE	2 MARCA	3 MODELO	4 PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO		5 ÁREA EXTERNA DO COLETOR (m <sup>2</sup> )	6 PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE ENERGIA		7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA (%)	8 CLASSIFICAÇÃO	9 MATERIAL SUPERFÍCIE ABSORVEDORA	10 Fr(α)n	11 FrUL	12 SELO PROCEL (1)
			(kPa)	(mca)		Por Coletor (kWh/mês)	Por m <sup>2</sup> (Específica) (kWh/mês.m <sup>2</sup> )						
			AQUECEMAX	AQUECEMAX		LMPV 1.2	392,0						
		LMPV 1.5	392,0	40,0	1,52	116,3	76,5	55,5	B	ALUMINIO	0,719	6,513	
		LMPV 1.8	392,0	40,0	1,82	139,2	76,5	55,5	B	ALUMINIO	0,719	6,513	
		LMPV 2.0	392,0	40,0	2,01	149,7	74,5	54,0	B	ALUMINIO	0,695	6,182	
BOTEGA	BOTEGA	BELOSOL	20,0	2,0	0,79	33,0	41,8	39,1	E	PVC	0,958	28,342	
CONTINI & PORTO	THERMOTINI	CSV16	392,0	40,0	1,56	111,7	71,6	51,0	B	ALUMINIO	0,678	6,039	
COLSOL	COLSOL	PL100RE	400,0	40,8	1,00	82,0	82,0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199	SIM
		PL130RE	400,0	40,8	1,30	106,6	82,0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199	SIM
		PL150RE	400,0	40,8	1,50	123,0	82,0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199	SIM
		PL200RE	400,0	40,8	1,92	157,4	82,0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199	SIM

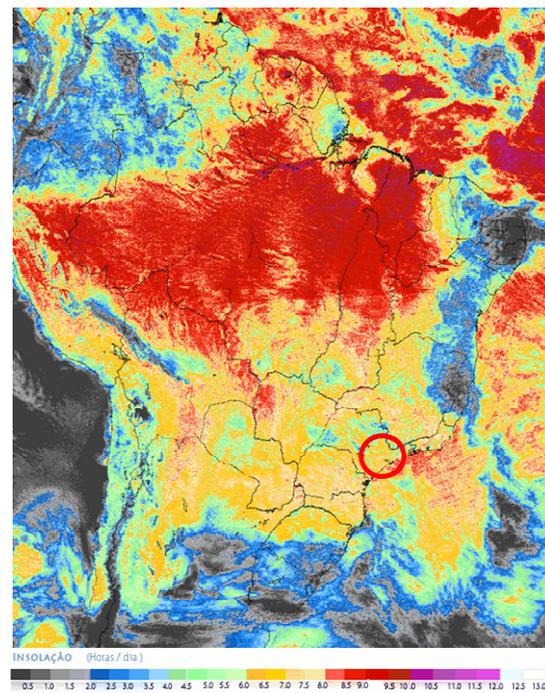
FONTE: [www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletoresSolares.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletoresSolares.pdf)

ANEXO 2 – Dados de insolação e radiação no mês de julho de 2008.

julho



**180 a 200W/m<sup>2</sup>**



**4 a 6 horas/dia**

Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>

**ANEXO 3** – Conta de energia de uma residência, localizada no município de Boituva, que faz uso de energia elétrica e solar.

Este histórico de consumo corrobora com a afirmação de que, nos meses da pesquisa, não houve insolação suficiente para o funcionamento do sistema de aquecimento por meio de energia solar.

**Companhia Piratininga de Força e Luz**  
uma empresa do grupo CPFL Energia

Companhia Piratininga de Força e Luz  
Rod. Campinas Mogi-Mirim km 2,5 - s/n-Parque  
CP 7005 - CEP 13076-970 - Campinas - SP  
Inscrição Estadual 244.946.329.113  
Inscrição no CNPJ 04.172.213/0001-81

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
18550-000 BOITUVA SP

Nota Fiscal  
Conta de Energia Elétrica  
No 001280303 - Série B  
Data de Emissão 15/07/2008  
Data de Apresentação 18/07/2008  
Pág. 01 de 01

Roteiro de Leitura No. Medidor Tipo de Conta  
09-250-64035-15400 303882352 End. Entrega

00014870

Reservado ao Fisco  
A902.73FE.2151.9A51.FE7C.482A.783A.638D

**PREZADO (A) CLIENTE**  
Reserve mais tempo para você em seu dia-a-dia.  
Solicite os serviços disponíveis em nosso site com rapidez e segurança:  
[www.cpf.com.br](http://www.cpf.com.br), "Serviços Online", 24 h com você.

**DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA**  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
BOITUVA  
CLASSIFICAÇÃO: RESIDENCIAL TRIFÁSICO  
TENSÃO NOMINAL: 220V

CNPJ/CPF 767.270.178-91

ATENDIMENTO CPFL	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)
0800 0 10 25 70 <a href="http://www.cpf.com.br">www.cpf.com.br</a>	28364660	JUL/2008	28/07/2008	646,52

**HISTÓRICO DE CONSUMO**

ANO	MÊS	KWh	Dias
2008	JUL	1702	32
	JUN	1292	30
	MAR	1183	32
	ABR	919	29
	MAR	912	28
	FEV	973	31
	JAN	1059	33
2007	DEZ	809	30
	NOV	963	29
	OUT	1050	32
	SET	949	30
	AGO	1415	32
	JUL	733	29

**DATAS DAS LEITURAS**

Atual	Data
14/07/2008	
12/06/2008	Anterior
32	No de dias
13/08/08	Próximo Mês

**LEITURAS**

Atual	Data
40703	
39001	Anterior
1	Fat. Multip.
1702	Consumo kWh
303882352	No. Medidor

**DESCRIÇÃO DA CONTA**

No. DA PARCELA: 000	Quantidade	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
CONSUMO FATURADO kWh	1702	0,28450113	484,22
ICMS			161,40
TARIFA ENTREGA			0,90
TOTAL CPFL			646,52

**INDICADORES DE QUALIDADE DO FORNECIMENTO**

PORTO FELIZ	DEC	FEC	DIC	FIC	DMIC
Padrão	4,20	3,00	21,00	16,00	10,00
Apurado	0,81	0,79	0,00	0,00	0,00

**DEMONSTRATIVO: IMPOSTOS / COMPOSIÇÃO DA TARIFA**

ICMS - Base de Cálculo R\$ 645,62	Energia R\$	224,88
Alíquota 26 %	Transmissão R\$	46,43
Valor ICMS R\$ 161,40	Distribuição R\$	143,10
Valor COFINS R\$ 24,66	Encargos R\$	39,88

**DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS** Valor (R\$)

**INFORMAÇÕES SOBRE A FATURA**

CONTA DE 08/08 PAGA EM 30/06/2008  
CONSIDERAR QUITADA SE EFETUADO DÉBITO EM CONTA CORRENTE.  
CASO NÃO OCORRA O DÉBITO, UTILIZE ESTA CONTA PARA PAGAMENTO.

**CRÉDITOS / DEVOLUÇÕES** Valor (R\$)

**TOTAL A PAGAR (R\$)**

**646,52**

**REAVISO DE CONTAS VENCIDAS**

190

created with nitroPDF professional  
download the free trial online at [nitropdf.com/professional](http://nitropdf.com/professional)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)