UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE UM APRISCO PARA A CIDADE DE SANTA MARIA/RS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Eudes Vinícius dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2015

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE UM APRISCO PARA CIDADE DE SANTA MARIA/RS

Eudes Vinícius dos Santos

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial
para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil e Preservação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática
da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Santos, Eudes Vinícius dos
Avaliação do conforto térmico de um aprisco para a cidade de Santa Maria/RS / Eudes Vinícius dos Santos.- 2015.
81 f.; 30cm

Orientador: Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2015

1. Confinamento de Cordeiros 2. Conforto Térmico 3. Desempenho Térmico 4. Imagens Termográficas I. Santos, Joaquim Cesar Pizzutti dos II. Título.

© 2015
Todos os direitos autorais reservados a Eudes Vinícius dos Santos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: eudes_vinicius@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE UM APRISCO PARA A CIDADE DE SANTA MARIA/RS

elaborado por
Eudes Vinícius dos Santos

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil e Preservação Ambiental

COMISSÃO EXAMINADORA

Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos,Dr.
(Presidente/Orientador)

Marcos Martinez do Vale, Dr. (UFSM)

Minéia Johann Scherer, Dra.(Unifra)

Santa Maria, 21 de outubro de 2015.

Dedico este trabalho à minha noiva Valquíria.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de “talhar” aqui meus agradecimentos a todas as pessoas e entidades que contribuíram para a realização deste trabalho.

De pronto agradeço ao Patrão Velho, por sempre repontar meus sonhos pelos corredores da vida.

Ao meu orientador, Joaquim César Pizzutti dos Santos, por sua disponibilidade e motivação, mas, principalmente, pela amizade e pelos conhecimentos repassados, que serão levados “campo a fora”.

Aos professores Marcos Martinez do Vale e Rogério Antocheves, que sempre disponibilizaram tempo, paciência e seus conhecimentos para nortear meus passos.

Aos colegas e aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, pela construtiva convivência ao longo das disciplinas cursadas, em especial aos colegas Gabriel, Gustavo, Mariela e Liege, que sempre estiveram presentes para me estender a mão nos momentos de dificuldade. Também deixo meu muito obrigado a Marília, secretária do PPGEC.

Em nome do professor Cleber Cassol Pires, estendo meu sincero “muito obrigado” a todos os integrantes do Laboratório de Ovinocultura da UFSM pelo auxílio prestado no levantamento de dados.

À Valquíria Nunes Siqueira, que, além de noiva, foi uma “bueníssima” incentivadora em todas as etapas deste trabalho.

Aos meus pais, Eudes Francisco e Maria, pelo apoio.

Mil gracias!!!

“Tudo aquilo que sentimos de faz arte,
Por isso nossa arte faz sentido. ”

(Ângelo Franco)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE UM APRISCO PARA A CIDADE DE SANTA MARIA/RS

AUTOR: EUDES VINÍCIUS DOS SANTOS
ORIENTADOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 de outubro de 2015.

A ovinocultura exerce papel fundamental na história e na pecuária do Rio Grande do Sul e vem se destacando como importante atividade econômica no Brasil. O Rio Grande do Sul, por sua vez, apresenta peculiaridades climáticas que impõem aos animais, em algumas situações, uma condição de desconforto térmico, gerando o estresse térmico, que é um dos principais fatores limitantes da produção animal. Portanto, torna-se imprescindível a busca por alternativas de conforto térmico que proporcionem bem estar aos animais e que gerem maior potencial na sua produção, principalmente em ambientes protegidos. Pretendeu-se, com este trabalho, avaliar o conforto térmico que a edificação, denominada aprisco (instalação para ovinos) proporciona aos animais (cordeiros e borregos) confinados no laboratório de ovinocultura da Universidade Federal de Santa Maria, para um dia típico de inverno e um dia típico de verão, por meio do levantamento das variáveis ambientais, tais como temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa, velocidade do ar e posterior cálculo do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e do Índice de Conforto Térmico (ICT), ambos índices para avaliar o conforto térmico animal. Também foram realizadas a coleta da temperatura retal, da frequência respiratória e da temperatura da epiderme dos animais, bem como o levantamento de imagens termográficas da superfície da lã (vélo) dos animais e do aprisco. Foi possível avaliar, com base nos levantamentos de dados e no cálculo dos índices, que os animais estavam em desconforto térmico na maior parte do experimento. Para o período típico de inverno, não foram encontrados valores de referência dos índices ITGU e ICT; no entanto, alguns animais apresentaram temperatura retal de 35,5°C, abaixo do normal. A edificação (aprisco) teve um amortecimento térmico abaixo de 28%, impondo aos animais, temperaturas internas de 7,8°C, isto é, fora da zona de conforto térmico (ZCT), que se encontra entre 25 e 30°C para animais recém-nascidos e entre 15 e 30°C para animais adultos, estando mais próximas de 6°C, considerada temperatura crítica inferior (TCI). Para o período típico de verão, a edificação apresentou amortecimento térmico abaixo de 10% e foi possível avaliar o conforto através dos índices, ITGU e ICT. Durante o período da manhã, o ITGU ficou abaixo de 74, o que representa valores de conforto térmico. Já no período da tarde, as instalações apresentaram ITGU compreendidos entre 74 e 79, o que significa situação de alerta. Portanto, ao fim do experimento, foi constatado que a edificação (aprisco) não proporciona conforto térmico aos animais na maior parte do período típico de inverno e verão. Por fim, entendeu-se que a edificação existente precisa de melhorias construtivas para que os animais disponham de conforto e bem estar para que atinjam seu máximo rendimento produtivo e reprodutivo.

Palavras-chave: Confinamento de Cordeiros. Conforto Térmico. Desempenho Térmico. Imagens Termográficas.

ABSTRACT

Master's Thesis
Civil and Environmental Engineering, Post-Graduation Program
Universidade Federal de Santa Maria

COMFORT ASSESSMENT THERMAL ONE BUILDING FOR SANTA MARIA CITY / RS

AUTHOR: EUDES VINÍCIUS DOS SANTOS
ADVISOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Place and date: Santa Maria, October 21, 2015.

Sheep production has always played a fundamental role in society throughout history, and it has been highlighted as an important economic activity in Rio Grande do Sul, Brazil. Rio Grande do Sul presents climatic peculiarities that in some situations impose a condition of thermal discomfort in animals, generating heat stress, which is one of the main limiting factors of animal production. Seeking alternatives that provide better thermal comfort for confined animals and a consequent greater production is essential. This study was carried out with sheep and lambs confined in a fold (fenced enclosure area) at Universidade Federal de Santa Maria and aimed to evaluate the thermal comfort that the fold gives animals in a typical winter and summer day. We assessed environmental variables such as air temperature, radiant temperature, relative humidity, and air velocity. Subsequently, the Black Globe and Humidity Index (BGHI) and Thermal Comfort Index (TCI) were utilized to evaluate animal thermal comfort. Additionally, rectal temperature, respiratory rate, and skin temperature of the animals as well as thermographic images of the wool surface of the (fur) animals and fold were evaluated. Based on data gathering and calculation of the indices, it was possible to observe that the animals were in thermal discomfort for most part of the experiment. For the typical winter period, no reference values of BGHI and TCI were found; however, some animals had a rectal temperature of 35.5 ° C, which is below normal levels. The fold had thermal cushioning below 28%, imposing internal temperatures of 7.8 ° C in the animals. This temperature is out of the thermal comfort zone (TCZ), which lies between 25 and 30 ° C for newborns and between 15 and 30 ° C for adult animals, being close to 6 ° C, which is considered lower critical temperature (TCL). For the typical summer period, the building had a heat buffer below 10% and it was possible to assess comfort using BGHI and TCI. During the morning, BGHI was below 74, which represents thermal comfort values. On the other hand, the fold in the afternoon presented BGHI ranging between 74 and 79, which represents state of alert. As a conclusion, the fold studied does not provide thermal comfort for animals in most of the typical winter and summer period. As a consequence, it requires constructive improvements to ensure that animals are provided with comfort and well-being so that they reach their maximum productive and reproductive performance.

Keywords: Lamb confinement. Thermal comfort. Thermal performance. Thermographic images.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro. 18
Figura 2 - Ação dos ventos combinada ao efeito chaminé. 21
Figura 3 - Balanço de produção de perda de calor.....28
Figura 4 - Representação esquemática simplificada das temperaturas efetivas ambientais críticas.....34
Figura 5 - Localização de Santa Maria e da UFSM. 38
Figura 6 - Localização do aprisco no campus da UFSM. 38
Figura 7 - Divisão das baias. 39
Figura 8 - Aprisco analisado. 40
Figura 9 - Cobertura em telhas de zinco.....40
Figura 10 - Piso ripado em madeira. 40
Figura 11 - Planta baixa do aprisco analisado.....41
Figura 12 - Localização dos registradores de temperatura e umidade relativa. 43
Figura 13 - Registradores de temperatura e umidade relativa.....43
Figura 14 - Planta baixa do aprisco com posição dos sensores internos (Hobo int 1, 2 e 3) e sensores externos (Hobo ext 1 e 2). 44
Figura 15 - Tripé com sensores.....45
Figura 16 - Analisador climático. 45
Figura 17 - Termômetro de Globo Negro.....45
Figura 18 - Software PsychroCalc. 46
Figura 19 - Temperaturas superficiais da cobertura (a) e do piso ripado (b). 46
Figura 20 - Câmera termográfica de infravermelho FLIR, modelo T450sc. 47
Figura 21 - Temperatura retal.....48
Figura 22 - Temperatura da epiderme. 48
Figura 23 - Temperatura superficial (vélo).....49
Figura 24 - Imagem termográfica (inverno). 55
Figura 25 - Imagem termográfica da cobertura do aprisco (inverno).....56
Figura 26 - Imagem termográfica do animal da baia 31 (verão). 61
Figura 27 - Imagem termográfica da cobertura do aprisco (verão).....62
Figura 28 - Oportunidade de melhoria na cobertura – emprego de tinta branca. 71
Figura 29 - Oportunidade de melhoria na cobertura – emprego de um forro abaixo das tesouras de madeira. 71
Figura 30 - Oportunidade de melhoria – Fechamento Lateral. 72
Figura 31 - Oportunidade de melhoria – Limpeza constante de dejetos. 72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Esquema representativo da inércia térmica. 25
Gráfico 2 - Temperatura externa, interna, média radiante e de globo negro (inverno). 53
Gráfico 3 - Velocidade do Vento (inverno). 54
Gráfico 4 - Umidade Relativa (inverno). 54
Gráfico 5 - Temperatura externa, interna, radiante e de globo negro (verão). 59
Gráfico 6 - Velocidade do vento (verão).....60
Gráfico 7 - Umidade Relativa (verão). 60
Gráfico 8 - Temperatura externa e interna (inverno). 63
Gráfico 9 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (inverno).....64
Gráfico 10 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (inverno).....64
Gráfico 11 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (inverno). 65
Gráfico 12 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (inverno). 65
Gráfico 13 - Temperaturas Retais (inverno). 66
Gráfico 14 - Temperatura externa e interna (verão). 67
Gráfico 15 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (verão). 67
Gráfico 16 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (verão). 68
Gráfico 17 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (verão). 68
Gráfico 18 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (verão). 69
Gráfico 19 - Temperaturas Retais (verão).....69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias mensais de temperaturas máximas e mínimas.....18
Tabela 2 - Temperatura do núcleo corporal de algumas espécies animais. 28
Tabela 3 - Valores comuns de TCI, de TCS e de temperaturas na ZCT para alguns animais. 35
Tabela 4 - Médias da temperatura externa, interna, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura média radiante, temperatura de globo negro, ITGU e ICT de inverno. 52
Tabela 5 - Amortecimento térmico de inverno.....53
Tabela 6 - Temperatura retal, Frequência Respiratória, Temperatura da Epiderme de ovinos e Temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31 (inverno). 55
Tabela 7 - Temperatura média da cobertura (inverno).....56
Tabela 8 - Médias da temperatura externa, interna, velocidade do vento, temperatura média radiante, temperatura de globo negro, ITGU e ICT de verão. 58
Tabela 9 - Amortecimento térmico de verão. 59
Tabela 10 - Temperatura retal, Frequência Respiratória, Temperatura da Epiderme de ovinos e Temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31 (verão). 61
Tabela 11 - Temperatura média da cobertura (verão).....62

LISTA DE SIGLAS E VARIÁVEIS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cfa	Classificação Climática de Koppen
Cfb	Classificação Climática de Koppen
CTR	Carga Térmica Radiante
ITC	Índice de Tolerância ao Calor
ICT	Índice de Conforto Térmico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITGU	Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
Km	Quilometro
M	Metro
m²	Metro Quadrado
NBR	Norma Brasileira
Pp{ta}	Pressão Parcial de Vapor
PR	Paraná
R	Resistência Térmica
RS	Rio Grande do Sul
R_T	Resistência Térmica Total
SP	São Paulo
Ta	Temperatura Ambiente
TIV	Termografia Infravermelha
TR	Temperatura Retal
TCI	Temperatura Crítica Inferior
TCS	Temperatura Crítica Superior
Tgn	Temperatura de Globo Negro
Tpo	Temperatura do Ponto de orvalho
TMR	Temperatura Média Radiante
U	Transmitância Térmica
UR	Umidade Relativa
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
vv	Velocidade do Vento
Kcal/m.h.°C	Coeficiente de Condutividade
kPa	Quilopascal
W/m²	Densidade de Potência
ZCT	Zona de Conforto Térmico
Z2	Zona Bioclimática 2
Δti	Variação da Temperatura Interna
Δte	Variação da Temperatura Externa
α	Absortância Térmica
ρ	Refletância Térmica
°C	Graus Celsius
e	espessura de material sólido homogêneo
λ	coeficiente de condutividade
μ	Coeficiente de Amortecimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Justificativa 15
1.2 Objetivos 16
1.2.1 Objetivo geral 16
1.2.2 Objetivos específicos 16
1.3 Estrutura da dissertação 16

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17
2.1 Clima na região de realização do estudo 17
2.2 Variáveis ambientais 19
2.2.1 Temperatura do ar 19
2.2.2 Umidade do ar 20
2.2.3 Ventilação 20
2.2.4 Radiação solar 22
2.3 Variáveis arquitetônicas 22
2.3.1 Resistência térmica 23
2.3.2 Inércia térmica 24
2.3.3 Absortância e refletância 25
2.4 Instalações zootécnicas para ovinos 26
2.5 Conforto térmico para ovinos 27
2.5.1 Variáveis fisiológicas e morfológicas de animais 30
2.6 Índices de avaliação do conforto térmico animal 31
2.6.1 Zona de conforto térmico e temperaturas ambientais críticas 33
2.7 Mensuração de temperatura superficial por infravermelho 35

3 METODOLOGIA 37
3.1 Definição do local e caracterização do objeto de estudo 37
3.2 Animais e manejo 41
3.3 Monitoramento das variáveis ambientais do aprisco 41
3.3.1 Temperatura interna, temperatura externa e umidade relativa 42
3.3.2 Medições da temperatura radiante, temperatura do globo negro e velocidade do ar 44
3.3.3 Obtenção das imagens termográficas 46
3.4 Medição das variáveis fisiológicas animais 47
3.5 Cálculo dos índices – ITGU e ICT 49

4 RESULTADOS 51
4.1 Variáveis ambientais e animais 51
4.1.1 Período de inverno 51
4.1.2 Período de verão 57

5 ANÁLISE DE RESULTADOS 63
5.1 Comportamento térmico do aprisco 63
5.2 Análise dos resultados de verão 66
5.3 Oportunidades de melhorias construtivas 70

6 CONCLUSÕES 73
6.1 Sugestão para trabalhos futuros 73

REFERÊNCIAS 75
APÊNDICE A – Planilha dos animais (inverno e verão) 80

1 INTRODUÇÃO

Na atividade pecuária, para um país como o Brasil, essencialmente agropecuário, destaca-se a criação de pequenos ruminantes, como exemplo, os ovinos. No Rio Grande do Sul, a ovinocultura vem se caracterizando como importante atividade econômica, desempenhando papel fundamental para a melhoria da pecuária sulista. No entanto, o Estado apresenta peculiaridades climáticas que, muitas vezes, dificultam o processo produtivo e impõem aos animais, em determinadas situações, uma condição de desconforto térmico.

A temperatura ambiente é o fator que mais tem efeito direto na produção animal. Segundo McDowell (1972), a maioria das produções tem o seu melhor desempenho quando as temperaturas ficam entre os limites de 4 a 24°C. Em regiões tropicais, baixas temperaturas também podem causar redução na produtividade (McMANUS et al., 2009). De acordo com McManus (2009), estudos para monitoramento de condições de estresse em ovinos são comuns, porém não é o que acontece com a categoria de ovinos jovens. Estes animais sofrem tanto por frio quanto por calor no início do seu período produtivo. Portanto, o estresse térmico é um dos principais fatores limitantes da produção animal, de forma que, para se obter o melhor desempenho em determinado sistema de produção, é necessário que as atividades desse sistema sejam desenvolvidas dentro de uma zona de conforto térmico para os animais.

Os ruminantes, tal como outros mamíferos, são animais homeotérmicos, ou seja, são animais que possuem capacidade de controlar, dentro de uma pequena margem, a temperatura interna do corpo. Este mecanismo é eficaz quando as condições ambientes estão dentro de certos limites, o que demonstra a importância de adequar as instalações para que sejam obtidas condições de conforto (SILVA et al., 2010).

Um dos maiores desafios da pecuária contemporânea está relacionado à exploração do máximo potencial genético dos animais, tanto no aspecto produtivo quanto reprodutivo. Por muito tempo, a busca pela máxima eficiência na produção animal esteve voltada para o atendimento das necessidades de manejo, sanidade, genética e nutrição. Porém, hoje, os avanços obtidos nestas áreas têm sido limitados pelos fatores climáticos e ambientais, principalmente pelo meio aos quais

os animais são submetidos. Fatores ambientais externos e o microclima no interior das construções exercem efeitos diretos e indiretos sobre a produção animal e acarretam redução na produtividade, com consequentes prejuízos econômicos.

A busca por alternativas de conforto térmico economicamente viáveis em cada sistema de produção é um dos principais fatores a ser considerado quando se almeja a máxima eficiência produtiva dos animais. Os fracos índices produtivos e reprodutivos de pequenos ruminantes criados nos mais diversos sistemas de criação devem-se, dentre outros fatores, a deficiências na oferta de condições de conforto térmico aos animais nos seus hábitats.

O objetivo deste trabalho é avaliar o conforto térmico que a construção, também chamada de “aprisco”, proporciona aos animais, por meio do levantamento das variáveis ambientais e animais e do posterior cálculo de índices de conforto para animais, Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e do Índice de Conforto Térmico (ICT). Por fim, com base nos resultados, o presente trabalho visa identificar oportunidades de melhorias para a edificação existente, proporcionando assim conforto e bem-estar aos animais e melhorando os resultados no confinamento fechado de cordeiros (animais de 0 a 6 meses de idade) e borregos (animais de 6 a 12 meses de idade).

1.1 Justificativa

É de essencial importância, para uma melhor eficiência dos sistemas de produção e para a manutenção da produtividade, a procura por alternativas que possibilitem aos animais um ambiente de equilíbrio, oferecendo-lhes saúde, conforto e bem-estar.

No entanto, poucos são os trabalhos referentes ao confinamento em ambiente protegido de cordeiros e borregos no Rio Grande do Sul, principalmente considerando períodos frios e quentes, em que a construção do aprisco seja o ponto principal a ser estudado.

Dessa forma, este trabalho se justifica por relacionar todos esses condicionantes propondo um novo olhar para o projeto arquitetônico e para a construção dessas instalações, gerando resultados positivos para a ovinocultura gaúcha e nacional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o conforto térmico de um aprisco utilizado para confinamento de ovinos jovens (cordeiros e borregos), em condição de inverno e verão, para a cidade brasileira de Santa Maria/RS e identificar oportunidades de melhorias construtivas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o comportamento térmico de um aprisco típico;
- Avaliar as condições de conforto térmico de ovinos jovens em condições de inverno e verão no aprisco;
- Identificar oportunidades de melhoria na edificação.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação foi estruturada em seis capítulos. O Capítulo I apresenta a introdução do trabalho, bem como a justificativa e os objetivos da pesquisa.

O capítulo II consiste na revisão bibliográfica que aborda noções sobre conforto e clima, as variáveis que influenciam o comportamento térmico da edificação e o conforto térmico dos animais.

No capítulo III, define-se a metodologia empregada na realização do trabalho, especificando os procedimentos, os materiais e os equipamentos utilizados em cada etapa da pesquisa.

No capítulo IV, são expostos os resultados obtidos com o monitoramento, por meio de gráficos e tabelas e de sua descrição. Já o capítulo V traz a discussão dos resultados. Por fim, o capítulo VI apresenta as conclusões da dissertação, além de sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o aporte teórico para o desenvolvimento do trabalho e melhor compreensão do tema abordado, sendo baseado em estudos que tratam da ambiência animal, focados no conforto térmico ovino.

2.1 Clima na região de realização do estudo

Conhecer as características de determinado lugar em que se projeta é de extrema importância para uma boa resposta arquitetônica, pois o clima local mostra-se como um importante condicionante na elaboração de projetos, seja qual for a finalidade da futura edificação. Dessa forma, o ambiente construído deve ser concebido de maneira a aproveitar positivamente o clima e se proteger do seu rigor, buscando o melhor emprego dos recursos naturais e a valorização do lugar.

De acordo com Köppen (1948), clima é o somatório das condições atmosféricas que fazem um lugar da superfície terrestre ser mais ou menos habitável para humanos, animais e plantas. Segundo este autor, o Estado do Rio Grande do Sul encontra-se nos tipos climáticos Cfa e Cfb. O tipo climático Cfa é encontrado na região da Serra do Nordeste e nas partes mais elevadas das regiões do Planalto e Serra do Sudeste. Nas outras regiões, o clima é do tipo Cfb. A cidade de Santa Maria/RS está inserida no tipo climático Cfa, isto é, clima temperado. Os climas temperados apresentam grande amplitude de temperatura anual, com estações claramente definidas e certo rigor climático em ambos os períodos de verão e de inverno.

A tabela 1 apresenta as temperaturas médias mensais máximas e mínimas para a cidade de Santa Maria/RS no período de 2004 a 2011.

Tabela 1 - Médias mensais de temperaturas máximas e mínimas.

Meses/Ano	*2004 a 2011 médias máximas (°C)*	*2004 a 2011 médias mínimas (°C)*
JAN	31,2	20
FEV	31,4	19,6
MAR	29,9	18,5
ABR	26,5	14,8
MAI	21,5	11,4
JUN	19,9	10,3
JUL	19,3	9,3
AGO	20	10,3
SET	22,2	12,1
OUT	25,1	14,2
NOV	28,1	16,2
DEZ	30,6	18

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Cabe salientar que a cidade de Santa Maria/RS está inserida na Zona Bioclimática 2 (Z2) do Brasil. O zoneamento bioclimático brasileiro divide o país em oito zonas homogêneas quanto ao clima, que são distribuídas geograficamente conforme a figura 1. A ABNT adotou o zoneamento apresentado em 1999 na composição da NBR 15220-3 de 2005, estabelecendo diretrizes construtivas para habitações de interesse social, mas que igualmente podem ser aplicadas para outros tipos de edificações para cada zona (ABNT, 2005b).

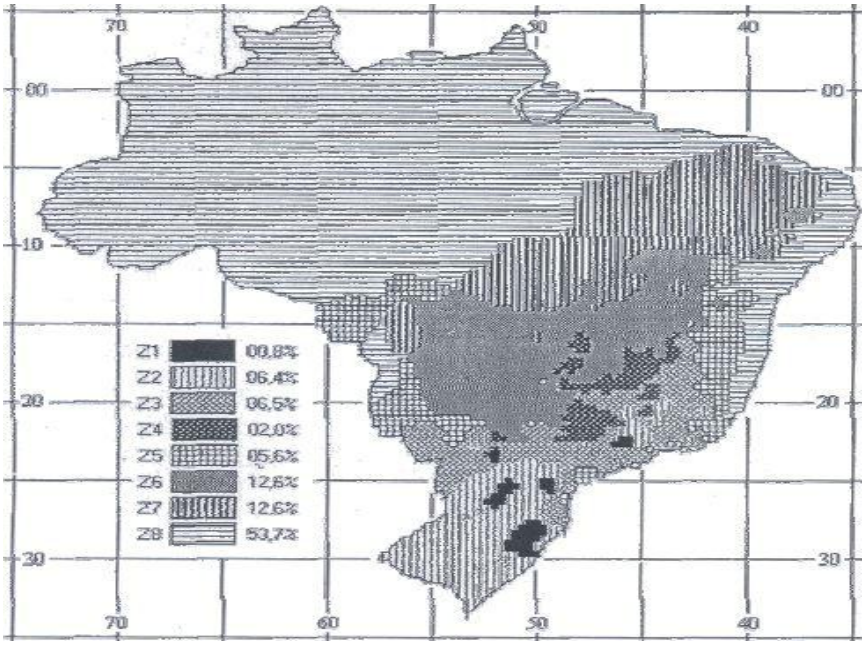


Figura 1 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro.
Fonte: ABNT (2005b).

2.2 Variáveis ambientais

No início do século XX, o nível de conforto térmico estava relacionado apenas à temperatura do ambiente em questão. No entanto, hoje se sabe que o conforto não depende apenas da temperatura, mas também da umidade e da velocidade do ar, além da temperatura radiante das superfícies próximas (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992).

Portanto, as variáveis ambientais necessárias para a avaliação do conforto ambiental são definidas como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura média radiante.

2.2.1 Temperatura do ar

A temperatura, segundo Costa (2003), é o conceito físico que nos permite medir o estado térmico de um sistema, estabelecendo a sua maior ou menor capacidade de transmitir calor. A sensação de conforto depende da temperatura do ar, ou seja, depende da perda ou do ganho de calor do corpo, complementada pelos efeitos dos demais mecanismos reguladores. Portanto, essa variável é a que mais se relaciona ao conforto térmico. Para McDowell (1972), a temperatura do ar é considerada o fator climático com influência mais importante sobre o ambiente físico do animal.

As trocas de calor dependem das diferenças de temperaturas e dividem-se em três formas: condução, convecção e radiação. A condução é um processo lento de transmissão de energia, de molécula para molécula, sempre das temperaturas mais altas para as temperaturas mais baixas. O fluxo térmico é diretamente proporcional à superfície dos corpos em contato e à diferença de temperatura.

Na convecção, as partes diferentemente aquecidas de um fluido movimentam-se no seu interior devido às diferenças de densidades das porções quente e fria do fluido. Esta forma está diretamente relacionada ao movimento do fluido transmissor e à diferença de temperatura.

A emissão de energia calorífica sob a forma de radiações semelhantes à luz denomina-se radiação. A transmissão de calor por radiação depende do gradiente de temperatura, das dimensões, da forma, da disposição e da natureza das superfícies radiante e irradiada.

2.2.2 Umidade do ar

De acordo com Frota e Schiffer (1995), a umidade do ar é resultado da evaporação da água (de fontes como mares, rios e lagos) e da evapotranspiração dos vegetais, sendo também influenciada pelo regime de chuvas. Para Lamberts Dutra e Pereira (1997), a umidade do ar é a variável climática mais estável ao longo do dia.

A relação estabelecida entre a quantidade de vapor de água existente no ar e a quantidade que o mesmo conteria caso estivesse saturado representa a umidade relativa do ar.

A influência dessa variável em vales, situação que pode ser aplicada à cidade de Santa Maria/RS, cuja área faz parte da Depressão Central Gaúcha, bastante próxima aos Patamares da Borda Oriental da Bacia do Rio Paraná, segundo Ghisi et al. (2005, p. 24), descreve-se assim:

> A umidade relativa de mesoclimas podem ser caracterizadas pela topografia, como no caso de vales. As encostas protegem a área do vento, de forma que a umidade dentro do vale se torna alta. Esta alta umidade realça a sensação térmica, razão pela qual os climas de vale são considerados frios no inverno e quentes e abafados no verão.

2.2.3 Ventilação

Conforme Costa (2003), a ventilação consiste no processo de renovar o ar de um compartimento, tendo como principal função o fornecimento do volume de ar necessário à respiração ao diluir a concentração de poluentes e restabelecer os níveis de oxigênio. A ventilação melhora também as condições térmicas, por influenciar a temperatura e a umidade de um ambiente através da transmissão por convecção, na qual o fluxo de ar pode retirar ou ceder calor aos elementos que compõem o ambiente em questão.

O mesmo autor prevê que os efeitos da ventilação podem ser intensificados por meio da disposição correta das aberturas, tanto pelo aproveitamento da ação dos ventos, com a inserção de esquadrias que permitam o direcionamento dos mesmos para o interior do recinto, quanto pela distribuição de portas e janelas em paredes opostas, de forma que o volume de ar atinja todo o ambiente ou, ainda,

pela diferença de altura, que favorece o movimento convectivo, valendo-se do gradiente de pressão no sentido vertical.

Pode-se assegurar que, ao fazer uso da diferença de nível das aberturas, a intensidade da ventilação aumenta proporcionalmente à cota vertical entre elas, ficando claramente configuradas a entrada e a saída do fluxo. A isso denomina-se efeito chaminé. A figura 02 representa esquematicamente como se dá a ventilação de um compartimento pela combinação da ação dos ventos com o efeito chaminé.

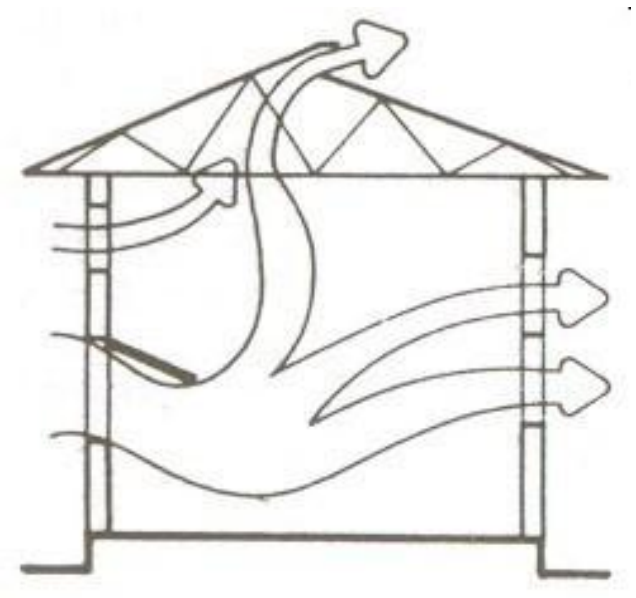


Figura 2 - Ação dos ventos combinada ao efeito chaminé.
Fonte: Macintyre (1990)

A distribuição dos ventos no globo se dá em função das diferenças de intensidade de radiação solar apresentadas entre baixas e altas latitudes (GHISI et al., 2005). Além do gradiente de temperatura no globo, o aquecimento e o resfriamento das terras e dos mares e o movimento de rotação da Terra também são determinantes das direções e características dos ventos (FROTA; SCHIFFER,1995).

O movimento de ar também sofre influência da altitude, topografia e rugosidade do terreno. Regiões de topografia acidentada podem alterar a direção do vento ou então canalizá-lo, aumentando sua intensidade. Já a rugosidade é decorrente do tipo de solo, da presença de maciços de vegetação ou, ainda, da

cobertura urbana (edifícios e pavimentações). De acordo com Ghisi et al. (2005), quanto maior a rugosidade do solo, menor a velocidade do vento.

2.2.4 Radiação solar

A radiação solar é responsável por grande parte dos ganhos de calor das construções, influenciando as temperaturas internas e externas. Para Rivero (1985), a radiação solar tem grande importância na definição de um projeto arquitetônico, influenciando nas tomadas de decisões, tais como orientação de fachadas e aberturas, tipos de fechamentos e proteções solares.

De acordo Szokolay (1983), a intensidade de radiação solar máxima, na superfície terrestre, é de aproximadamente 1000 W/m², sendo que parte a atinge de forma direta e parte de forma difusa, ao ser dispersada pela atmosfera, refletida pelas nuvens, etc.

Mascaró e Mascaró (1992) ressaltam que, nos pontos de maior latitude, tem-se um intervalo de valores de radiação mais amplo para as diferentes orientações, de maneira que ocorrem variações significativas na quantidade de insolação recebida por fachadas de orientações distintas. Nota-se que a orientação solar assume importância significativa para edificações localizadas no município de Santa Maria/RS e nos de seu entorno por situarem-se aproximadamente entre as latitudes 29º39’53’’ a 29º43’56’’ Sul.

2.3 Variáveis arquitetônicas

Segundo Silveira (2005), o envolvente do edifício determina as trocas térmicas entre os meios externo e interno, e suas propriedades implicam nas condições ambientais dos espaços internos.

Givoni (1998) menciona que as propriedades dos fechamentos que controlam essas trocas são a resistência térmica, a inércia térmica do conjunto construído e a absorção ou a reflexão da radiação solar pelas faces externas das edificações.

2.3.1 Resistência térmica

De acordo com a NBR 15220-1 (ABNT, 2005a), resistência térmica (R) é definida como o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário, conforme equação 1.

O conceito de resistência está relacionado com a condutividade térmica, que é uma característica física própria do material, de maneira que, quanto maior for a condutividade, menor será a resistência do elemento ou do componente construtivo:

$$R = e/\lambda \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

R = resistência térmica;

e = espessura de material sólido homogêneo

λ = coeficiente de condutividade

Para Costa (2003), o valor do coeficiente de condutividade diminui na ordem sólido-líquido-gasoso, tendo como extremos os valores da prata: 360 Kcal/m.h.ºC, altamente condutora; e do ar puro: 0,02 Kcal/m.h.ºC, um mau condutor de calor.

Para fechamentos heterogêneos, a resistência térmica total é a resultante do somatório da resistência de cada camada homogênea mais as resistências superficiais externa e interna, conforme equação 2:

$$R_T = R_{c1} + R_{c2} + \ldots + R_{Se} + R_{Si} \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:

R_T é a resistência térmica total.

A transmitância térmica de componentes, de ambiente a ambiente, é o inverso da resistência térmica total, conforme a equação 3.

$U = 1/ R_T$ Equação 3

Onde:

U é a transmitância térmica;

R_T é a resistência térmica total.

2.3.2 Inércia térmica

Lamberts, Dutra e Pereira (1997), definem a inércia como a capacidade que o material tem de reter no seu interior parte do calor que é conduzido através dele.

Dois fenômenos relevantes ao comportamento térmico da edificação estão associados à inércia: o retardo ou atraso térmico e o amortecimento da onda de calor. Ambos serão tanto maiores quanto maior for a inércia da construção.

De acordo com a NBR 15220-1 (ABNT, 2005a), o retardo ou atraso térmico consiste no tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.

Por outro lado, a capacidade de amortecimento é a propriedade do material que causa a diminuição da amplitude de variações térmicas. É medida pelo coeficiente de amortecimento (μ), calculado pela razão entre a amplitude de variação da temperatura interna em relação à da temperatura externa, conforme a equação 4, cujos valores são sempre menores do que 1, de modo que podem ser estabelecidas as seguintes relações:

- quanto maior for o valor de μ, maior será a capacidade de amortecimento;
- a capacidade de amortecimento é inversamente proporcional ao coeficiente de condutividade (RIVERO,1985).

$\mu = 1 – (\Delta ti/\Delta te)$ Equação 4

Onde:

μ é o coeficiente de amortecimento;

Δti é a variação da temperatura interna;

Δte é a variação da temperatura externa.

O amortecimento e o atraso térmico podem ser visualizados nas curvas de temperatura do gráfico 1.

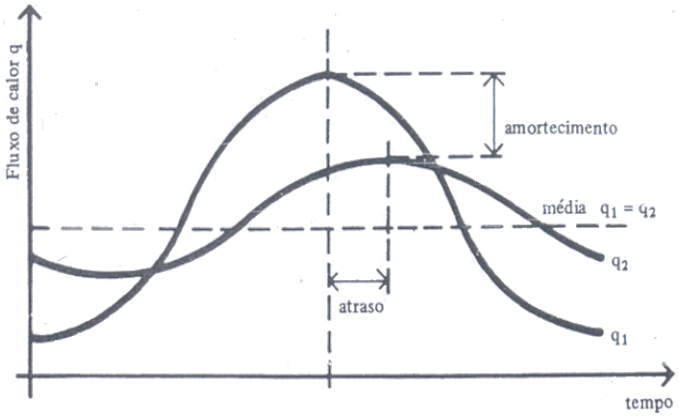


Gráfico 1 - Esquema representativo da inércia térmica.
Fonte: Frota e Schiffer (1995).

As propriedades termofísicas que determinam a inércia térmica de um fechamento são o calor específico, a condutividade, a difusividade e a efusividade térmicas.

2.3.3 Absortância e refletância

A radiação solar é responsável pela maior parte dos ganhos de calor de uma edificação, de forma que a absortância das superfícies externas exerce grande influência na carga térmica total destas. Absortância é a razão entre a energia solar absorvida pela superfície e o total da energia solar incidente sobre ela (DORNELLES; RORIZ, 2006).

Refletância, segundo a NBR 15220-1 (ABNT, 2005a), consiste no quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. Essas duas propriedades (em materiais opacos) podem ser relacionadas conforme a equação 5:

$$\alpha = 1 - \rho$$

Equação 5

Onde:

α = absortância térmica;

ρ = refletância térmica.

2.4 Instalações zootécnicas para ovinos

Para Barbosa Filho (2010), um dos principais pontos críticos da produção animal em regiões de clima quente se encontra na dificuldade de adaptação dos animais, muitas vezes de raças originadas de regiões de clima temperado, aos elevados valores e às grandes oscilações das variáveis ambientais, principalmente da temperatura e da umidade relativa do ar.

Uma maneira de contornar esse problema, segundo o mesmo autor, é fornecer conforto e bem-estar aos animais para que possam expressar, de maneira satisfatória, todo o seu potencial genético e produtivo. Para isso, é necessário que as edificações onde os animais são alojados tenham condições de proporcionar adequadamente um ambiente com conforto térmico e sonoro, sem poluição do ar por gases e/ou poeira, além de condições adequadas quanto aos aspectos sanitários e de tratamento de dejetos.

Sendo assim, torna-se imprescindível, sob o ponto de vista da concepção projetual de instalações para criação de ovinos, a elaboração de projetos arquitetônicos cuidadosamente pensados, que considerem as características ambientais da região, os quesitos de bem-estar dos animais e, acima de tudo, as exigências térmicas dos usuários em questão. Essas exigências dizem respeito às faixas de conforto térmico dos ovinos, ou seja, à região de conforto e aos limites, inferior e superior, de estresse térmico por frio e calor, respectivamente.

Conhecendo-se as exigências dos usuários destas edificações, é possível direcionar o projeto para que se possa atender as necessidades dos animais e obter, assim, um melhor desempenho produtivo. Na elaboração de projetos arquitetônicos eficientes e funcionais, existe uma interação grande entre diversas variáveis, tais como os componentes da construção, os materiais a serem utilizados, a orientação da construção, sua geometria, a forma de ocupação e o conforto térmico que o animal ocupante necessitará para ter um desempenho ideal.

A utilização de materiais isolantes, tipos de coberturas com telhas especiais que absorvam menos calor, instalações mais abertas com orientação solar favorável ao tipo de clima e com pé direito mais alto, privilegiando a ventilação natural, são medidas acessíveis, relativamente fáceis de serem empregadas e que terão um impacto direto no ambiente interno das instalações.

Não é comum encontrar referências de modelos prontos de instalações ou de recomendações relacionadas à ambiência e ao bem-estar para a maioria dos animais de produção. Apenas mais recentemente é que pesquisas têm sido direcionadas para este propósito. Sendo assim, as recomendações e pesquisas de instalações que sejam mais adequadas aos animais, bem como o estabelecimento de limites de conforto térmico, ainda estão em andamento.

Dessa maneira, por hora, talvez a melhor recomendação a ser feita, no que se refere às instalações zootécnicas para ovinos, seja a de unir características construtivas atuais, materiais de construção e tipos de coberturas isolantes a projetos de instalações mais abertas, com orientação solar favorável ao tipo de clima e pé direito suficientemente alto para proporcionar e garantir uma boa circulação de ar no seu interior.

2.5 Conforto térmico para ovinos

O metabolismo dos ruminantes, assim como o dos humanos, produz energia, cujo ciclo de transformações termina sob a forma de calor e trabalho. Sendo assim, pode-se afirmar que a sensação de calor ocorre quando a produção é maior do que a perda, e a sensação de frio se dá quando a perda energética é maior que a produção, ocorrendo deficiência de energia calorífica para manutenção da temperatura corporal.

Os ovinos são animais homeotérmicos e conseguem, dentro de uma pequena margem, controlar a temperatura interna do corpo. Este mecanismo se torna eficaz quando a temperatura ambiente está em torno de 39°C de acordo com Esmay (1969), o que demonstra a importância de manter as instalações com condições ambientais próximas às das condições de conforto (SILVA et al., 2010).

As temperaturas corporais dos homeotermos variam em diferentes partes do corpo e em diferentes tempos, mas, no núcleo corporal, a temperatura é mantida em nível que independe da flutuação ambiental (MOUNT, 1968).

Esmay (1969) cita temperaturas do núcleo corporal de diversas espécies, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Temperatura do núcleo corporal de algumas espécies animais.

Espécie	Temperatura (°C)	Espécie	Temperatura (°C)
Homem	37	Gatos e cães	38,6
Bovinos	38,5	Caprinos	40
Equinos	38	Suínos	39
Galinhas	41,7	Ovinos	39

Fonte: Esmay (1969).

Segundo Nããs (1993), o animal é um sistema termodinâmico aberto, conforme a figura 3.

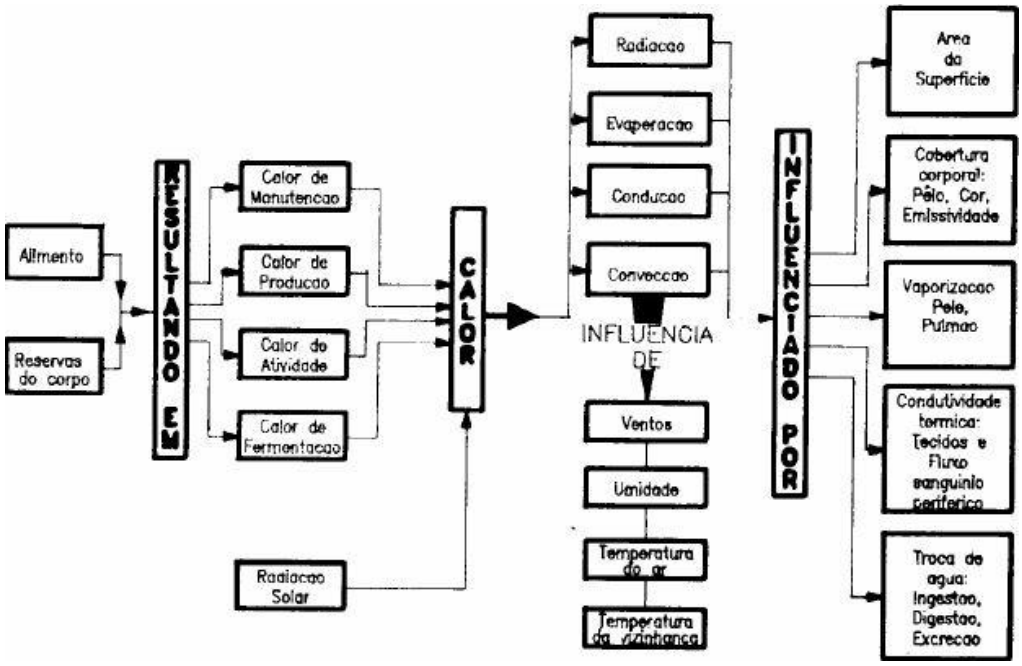


Figura 3 - Balanço de produção de perda de calor.
Fonte: Nããs (1993).

Segundo Nããs (1993), o animal é um sistema termodinâmico aberto, e essa forma de interação com o meio externo, também denominada homocinética, é definida como a dinâmica dos sistemas homotérmicos em que os mecanismos termodinâmicos internos são acionados para se manterem em equilíbrio com o meio ambiente externo.

O calor excedente gerado pelo corpo é eliminado para o ambiente através das trocas térmicas entre o ambiente e o corpo. As trocas térmicas com o meio ocorrem

basicamente por meio de quatro processos: condução, convecção, radiação e evaporação.

A condução térmica representa o mecanismo de transferência de energia cinética pela movimentação das moléculas de elétrons. Essas moléculas passam de uma zona de temperatura elevada para outra de temperatura menos elevada. No caso dos animais, essa transferência ocorre do centro para a epiderme e desta para o meio que o rodeia (SILVA, 2000).

A convecção, por sua vez, consiste na transferência de energia térmica pela circulação de um fluído ou de um gás, a uma temperatura não uniforme. Através da convecção ocorrem as trocas de calor tanto interna como externamente, por meio da circulação do sangue e da movimentação do ar, respectivamente (TEIXEIRA, 2000). Desse modo, quando o animal é envolto pela atmosfera, cuja temperatura é inferior à de sua superfície, a energia térmica é transferida por convecção do animal para a camada atmosférica adjacente à sua superfície. Portanto, é através da convecção que o ar aquecido no interior do aparelho respiratório do animal, ao ser inspirado, transfere calor do organismo deste para o meio externo. Essa perda de calor ocorre em maior proporção quando a temperatura ambiente é baixa. Ela aumenta com a aceleração do ritmo respiratório (BRIDI, 2000).

Radiação é a emissão de ondas eletromagnéticas por todos os objetos mais quentes que o zero absoluto e a evaporação é a troca de calor decorrente da mudança de estado da água de líquido para gasoso, processo que também é carreador de calor para fora do corpo do animal. Dessa forma, o ar inspirado, em contato com a umidade dos alvéolos pulmonares e das paredes dos condutos respiratórios, acarreta a sua evaporação, e, como o ar expelido, é quase saturado de vapor d’água, contribui para que haja uma perda de calor. Quando a capacidade do aparelho termorregulador não é suficiente para evitar a elevação da temperatura corporal, o animal tende a acelerar seu ritmo respiratório. A aceleração do ritmo respiratório acarreta vários efeitos indesejáveis ao animal, como diminuição da reserva alcalina do sangue, uma vez que a grande quantidade de ar inspirado determina uma perda excessiva de dióxido de carbono do sangue, perturbando assim o sistema compensador que evita alterações na acidez do sangue. Por outro lado, a taxa elevada de movimento respiratório implica em grande atividade muscular do animal, a qual aumenta consequentemente a produção de calor,

anulando, em parte, o seu objetivo e acarretando um verdadeiro círculo vicioso e excessivo trabalho dos pulmões e do coração (MEDEIROS; VIEIRA, 1997).

2.5.1 Variáveis fisiológicas e morfológicas de animais

De acordo com Silva (2000), inúmeras características podem ser usadas para atestar a adaptação dos animais ao calor, incluindo parâmetros físicos e fisiológicos. Para Herrera et al. (2008), o clima atua diretamente nos eventos fisiológicos dos animais interferindo em sua saúde, crescimento e reprodução.

A fim de determinar a tolerância de uma raça ao calor, muitas características podem ser medidas. Consequentemente, é necessário analisar a utilidade de se medir essas características de modo a serem confiavelmente distintas para cada raça.

Portanto, é necessário conhecer a tolerância e a capacidade de adaptação das diversas raças como forma de embasamento técnico à exploração ovina, bem como conhecer as propostas de introdução de raças em uma nova região ou mesmo o norteamento de programa de cruzamento, visando à obtenção de tipos e raças mais adequadas a uma condição específica de ambiente.

Segundo McManus et al. (2009), em uma avaliação utilizando ovelhas Bergamácia, Santa Inês e cruzas Santa Inês x Bergamácia, medidas como frequência cardíaca, respiratória, temperatura retal e temperatura superficial apresentaram correlações entre elas.

A temperatura corporal e a frequência respiratória foram descritas como indicadores confiáveis de carga térmica em ovinos (GAUGHAN et al., 2002; BROWN-BRANDL et al., 2005).

Para Marai et al. (2007), o tamanho, a forma e a superfície dos animais são importantes características morfológicas a serem consideradas no equilíbrio térmico corporal. Pequenos animais possuem uma área de superfície proporcionalmente maiores do que os grandes animais e, consequentemente, podem ser mais vulneráveis à temperatura ambiente.

A pele protege o indivíduo do calor e do frio, e sua temperatura depende, principalmente, das condições ambientais, como temperatura, umidade e vento, e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação do suor.

2.6 Índices de avaliação do conforto térmico animal

O ambiente térmico (temperatura, umidade, radiação solar, vento), o corpo do animal e uma escala adequada para expressar numericamente o efeito do ambiente térmico no corpo do animal são os fatores que envolvem a tolerância ao calor ou frio. Normalmente, essa tolerância às condições climáticas é medida no meio ambiente ou no animal. Quando se trata do ambiente, os índices são criados usando fatores como temperatura, umidade, velocidade do vento, carga de radiação, entre outros.

A caracterização dos efeitos ambientais sobre a produtividade animal e seu bem-estar foram assinalados como úteis por meio de índices que combinam vários componentes ambientais (MADER et al., 2010; MADER; DAVIS, 2004, AMUNDSON et al., 2006).

Segundo Moura e Nääs (1993), os índices de conforto térmico conseguem quantificar, em uma única variável, o efeito do estresse térmico sofrido pelos animais a partir das condições meteorológicas prevalentes em um dado momento. Portanto, esses índices se tornam relevantes para os produtores, pois, considerando um único valor, é possível quantificar o estresse térmico a que um animal está sendo submetido, de acordo com as condições meteorológicas predominantes em determinado momento e local.

Para Hahn e Mader (1997), o desenvolvimento de um índice de estresse térmico deve ser baseado em fatores biológicos. A temperatura do ar, a umidade, a velocidade do ar e a radiação térmica são os principais elementos que atuam sobre a sensação térmica animal, sendo, assim, índices de conforto térmico combinando dois ou mais desses elementos tem sido utilizado para avaliar o impacto ambiental sobre os animais. Dessa forma, é possível descrever com maior precisão os efeitos do ambiente sobre a habilidade dos animais de dissipar calor (WEST, 2003).

Os estudos no Brasil são geralmente baseados em índices de Baccari Junior (1990), Índice de Tolerância ao Calor (ITC); Thom (1959), Índice de Temperatura e Umidade (ITU); Buffington, Collazoarocho e Canton (1981), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU); e Barbosa e Silva (1995), Índice de Conforto Térmico (ICT). O ICT foi desenvolvido para avaliar os efeitos ambientais sobre ovinos no Brasil, razão pela qual é o índice mais popular para o estudo da tolerância desses animais ao calor.

Ao longo dos anos, diversos índices para medir a tolerância ao calor foram desenvolvidos. O ITU (THOM, 1959), inicialmente proposto para conforto humano, tem sido amplamente utilizado como um indicador de estresse térmico em animais (MADER; JOHNSON; GAUCHAN, 2010). De acordo com Silva (2000), o ITU leva em consideração uma ponderação para os valores das temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido ou a temperatura do ponto de orvalho. A disponibilidade de dados necessários ao cálculo nas estações meteorológicas torna importante a adoção desse índice.

Buffington, Collazoarocho e Canton (1981) propuseram outro índice, o ITGU (Equação 6). Este índice leva em consideração a radiação térmica e foi desenvolvido para vacas leiteiras criadas a pasto, sendo também confirmada sua superioridade sobre o ITU em ovinos (BARBOSA; SILVA, 1995).

$$ITGU = Tgn + 0{,}36\ Tpo + 41{,}5 \qquad \text{Equação 6}$$

Inúmeras literaturas associam o ITGU às medidas fisiológicas de temperatura retal e de frequência respiratória. Geralmente, tal índice demonstra uma diferença significativa entre os períodos da manhã e da tarde. De acordo com Cezar et al. (2004), estudos com ovinos das raças Cariri, Morada Nova, Barriga Negra e Cara Curta apresentaram temperatura retal de 39,5°C, frequência respiratória de 64,38 movimentos por minuto em ITGU de 75,5 durante o período da manhã. Porém, no período da tarde, apresentaram temperatura retal de 40,0°C, frequência respiratória de 96,47 movimentos por minuto em ITGU de 82,4.

Segundo Souza, Tinôco e Baêta (2002), os valores de ITGU até 74, de 74 a 79, de 79 a 84 e acima de 84 definem, respectivamente, situação de conforto, de alerta, de perigo e de emergência para climas quentes. Cabe ressaltar que essa classificação de ITGU foi elaborada para bovinos e que a literatura nacional e estrangeira não disponibiliza classificação semelhante para a espécie ovina.

O ICT, estimado por Barbosa e Silva (1995) foi desenvolvido especificamente para ovinos, conforme equação 7.

$$ICT = 0{,}6678Ta + 0{,}4969Pp\{ta\} + 0{,}5444Tgn + 0{,}1038vv \qquad \text{Equação 7}$$

Este índice leva em consideração a radiação e o vento como fatores importantes para estes animais. Barbosa e Silva (1995) confirmaram a superioridade deste índice em relação ao ITU e ao ITGU em ovinos da raça Corriedale, Suffolk e Ideal quando em temperatura ambiental variando de 16 a 32°C, ao sol e à sombra, na cidade de Jaboticabal/SP e na cidade chamada Gaúcha/PR. No referido trabalho, foi observado que os animais da raça Ideal mantiveram a homeotermia (39,2°C) até o ICT de 35; por outro lado, os ovinos da raça Suffolk e Corriedale aumentaram sua temperatura retal (TR) a partir de um ICT de 20.

No presente trabalho foram utilizados o ITGU e o ICT para avaliação do conforto térmico em ovinos cruza Ile de France x Texel.

2.6.1 Zona de conforto térmico e temperaturas ambientais críticas

Conforme Baêta e Souza (1997), a caracterização do ambiente térmico animal envolve os efeitos da temperatura, da umidade, da radiação e do vento e pode ser feita por meio de uma única variável, chamada de temperatura efetiva.

Para determinada faixa de temperatura efetiva ambiental, o animal mantém constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios. É a chamada zona de conforto térmico (ZCT) ou de termoneutralidade, em que não há sensação de frio ou calor e o desempenho do animal em qualquer atividade é otimizado.

Baccari Junior (1998) relaciona que os limites para a ZCT são a temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS). Abaixo da TCI, o animal entra em estresse pelo frio e, acima da TCS, sofre estresse pelo calor.

Na figura 4, observa-se que a ZCT é limitada pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos A e A'; a zona de moderado conforto ou de variação nula na produção de calor corporal, pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos B (TCI) e B' (TCS); a zona de homeotermia, pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos C e C'; e a zona de sobrevivência, pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos D e D' (BAÊTA; SOUZA, 1997).

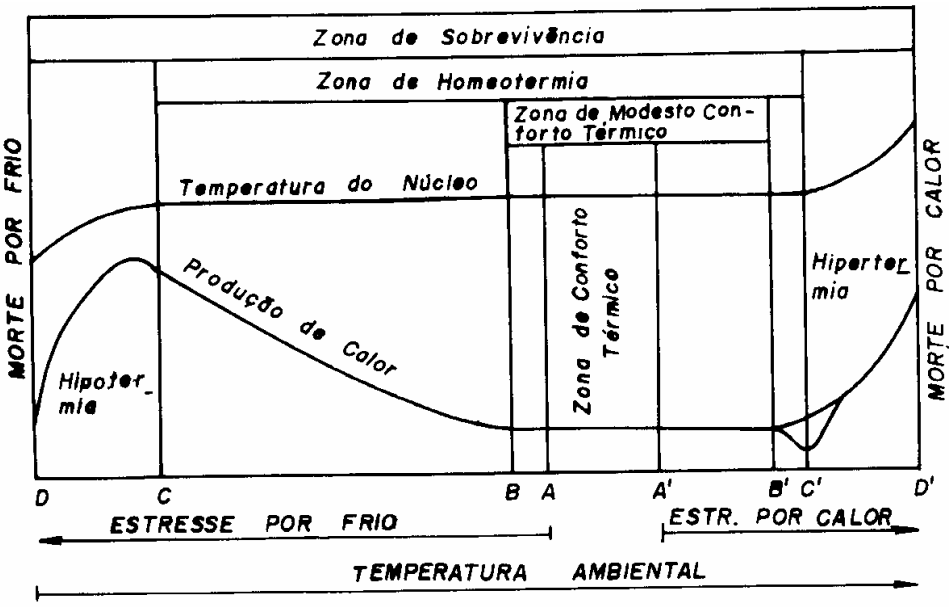


Figura 4 - Representação esquemática simplificada das temperaturas efetivas ambientais críticas.
Fonte: Baêta e Souza (1997).

Abaixo da TCI (Tabela 3), o animal aciona seus mecanismos termorregulatórios para incrementar a produção e a retenção de calor corporal, compensando a perda de calor para o ambiente, que se encontra frio. Nesta faixa, a capacidade do animal de aumentar a taxa metabólica torna-se relevante para a manutenção do equilíbrio homeotérmico. Já abaixo da TCS, o animal aciona seus mecanismos termorregulatórios para auxiliar na dissipação do calor corporal para o ambiente, uma vez que, nessa faixa, a taxa de produção de calor metabólico normalmente aumenta, podendo ocorrer também aumento da temperatura corporal (BAÊTA; SOUZA, 1997).

Tabela 3 - Valores comuns de TCI, de TCS e de temperaturas na ZCT para alguns animais.

Animal	TCI (°C)	ZCT (°C)	TCS(°C)
Recém-nascido:			
bovino	10	18 a 21	26
ovelha	6	25 a 30	34
galinha	34	35	39
humano	23	32 a 34	37
Adulto:			
ovelha	-20	15 a 30	35
galinha	15	18 a 28	32
bovino europeu	-10	-1 a 16	27
bovino indiano	0	10 a 27	35
coelho	10	15 a 25	30
caprino	-20	20 a 30	34
humano	14	19 a 24	27 a 32
Suíno:			
0 - 2 dias	20	32 a 35	38
2 - 4 dias	20	28 a 34	37
4 - 7 dias	18	26	34
7 - 35 dias	12	22 a 28	33
35 - 50 dias	8	18 a 21	30
Terminação	5	15 a 18	27
Final da Gestação	4	10 a 15	27
Lactação	4	12 a 15	27

Fonte: Curtis (1983), Hafez (1968) e Mount (1979), citados por Baêta e Souza (1997).

2.7 Mensuração de temperatura superficial por infravermelho

A termografia infravermelha (TIV) vem assumindo um papel cada vez mais relevante como método não invasivo, seguro e com capacidade de análise em diferentes áreas. Santos e Pereira (2010) fizeram uso da termografia para avaliação das condições de funcionamento e desempenho de máquinas e equipamentos a partir do monitoramento do seu comportamento térmico. Caracterizada como uma das técnicas de inspeção, é chamada de Técnica de Manutenção Preditiva, definida como uma atividade de monitoramento capaz de proporcionar dados suficientes

para uma análise de tendências (LOUVAIN; CABRAL; GOMES, 2010; RIBEIRO; SILVA JUNIOR; DUARTE, 2012). Inúmeros setores aplicam essa técnica, tais como a indústria automobilística, a indústria aeronáutica, a indústria química, aplicações na produção animal, engenharia civil e medicina.

Utilizando o infravermelho como ferramenta avaliadora de estresse térmico, Holst (2000) cita que a TIV é uma técnica na qual se obtém uma imagem que representa a temperatura superficial do animal, sendo uma técnica de sensoriamento remoto que se baseia na detecção da radiação térmica emitida por todos os corpos a temperatura não nula.

A temperatura infravermelha pode detectar alterações no fluxo sanguíneo periférico, podendo ser uma ferramenta útil para avaliar o estresse em animais (STEWART et al., 2005).

Para Bouzida, Bendada e Maldague (2009), a utilização da análise da termografia infravermelha torna possível identificar pontos de valores distintos de temperatura radiante e tem sido valiosa para o reconhecimento de eventos fisiológicos em animais.

Martins (2011) menciona, em seu experimento, que, por uma observação de temperatura superficial com o uso da termografia, é possível determinar o comportamento dos índices de conforto dos animais.

De acordo com Knízková et al. (2007), a emissividade do objeto, a reflectância da temperatura em forma de ondas infravermelhas, a distância entre a câmera e o objeto e a umidade relativa do ar são parâmetros determinantes para a precisão de mensuração de temperatura por parte do aparato fotográfico.

Esse instrumento foi utilizado na presente pesquisa para registrar a temperatura superficial dos animais (vélo) e da construção (piso e cobertura interna).

3 METODOLOGIA

A metodologia descrita a seguir aborda os procedimentos técnicos, instrumentais e metodológicos que foram utilizados para o levantamento de informações das características físicas e ambientais do aprisco do Laboratório de Ovinocultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e das variáveis fisiológica dos animais.

Inicialmente este capítulo aborda a caracterização da pesquisa e a definição do local e do objeto de estudo. Logo após, são definidos os métodos utilizados para as medições das variáveis ambientais, para a verificação das variáveis animais e para a análise do conforto térmico animal.

A pesquisa realizada foi de natureza aplicada, entendendo-se que avaliou um assunto específico. A abordagem utilizada foi quantitativa, levantando informações sobre o conforto térmico do ambiente construído (aprisco) por meio da medição de variáveis ambientais e da verificação das variáveis fisiológicas dos animais. A análise adotada apresentou um caráter descritivo, exploratório e explicativo.

O método deste trabalho foi dividido em três etapas principais:

1. Definição do local e caracterização do objeto de estudo;
2. Levantamento *in loco* de dados das variáveis ambientais e das variáveis fisiológicas dos ovinos para um período crítico de inverno e de verão;
3. Avaliação das condições de conforto térmico em que os animais se encontram.

3.1 Definição do local e caracterização do objeto de estudo

O estudo foi realizado no aprisco do Laboratório de Ovinocultura, pertencente ao Centro de Ciências Rurais da UFSM, entre os dias de 18 e 20 de julho de 2014 para o período de inverno e entre os dias de 30 de janeiro e 1° de fevereiro de 2015 para o período de verão. A edificação em estudo está situada no município de Santa Maria, que está localizada no centro geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, latitude de 29,684ºS e longitude de 53,807ºW, 113m de elevação e distante aproximadamente 290 km da capital Porto Alegre. Inserida na região conhecida como depressão central, sua geografia caracteriza-se pela transição dos morros ao

norte que compõem a Mata Atlântica e o início do Pampa na região Sul do município. Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o clima é temperado úmido, com verão quente, possuindo estações bem definidas e inverno ameno, com chuvas distribuídas em todos os meses ao longo do ano.

A figura 5 demonstra a localização do campus da UFSM.

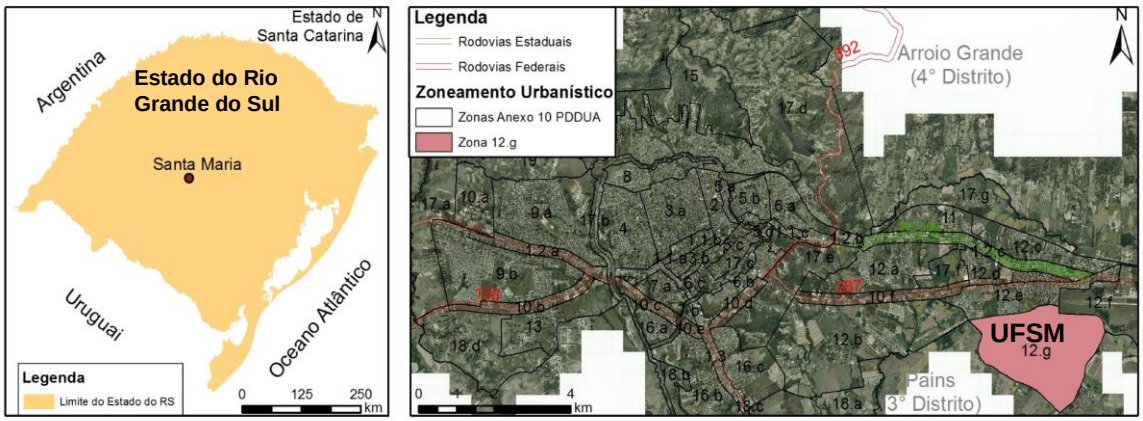


Figura 5 - Localização de Santa Maria e da UFSM.
Fonte: Adaptado de IPLAN-SM (2013).

A figura 6 mostra a localização do aprisco dentro do campus da universidade.

Figura 6 - Localização do aprisco no campus da UFSM.
Fonte: Google Maps (2015).

Como não havia junto à prefeitura universitária o projeto arquitetônico da edificação em estudo, foi feito um levantamento métrico *in loco* do aprisco. Trata-se de uma construção em madeira com área total de aproximadamente 80m^2, elevada a 1,5m do solo, constituída de 9 boxes de aproximadamente 4m^2 cada (podendo ser subdivididos em quatro partes de aproximadamente 1m^2), conforme mostra a figura 7, e um corredor central (14m x 2m). Os fechamentos laterais são feitos em tábuas com espaçamentos de aproximadamente 15cm, de acordo com as figuras 8a, 8b e 8c. A construção dispõe de cobertura em telhas de zinco apoiadas em tesouras de madeira, como demonstrado na figura 9 e piso ripado em madeira, conforme a figura 10. As baias são providas de comedouros de madeira e bebedouros de plástico, porém estes não são fixos nos boxes, podendo ser colocados de acordo com o número de animais presentes em cada baia. Anexo ao aprisco, há uma sala fechada, de 12m^2, para depósito de rações, adubos, sementes e ferramentas.

Figura 7 - Divisão das baias.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 8 - Aprisco analisado.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 9 - Cobertura em telhas de zinco.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 10 - Piso ripado em madeira.
Fonte: Arquivo pessoal.

Na figura 11, consta a planta baixa do aprisco.

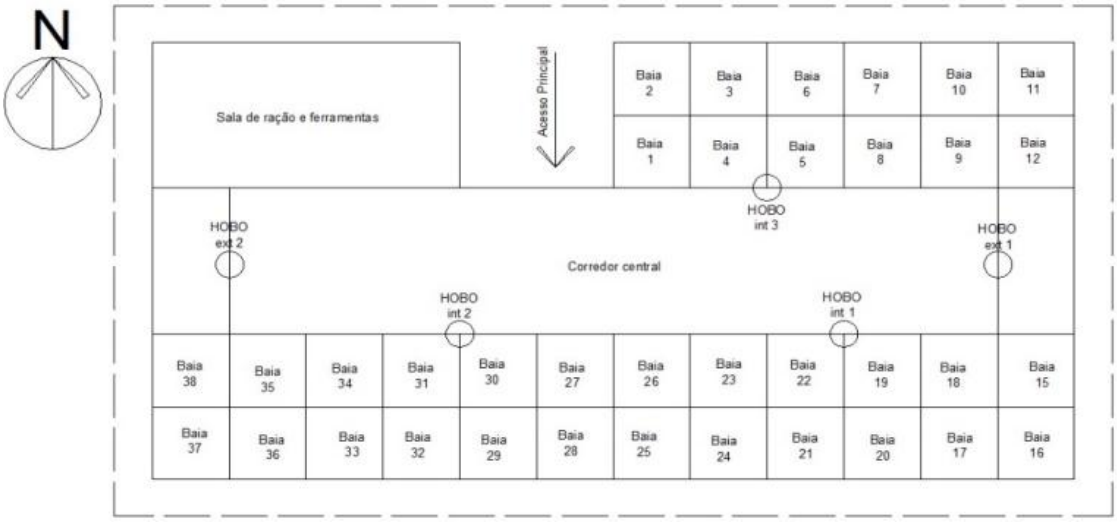


Figura 11 - Planta baixa do aprisco analisado.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.2 Animais e manejo

Para o período típico de inverno, foram utilizadas 24 borregas (animais de 6 a 12 meses) e, para o período típico de verão, foram utilizadas 24 cordeiras (animais de 0 a 6 meses), ambos cruzas de Ile de France com Texel. O padrão de pelagem, em ambos os casos, foi classificado como branco.

O experimento teve duração de dois dias para o período de inverno e de dois dias para o período de verão. Na época de inverno, o trabalho teve início às oito horas do dia 18 de julho de 2015 e encerrou-se às oito horas do dia 20 de julho de 2014. No verão, iniciou às oito horas do dia 30 de janeiro de 2015 e encerrou às oito horas do dia 01 de fevereiro de 2015. Nos dois casos, os animais foram confinados por duas semanas antes do levantamento dos dados para um período de adaptação e, logo após esse tempo, foram realizadas as medições. Os animais receberam água, alfafa *ad libitum* e concentrado disponibilizado nas baias.

3.3 Monitoramento das variáveis ambientais do aprisco

Mediante um levantamento no banco de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), constatou-se que os meses que apresentam as menores

temperaturas de inverno e as maiores temperaturas de verão para a cidade de Santa Maria/RS são julho e janeiro, respectivamente. Portanto, as medições das variáveis ambientais aconteceram em dois períodos distintos, no mês de julho para o período de inverno e no mês de janeiro para o período de verão.

3.3.1 Temperatura interna, temperatura externa e umidade relativa

Entendendo os períodos de medições, foram empregados na edificação 5 sensores registradores de temperatura e umidade relativa (Hobo, Onset Corporation Ltda.), dos quais três fizeram a medição das temperaturas internas e da umidade relativa e dois registraram a temperatura interna e a temperatura externa, sendo que esta foi feita a partir de um cabo anexado, cuja extremidade permaneceu posicionada sob os beirais das fachadas que não recebiam insolação direta. A distribuição dos equipamentos no interior do aprisco deu-se de maneira a abranger o mais uniformemente possível o ambiente da edificação, para que os sensores medissem as temperaturas correspondentes às áreas da edificação com diferentes orientações solares, considerando a afirmação de Delbene e Evans (2006) de que as temperaturas interiores variam consideravelmente em função da orientação da fachada.

Os equipamentos foram programados para realizar as medições no período de 12 dias, de 09 de julho a 20 de julho de 2014 para o período de inverno e de 21 de janeiro a 1° de fevereiro de 2015 para o período de verão, durante 24 horas, registrando as informações a cada 10 minutos. Durante esses períodos, a previsão meteorológica foi acompanhada de forma a se obter as melhores condições que representassem um dia típico de inverno e um dia típico de verão. Para acessar os dados dos sensores, foi utilizado o software BoxCar Pro 4.3. Os sensores registradores de temperatura e umidade (Hobo, Onset Corporation Ltda.) foram instalados a 0,50m do piso ripado (altura média dos animais), conforme detalhe da Figura 12.

Figura 12 - Localização dos registradores de temperatura e umidade relativa.
Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 13 apresenta a foto do aparelho registrador utilizado na pesquisa.

Figura 13 - Registradores de temperatura e umidade relativa.
Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 14 apresenta a planta baixa do aprisco com o posicionamento dos respectivos sensores registradores de temperatura e umidade relativa (Hobo, Onset Corporation Ltda.).

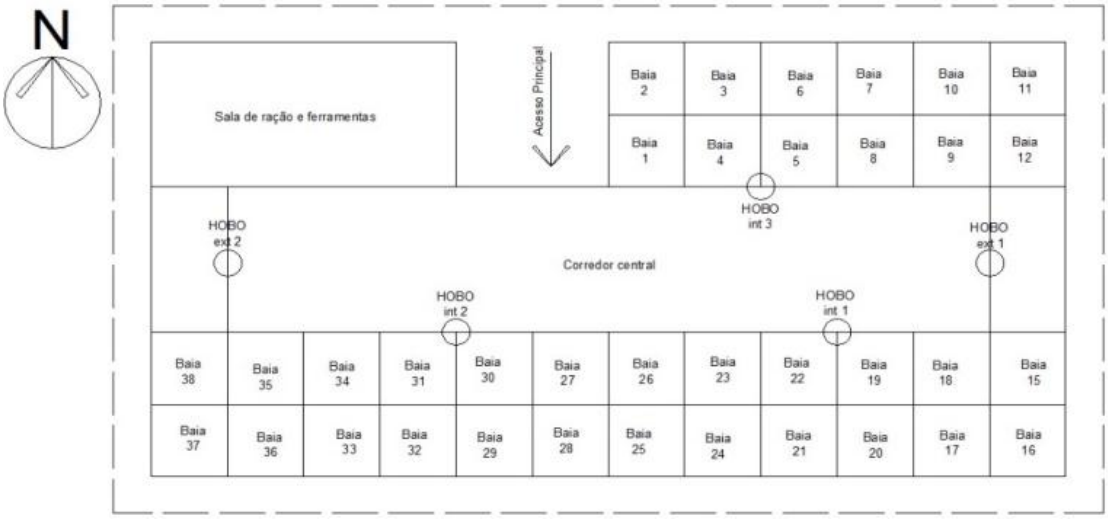


Figura 14 - Planta baixa do aprisco com posição dos sensores internos (Hobo int 1, 2 e 3) e sensores externos (Hobo ext 1 e 2).
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2 Medições da temperatura radiante, temperatura do globo negro e velocidade do ar

As variáveis de temperatura radiante, temperatura do globo negro e velocidade do ar foram realizadas em um período de dois dias, de hora em hora, iniciando às oito horas do dia 18 de julho de 2014 e estendendo-se até às oito horas do dia 20 de julho de 2014, para o período de inverno, e das oito horas do dia 30 de janeiro de 2015 às 08:00 horas do dia 1° de fevereiro de 2015, para o período de verão. Foram escolhidos esses dias dentro do período maior observando-se a previsão do tempo, de forma a escolher os dias que representassem um período crítico de inverno e verão. A velocidade do ar e a temperatura média radiante foram medidas pelo aparelho Analisador Climático Interno (*Indoor Climate Analyzer*) da marca Bruel & Kjaer, tipo 1213, posicionado ao centro do aprisco, a 0,50m de altura do piso do aprisco, de forma a ficar na altura média dos animais. O aparelho consiste em um tripé no qual foram fixados os sensores ligados a um analisador. A leitura dos dados foi feita manualmente. As figuras 15 e 16 mostram o equipamento utilizado. A temperatura do globo negro foi verificada em intervalos de uma hora com um Termômetro de Globo Digital TGD 100 da Instrutherm (Figura 17).

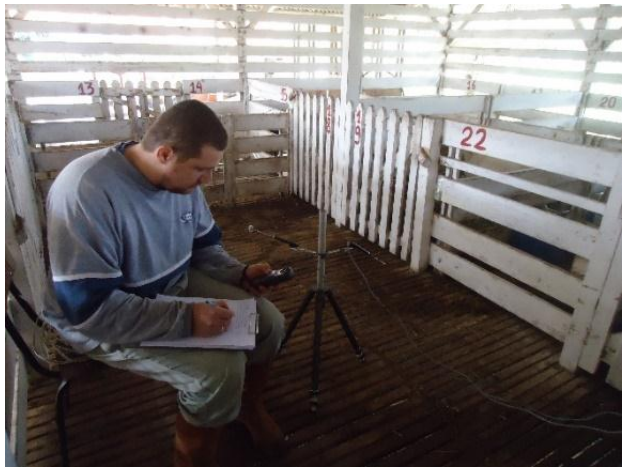


Figura 15 - Tripé com sensores.
Fonte: Arquivo pessoal.

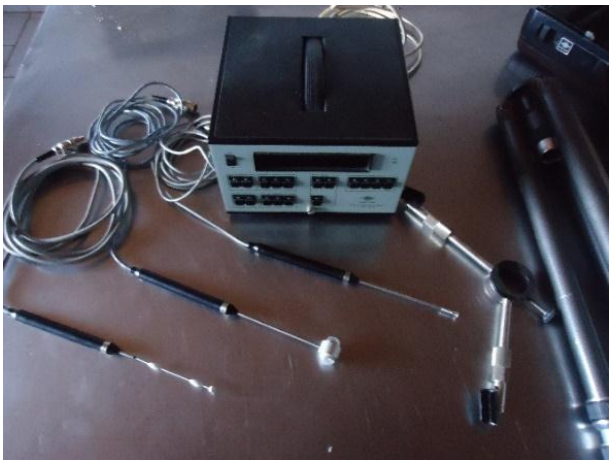


Figura 16 - Analisador climático.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 17 - Termômetro de Globo Negro.
Fonte: Arquivo pessoal.

Para a obtenção da temperatura do ponto de orvalho e da pressão parcial de vapor, variáveis necessárias ao cálculo dos índices, foi utilizado o *software* PsychroCalc versão 1.1.0 – G&P Engineering Software (Figura 18).

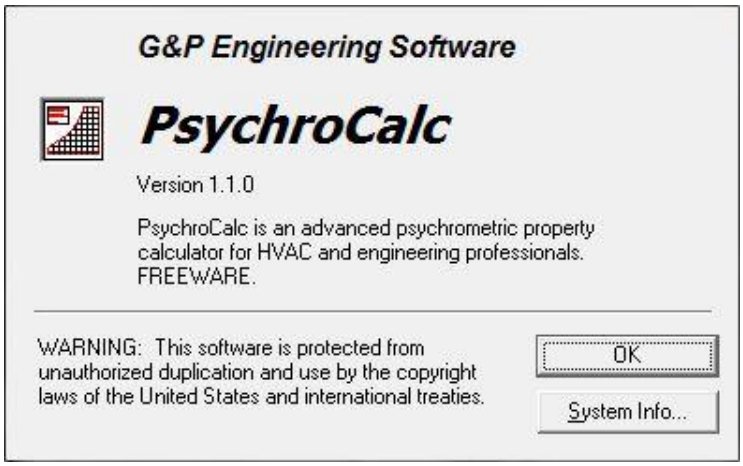
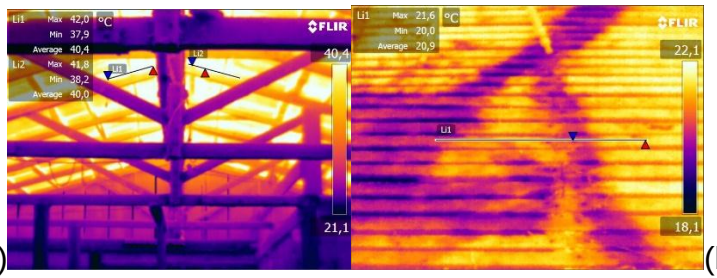


Figura 18 - Software PsychroCalc.

A partir das medições registradas, foi elaborada em planilha da média dos dados para realização da análise das condições de conforto térmico do aprisco.

3.3.3 Obtenção das imagens termográficas

A temperatura interna da cobertura em telha de zinco (a) e do piso ripado em madeira (b) - (Figura 19) foram registrados de hora em hora com o uso de uma Câmera termográfica de infravermelho FLIR, modelo T450sc (Figura 20), sempre registrando essas imagens com a mesma distância entre câmera e objeto. Posteriormente, utilizou-se o software QuickReport®/FLIR- Systems para a coleta de dados das imagens termográficas.

(a) 

(b)

Figura 19 - Temperaturas superficiais da cobertura (a) e do piso ripado (b).
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 20 - Câmera termográfica de infravermelho FLIR, modelo T450sc.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.4 Medição das variáveis fisiológicas animais

As medições das variáveis fisiológicas animais, incluindo temperatura retal, temperatura da epiderme, temperatura da superfície da lã (vélo) e frequência respiratória aconteceram nos mesmos períodos de inverno e verão (julho e janeiro), nos quais foram medidas as temperaturas radiante, de globo negro e superficiais e a velocidade do vento.

Para a verificação dessas variáveis, foram utilizados 24 borregas, cruza de Ile de France x Texel, pertencentes ao Laboratório de Ovinocultura da UFSM, dispostos aleatoriamente nas baias no interior do aprisco. Esses ovinos foram confinados para adaptação por um período de 12 dias antes do experimento.

As medições de temperatura retal, temperatura da epiderme e temperatura superficial da lã (vélo) foram feitas nos animais próximos aos aparelhos sensores registradores de temperatura e umidade relativa (Hobo, Onset Corporation Ltda.) (baias 9,19, 22,31,34 e 35). Em intervalos de quatro horas eram verificadas a temperatura retal desses animais, com o auxílio de um termômetro veterinário, o qual era introduzido no reto do animal por um período de dois minutos (Figura 21). A temperatura da epiderme desses ovinos foi verificada com o auxílio de um termômetro de contato, que foi utilizado de forma com que a extremidade do aparelho fosse encostada na epiderme do animal (abaixo da superfície da lã na região lombar), conforme figura 22. Em intervalos de uma hora era registrada a

temperatura superficial (vélo) dos animais com o uso da Câmera termográfica (Figura 23). A ferramenta Linha do *software FLIR Tools*, para obtenção da temperatura em formato de linha, foi utilizada para obter a média de temperatura na região lombar dos animais analisados. Essas imagens foram registradas mantendo sempre a mesma distância entre o aparelho e o animal.

Figura 21 - Temperatura retal.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 22 - Temperatura da epiderme.
Fonte: Arquivo pessoal.

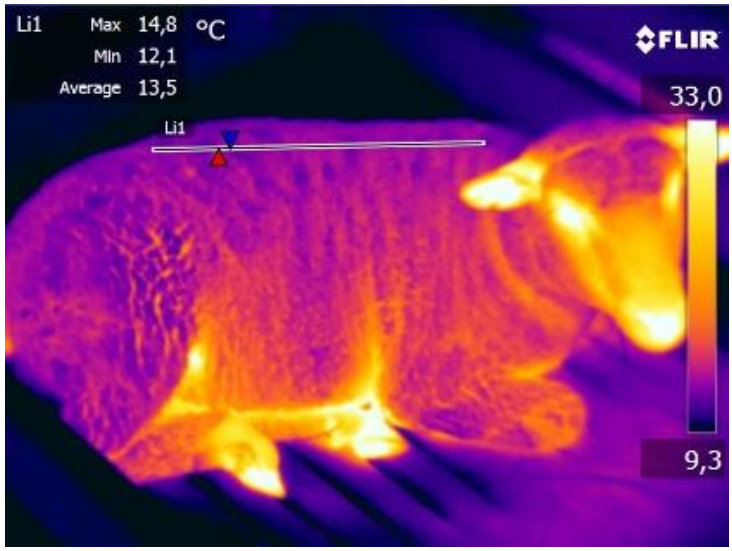


Figura 23 - Temperatura superficial (vélo).
Fonte: Arquivo pessoal.

Nesta etapa, foram também realizadas medidas da frequência respiratória, fazendo-se a contagem do número de movimentos respiratórios, observando o flanco do animal, por 15 segundos, com o auxílio de um cronômetro. Para determinar o número de movimentos por minutos, multiplicou-se o valor obtido por quatro.

3.5 Cálculo dos índices – ITGU e ICT

Com os levantamentos realizados, foi calculado o ITGU e ICT. O ITGU foi determinado pela expressão proposta por Buffington, Collazoarocho e Canton (1981) (Equação 6), enquanto o ICT foi estimado de acordo com a fórmula proposta por Barbosa e Silva (1995) (Equação 7):

$$ITGU = Tgn + 0{,}36\ Tpo + 41{,}5 \qquad \text{Equação 6}$$

Onde:

Tgn é a temperatura de um globo negro colocado no mesmo local de um animal (ºC);

Tpo é a temperatura do ponto de orvalho (ºC).

$$ICT = 0{,}6678Ta + 0{,}4969Pp\{ta\} + 0{,}5444Tgn + 0{,}1038vv \qquad \text{Equação 7}$$

Onde:

Ta é a temperatura do ar (ºC);

Pp{ta} é a pressão parcial de vapor (kPa);

Tgn é a temperatura do globo negro (ºC);

vv é a velocidade dos ventos (m/s).

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos durante os períodos de experimento de inverno e verão, envolvendo dados das variáveis ambientais e animais.

4.1 Variáveis ambientais e animais

Este capítulo trata dos períodos de levantamento de dados, apresentando a média das temperaturas externas, temperaturas internas, temperatura radiante e umidade relativa. Também foram demonstradas a temperatura de globo negro, a velocidade do vento e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e o índice de conforto térmico (ICT). Além disso, foram apresentadas a temperatura retal, frequência respiratória, temperatura da epiderme e temperatura superficial (vélo) através de imagem termográfica de um dos animais (baia 31).

4.1.1 Período de inverno

A tabela 4 traz as médias de temperatura externa, das temperaturas internas, umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura radiante, temperatura de globo negro, ITGU e ICT. Para a temperatura externa, houve uma variação de 5,95°C a 19,42°C; para a temperatura interna, houve uma variação de 7,83°C a 18,15°C. A umidade relativa no interior do aprisco manteve-se no intervalo de 47,59% a 84,10%. A velocidade do vento variou de 0,02 m/s a 0,27m/s. A temperatura média radiante ficou entre 7,60°C e 19,30°C enquanto a temperatura de globo negro alcançou valores entre 7,73°C e 18,35°C. O índice de temperatura de globo negro e umidade variou de 56,12 a 65,55 enquanto o índice de conforto térmico variou entre 10,60 e 23.

Tabela 4 - Médias da temperatura externa, interna, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura média radiante, temperatura de globo negro, ITGU e ICT de inverno.

Data	***Hora***	***Temp. Ext. (°C)***	***Temp. Int. (°C)***	***UR Int. (%)***	***vv Int. (m/s)***	***TMR Int. (°C)***	***Tgn Int. (°C)***	***ITGU Int.***	***ICT Int.***
18/jul	08:00	11,25	12,36	82,85	0,17	12,35	12,35	60,63	16,03
	09:00	12,03	12,48	82,73	0,27	12,40	12,45	60,70	16,18
	10:00	13,38	13,25	82,06	0,17	13,60	13,42	61,66	17,21
	11:00	14,21	14,02	77,26	0,19	15,15	14,55	62,59	18,28
	12:00	15,36	14,85	70,93	0,13	15,90	15,39	63,33	19,28
	13:00	16,00	15,52	65,58	0,3	16,05	15,74	63,49	19,89
	14:00	17,08	16,25	60,73	0,25	17,50	16,80	64,45	20,94
	15:00	17,65	16,67	56,64	0,17	16,55	16,61	64,20	21,11
	16:00	17,39	16,67	55,50	0,17	18,20	17,41	65,01	21,56
	17:00	16,44	16,32	55,22	0,16	15,90	16,11	63,76	20,65
	18:00	13,89	15,49	57,56	0,17	14,80	15,16	62,86	19,58
	19:00	12,55	14,41	61,68	0,08	13,85	14,09	61,92	18,29
	20:00	12,16	13,96	63,24	0,09	13,15	13,51	61,39	17,68
	21:00	12,10	13,54	64,29	0,08	13,40	13,46	61,33	17,36
	22:00	11,77	13,19	64,21	0,05	13,20	13,20	61,09	16,99
	23:00	11,84	13,09	64,48	0,09	12,95	13,01	60,89	16,82
19/jul	0:00	11,58	12,77	66,19	0,13	12,50	12,63	60,54	16,40
	01:00	11,45	12,71	67,02	0,17	12,80	12,75	60,64	16,41
	02:00	11,25	12,36	66,21	0,11	12,50	12,43	60,33	16,01
	03:00	10,60	12,00	66,97	0,1	12,15	12,08	60,01	15,59
	04:00	10,28	11,77	68,03	0,09	11,80	11,79	59,72	15,27
	05:00	9,03	11,09	70,10	0,1	10,65	10,85	58,82	14,31
	06:00	8,03	10,21	73,37	0,11	9,70	9,94	58,04	13,27
	07:00	7,63	9,65	75,93	0,13	9,05	9,35	57,52	12,59
	08:00	8,10	9,45	77,94	0,25	8,90	9,22	57,47	12,43
	09:00	11,44	10,63	79,18	0,04	11,90	11,45	59,70	14,40
	10:00	14,02	12,87	72,23	0,2	14,10	13,43	61,40	16,90
	11:00	15,42	14,41	66,88	0,3	16,35	15,21	62,97	18,85
	12:00	16,51	15,65	60,71	0,2	16,30	15,95	63,57	20,06
	13:00	17,46	16,38	54,61	0,2	18,00	17,14	64,56	21,17
	14:00	18,66	17,27	51,38	0,2	19,30	18,22	65,50	22,31
	15:00	19,17	18,03	49,13	0,21	18,70	18,34	65,52	22,87
	16:00	19,42	18,15	47,59	0,23	18,60	18,35	65,55	22,99
	17:00	17,58	17,84	50,46	0,16	17,60	17,72	65,13	22,49
	18:00	13,64	16,44	60,05	0,09	15,70	16,03	63,78	20,68
	19:00	12,29	15,01	64,43	0,06	13,60	14,16	61,99	18,70
	20:00	10,60	13,64	67,88	0,11	13,05	13,33	61,26	17,36
	21:00	9,55	12,61	71,07	0,08	12,25	12,41	60,46	16,20
	22:00	9,23	11,74	73,44	0,07	10,85	11,22	59,32	14,98
	23:00	8,43	10,99	74,97	0,07	10,55	10,74	58,86	14,21
20/jul	00:00	7,76	10,31	76,73	0,11	10,30	10,30	58,51	13,55
	01:00	7,36	9,75	78,38	0,04	9,75	9,75	58,02	12,89
	02:00	7,23	9,29	79,66	0,04	8,75	8,94	57,26	12,16
	03:00	6,89	8,93	80,69	0,03	8,00	8,31	56,64	11,57
	04:00	6,83	8,63	81,57	0,15	8,80	8,71	57,07	11,62
	05:00	6,49	8,40	81,97	0,02	8,50	8,47	56,83	11,31
	06:00	6,35	8,20	83,19	0,01	8,25	8,24	56,62	11,06
	07:00	5,95	7,83	82,83	0,09	7,85	7,84	56,23	10,61
	08:00	6,89	7,93	84,10	0,05	7,60	7,73	56,12	10,60

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A tabela 5 demonstra o amortecimento térmico da cobertura do aprisco para o período de inverno, que ficou abaixo de 30%.

Tabela 5 - Amortecimento térmico de inverno.

Data/Hora	***Δti***	***Δte***	***μ***
18 – 19/jul			
08:00 - 08:00	7,22	10,02	0,28
			28%
19 – 20/jul			
08:00 - 08:00	10,32	13,47	0,23
			23%

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

O gráfico 2 demonstra a relação entre a média da temperatura externa, temperatura interna, temperatura média radiante e temperatura de globo negro.

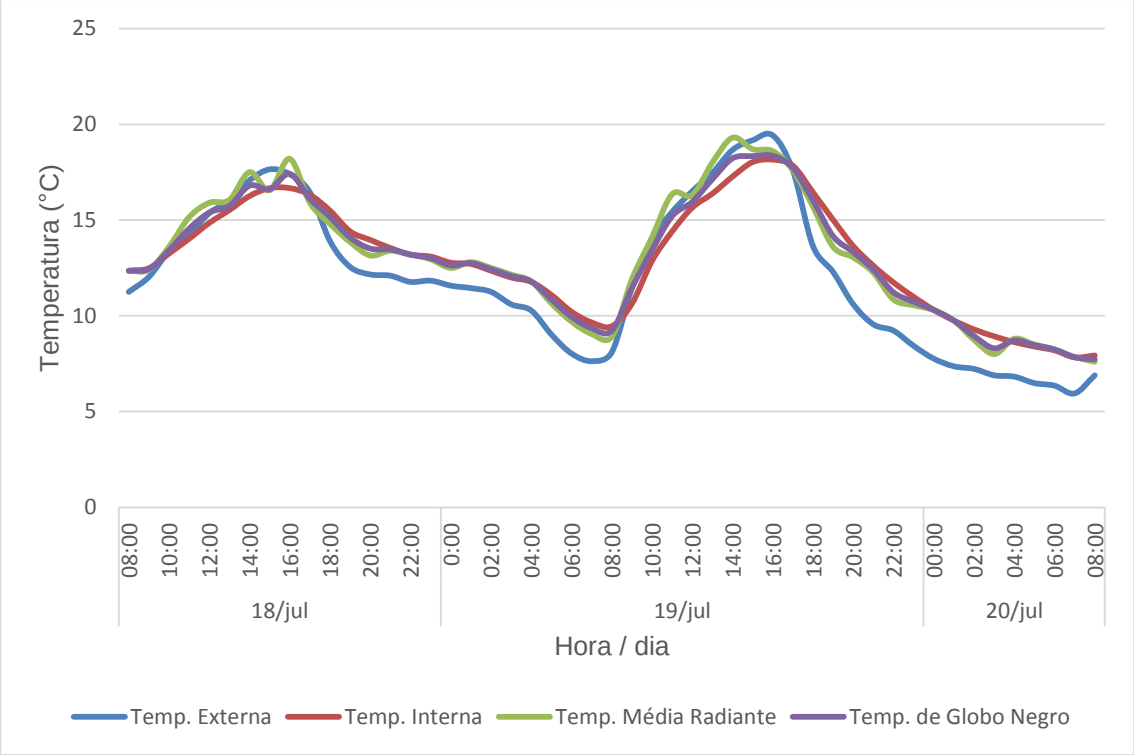


Gráfico 2 - Temperatura externa, interna, média radiante e de globo negro (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico 3 demonstra o comportamento da velocidade do vento no interior do aprisco durante o período de inverno, que teve seus valores entre 0,02 e 0,27m/s.

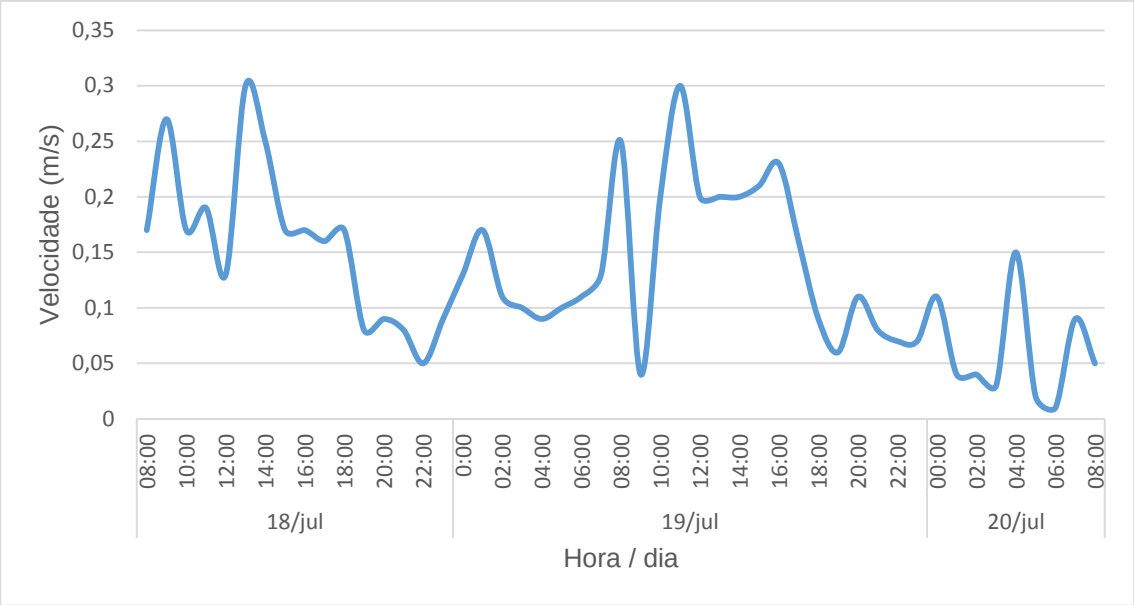


Gráfico 3 - Velocidade do Vento (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico 4 demonstra o comportamento da umidade relativa no interior do aprisco no período do inverno, que se manteve entre 47,59 e 84,10%.

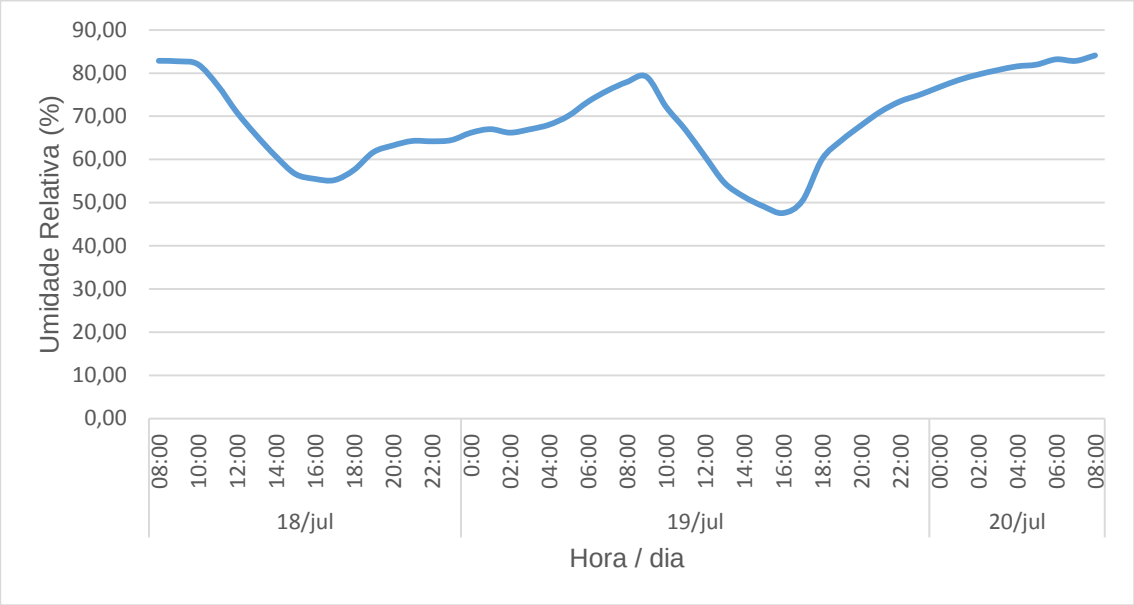


Gráfico 4 - Umidade Relativa (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A tabela 6 demonstra valores de temperatura retal, frequência respiratória, temperatura da epiderme e temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31. A temperatura retal desse animal variou de 37°C a 38,5°C enquanto a temperatura da sua epiderme ficou entre 32,20°C e 34,20°C. Sua temperatura superficial (vélo)

oscilou entre 11,4°C e 22,1°C. Esse mesmo animal teve sua frequência respiratória variando de 32 a 48 mov/min.

Tabela 6 - Temperatura retal, Frequência Respiratória, Temperatura da Epiderme de ovinos e Temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31 (inverno).

Data	***Hora***	***Temp Retal (°C)***	***Freq.Resp. (mov/min)***	***Temp. Epiderme (°C)***	***Temp. Superf. vélo (°C)***
18/jul	08:00	37,0	32	34,2	13,6
	12:00	38,0	44	34,1	20,9
	16:00	38,5	48	34,0	20,2
	20:00	38,0	48	33,2	17,1
19/jul	0:00	38,0	48	32,7	16,0
	04:00	37,5	44	32,2	13,5
	08:00	38,0	48	33,0	16,2
	12:00	38,5	44	33,5	19,9
	16:00	38,5	32	34,1	22,1
	20:00	38,5	44	34,0	16,7
20/jul	00:00	38,0	48	33,7	13,7
	04:00	37,5	44	32,8	11,4
	08:00	38,0	44	32,9	13,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A figura 24 demonstra uma imagem termográfica do animal da baia 31, na qual foi aplicada a ferramenta linha do *software FLIR Tools* para obtenção de temperatura média na região lombar desse ovino. Os demais animais foram avaliados da mesma forma.

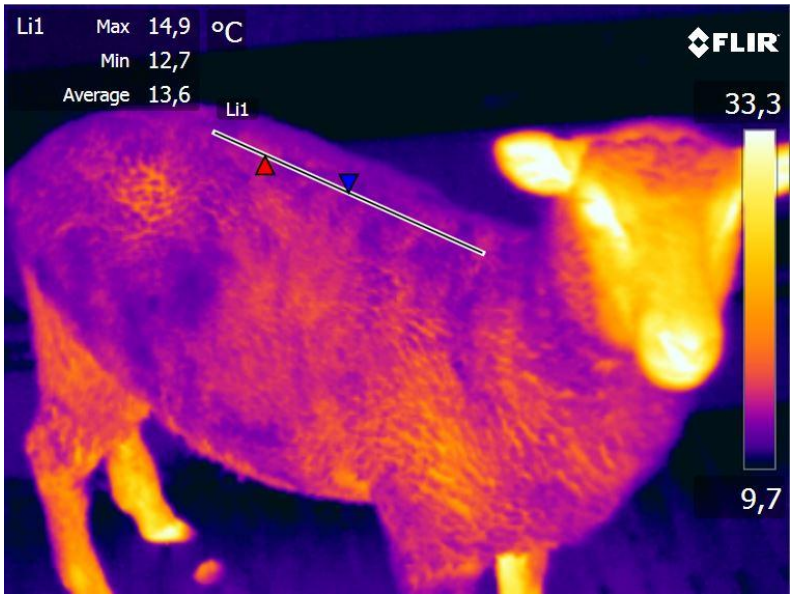


Figura 24 - Imagem termográfica (inverno).
Fonte: Arquivo pessoal.

A tabela 7 demonstra a média dos valores de temperatura da cobertura, que variaram entre -4,4°C e 25,2°C.

Tabela 7 - Temperatura média da cobertura (inverno).

Data	***Hora***	***Temp. Média cobertura (°C)***
18/jul	08:00	4,1
	12:00	20,1
	16:00	16,7
	20:00	8,1
19/jul	0:00	6,5
	04:00	1,6
	08:00	4,2
	12:00	25,2
	16:00	19,8
	20:00	6,2
20/jul	00:00	-1,7
	04:00	3,6
	08:00	-4,4

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A figura 25 demonstra uma imagem termográfica da cobertura do aprisco, na qual foi aplicada a ferramenta linha do *software FLIR Tools* para obtenção de temperatura média da cobertura.

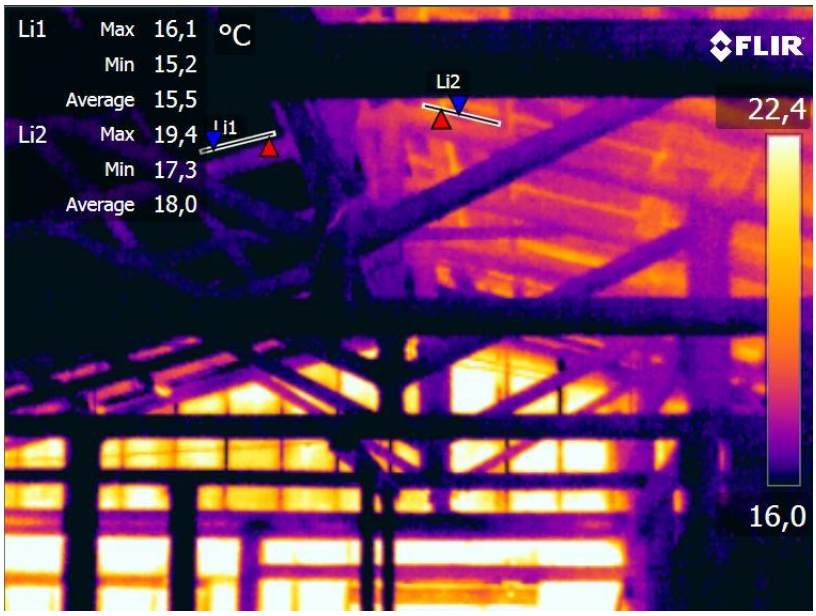


Figura 25 - Imagem termográfica da cobertura do aprisco (inverno).
Fonte: Arquivo pessoal.

4.1.2 Período de verão

A tabela 8 expõe as médias de temperatura externa, das temperaturas internas, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura radiante, temperatura de globo negro, ITGU e ICT. Para a temperatura externa, houve uma variação de 16,44°C a 28,05°C; para a temperatura interna, houve uma variação de 17,05°C a 27,72°C. A umidade relativa manteve-se no intervalo de 50,55% a 83,22%. A velocidade variou de 0,06 m/s a 0,32m/s. A temperatura média radiante ficou entre 17,30°C e 29,75°C, enquanto a temperatura de globo negro alcançou valores entre 17,80°C e 28,40°C. O ITGU e a umidade relativa variou de 66,20 a 76,34, enquanto o ICT variou entre 22,25 e 35,04.

Tabela 8 - Médias da temperatura externa, interna, velocidade do vento, temperatura média radiante, temperatura de globo negro, ITGU e ICT de verão.

Data	*Hora*	*Temp. Ext. (°C)*	*Temp. Int. (°C)*	*UR Int. (%)*	*vv Int. (m/s)*	*TMR Int. (°C)*	*Tgn Int. (°C)*	*ITGU Int.*	*ICT Int.*
30/jan	08:00	16,44	17,05	82,14	0,13	17,30	17,8	66,20	22,25
	09:00	18,47	17,96	80,18	0,27	18,55	18,5	66,83	23,31
	10:00	21,9	19,46	75,23	0,07	20,45	19	67,17	24,68
	11:00	23,56	21,17	70,09	0,12	23,65	21,8	69,82	27,41
	12:00	24,27	22,64	67,34	0,16	24,45	22,5	70,44	28,72
	13:00	25,69	24,27	62,50	0,25	26,25	25,5	73,31	31,41
	14:00	26,73	25,60	57,86	0,16	27,75	26,2	73,85	32,58
	15:00	27,59	26,48	53,86	0,10	28,95	27,4	74,91	33,77
	16:00	27,39	27,12	52,55	0,20	29,35	28,2	75,67	34,51
	17:00	27,39	26,93	51,35	0,18	28,75	27,7	75,14	34,05
	18:00	26,86	26,96	50,55	0,16	28,75	27,4	74,81	33,76
	19:00	25,76	26,47	51,63	0,11	28,00	27,3	74,78	33,31
	20:00	23,82	25,11	56,86	0,06	26,15	25,7	73,42	31,44
	21:00	22,16	23,47	62,18	0,12	23,30	23,1	71,01	28,99
	22:00	21,08	22,35	66,45	0,10	22,00	21,6	69,63	27,51
	23:00	20,38	21,65	68,79	0,12	21,40	21,1	69,19	26,87
31/jan	0:00	20,13	21,24	71,09	0,18	21,05	20,9	69,05	26,53
	01:00	19,68	20,70	73,40	0,10	20,65	20,6	68,81	25,99
	02:00	19,1	20,16	75,73	0,10	19,85	19,6	67,86	25,11
	03:00	18,53	19,55	77,17	0,07	19,05	18,9	67,21	24,35
	04:00	18,28	19,17	78,60	0,13	18,90	18,8	67,14	24,05
	05:00	17,84	18,82	79,84	0,04	18,55	18,6	66,97	23,73
	06:00	17,58	18,47	81,05	0,09	18,15	18	66,39	23,12
	07:00	17,71	18,28	81,59	0,25	18,00	18	66,40	23,13
	08:00	18,53	18,69	83,22	0,20	18,60	18,4	66,82	23,65
	09:00	20,44	19,81	82,25	0,18	20,65	20	68,38	25,31
	10:00	21,71	20,86	78,43	0,14	22,05	21,4	69,67	26,82
	11:00	22,48	21,59	75,82	0,28	24,15	22	70,21	27,57
	12:00	25,69	23,60	71,00	0,18	22,75	21,9	69,96	29,01
	13:00	27,45	25,37	64,99	0,25	28,40	26,3	74,18	32,55
	14:00	28,05	26,70	61,58	0,32	29,75	28,4	76,19	34,51
	15:00	28,05	27,26	60,68	0,20	29,70	28,2	75,96	34,69
	16:00	27,72	27,52	59,85	0,25	29,80	28,6	76,34	35,04
	17:00	27,91	27,59	58,41	0,14	28,85	27,7	75,41	34,54
	18:00	27,19	27,72	57,15	0,14	29,25	28,4	76,08	34,87
	19:00	26,08	27,06	58,99	0,16	27,70	26,2	73,96	33,16
	20:00	24,72	25,96	62,73	0,23	26,55	26,4	74,30	32,52
	21:00	23,37	24,69	66,77	0,11	24,40	24,3	72,33	30,57
	22:00	22,67	23,73	69,88	0,07	23,45	23,4	71,52	29,49
	23:00	22,09	23,28	73,13	0,12	22,95	22,8	71,00	28,92
01/fev	00:00	21,65	22,73	75,38	0,05	22,75	22,6	70,86	28,44
	01:00	21,39	22,22	77,64	0,10	21,95	22	70,31	27,83
	02:00	20,95	21,87	79,32	0,10	21,85	21,8	70,15	27,47
	03:00	20,95	21,71	81,05	0,09	21,65	21,6	69,98	27,37
	04:00	20,82	21,71	82,80	0,10	21,50	21,4	69,82	27,26
	05:00	20,76	21,71	82,90	0,09	21,55	21,5	69,92	27,32
	06:00	20,82	21,71	83,60	0,10	21,65	21,7	70,12	27,43
	07:00	21,2	21,74	83,76	0,10	21,85	21,8	70,23	27,48
	08:00	21,77	22,06	83,93	0,21	22,15	21,9	70,33	27,76

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A tabela 9 demonstra o amortecimento térmico da cobertura do aprisco para o período de verão, que ficou abaixo de 10%.

Tabela 9 - Amortecimento térmico de verão.

Data/Hora	***Δti***	***Δte***	***μ***
30 – 31/jan			
08:00 - 08:00	10,07	11,15	0,10
			10%
31/jan – 01/fev			
08:00 - 08:00	9,03	9,52	0,05
			5%

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

O gráfico 5 demonstra a relação entre a média da temperatura externa, temperatura interna, temperatura média radiante e temperatura de globo negro.

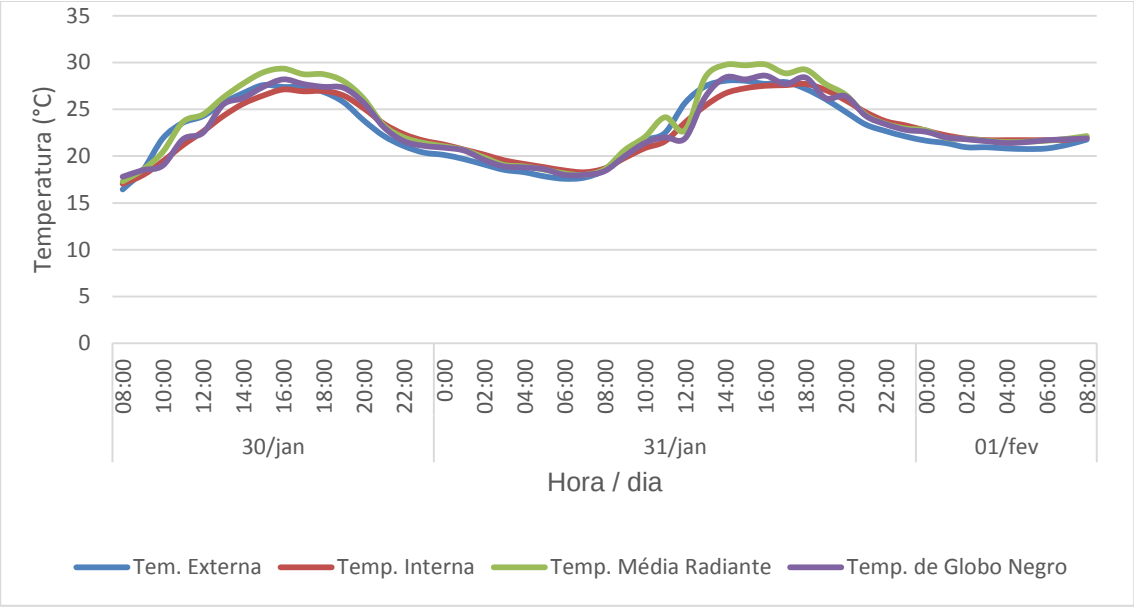


Gráfico 5 - Temperatura externa, interna, radiante e de globo negro (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico 6 demonstra o comportamento da velocidade do vento no interior do aprisco durante o período de verão, alternando de 0,06 a 0,32m/s.

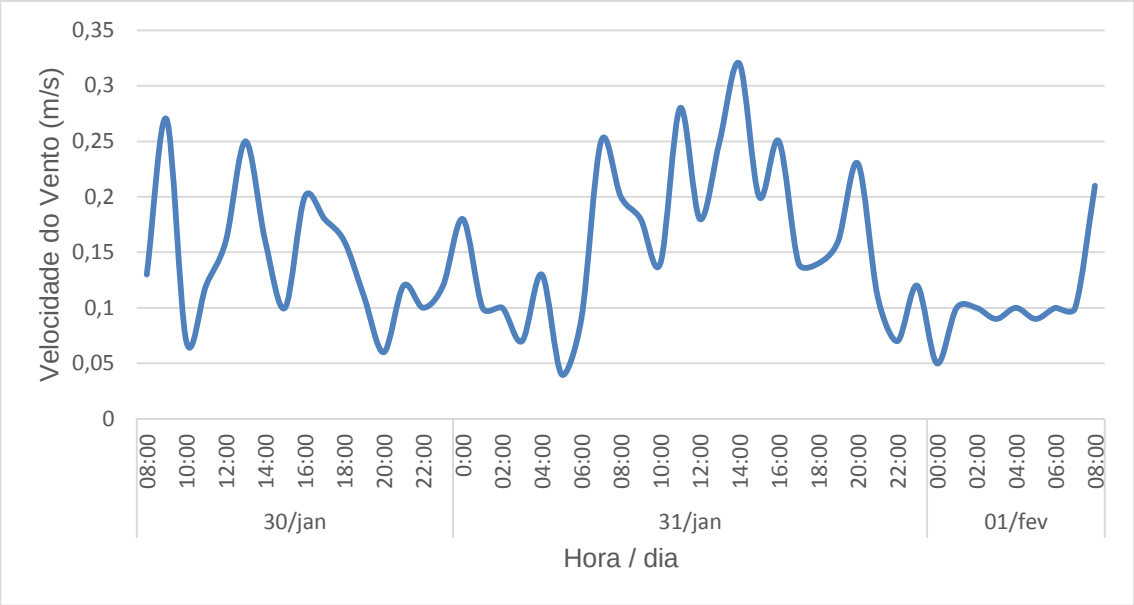


Gráfico 6 - Velocidade do vento (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico 7 demonstra o comportamento da umidade relativa no interior do aprisco durante o período de verão que se manteve entre 50,55 e 83,22%.

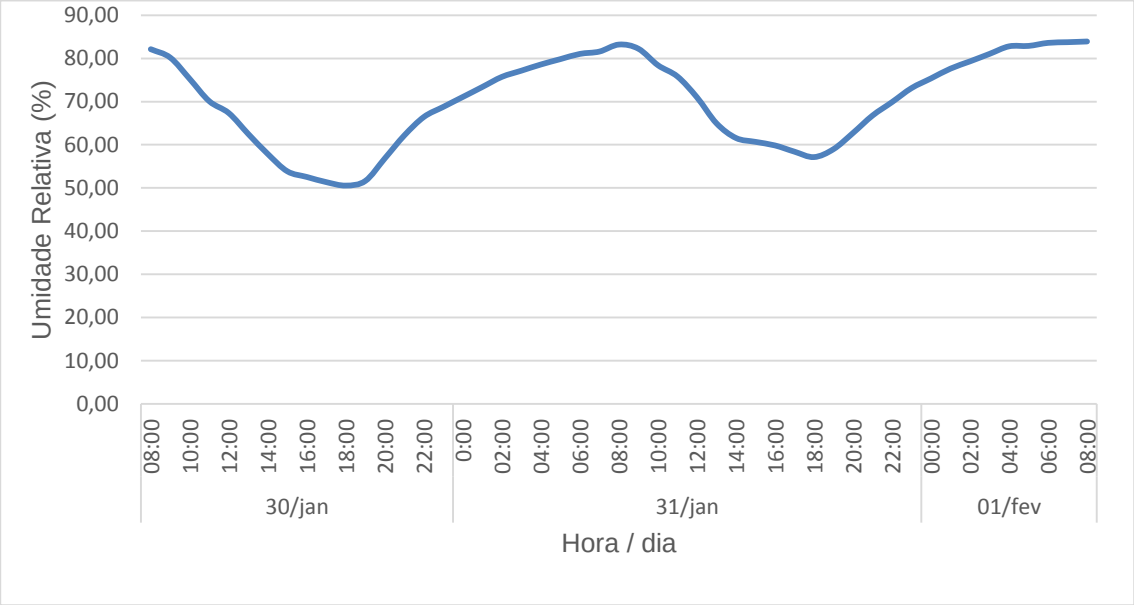


Gráfico 7 - Umidade Relativa (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A tabela 10 demonstra valores de temperatura retal, frequência respiratória, temperatura da epiderme e temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31. A temperatura retal desse animal variou de 38°C a 39,5°C enquanto a temperatura da

epiderme ficou entre 35,10°C e 38,10°C. Esse mesmo animal teve frequência respiratória que variou de 60 a 176 mov/min.

Tabela 10 - Temperatura retal, Frequência Respiratória, Temperatura da Epiderme de ovinos e Temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31 (verão).

Data	***Hora***	***Temp Retal (°C)***	***Freq.Resp. (mov/min)***	***Temp. Epiderme (°C)***	***Temp. Superf. vélo (°C)***
30/jan	08:00	38,0	60	35,1	19,6
	12:00	38,5	96	36,3	28,9
	16:00	39,0	156	36,8	32,5
	20:00	39,0	120	36,3	24,9
31/jan	0:00	38,5	48	35,9	22,7
	04:00	38,5	60	35,7	20,9
	08:00	38,5	64	35,2	23,3
	12:00	39,0	192	36,7	30,4
	16:00	39,5	112	38,1	32,0
	20:00	39,0	176	38,0	26,0
01/fev	00:00	39,0	72	36,5	23,6
	04:00	38,5	64	35,2	24,1
	08:00	38,5	100	36,1	28,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A figura 26 demonstra uma imagem termográfica do animal da baia 31, na qual aplicado a ferramenta linha do *software FLIR Tools* para obtenção de temperatura média na região lombar desse ovino. Os demais animais foram avaliados da mesma forma.

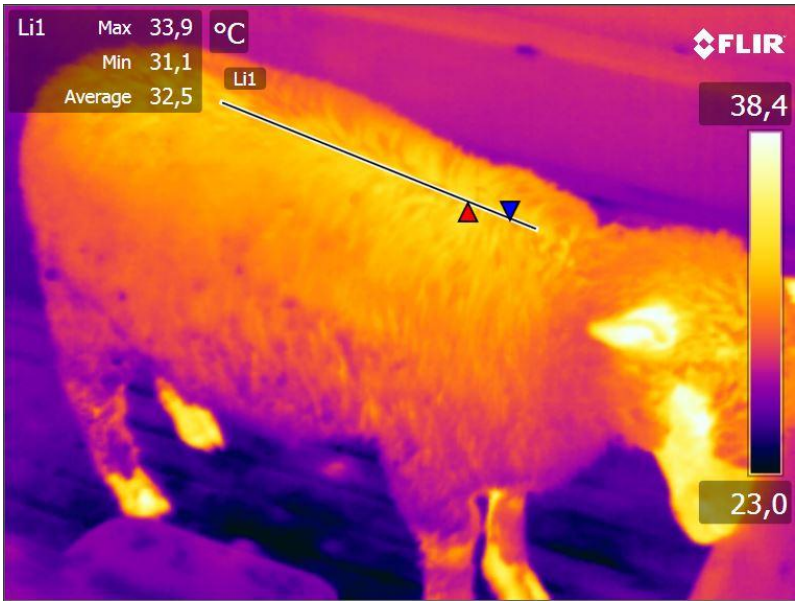


Figura 26 - Imagem termográfica do animal da baia 31 (verão).
Fonte: Arquivo pessoal.

A tabela 11 demonstra a média dos valores de temperatura da cobertura, que variaram entre 13,3°C e 60,6°C.

Tabela 11 - Temperatura média da cobertura (verão).

Data	***Hora***	***Temp. Média cobertura (°C)***
30/jan	08:00	19,7
	12:00	52,0
	16:00	50,8
	20:00	22,5
31/jan	0:00	16,7
	04:00	13,3
	08:00	26,7
	12:00	60,6
	16:00	47,5
	20:00	24,6
01/fev	00:00	19,8
	04:00	14,8
	08:00	40,5

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A figura 27 demonstra uma imagem termográfica da cobertura do aprisco, na qual foi aplicado a ferramenta linha do *software FLIR Tools* para obtenção de temperatura média da cobertura.

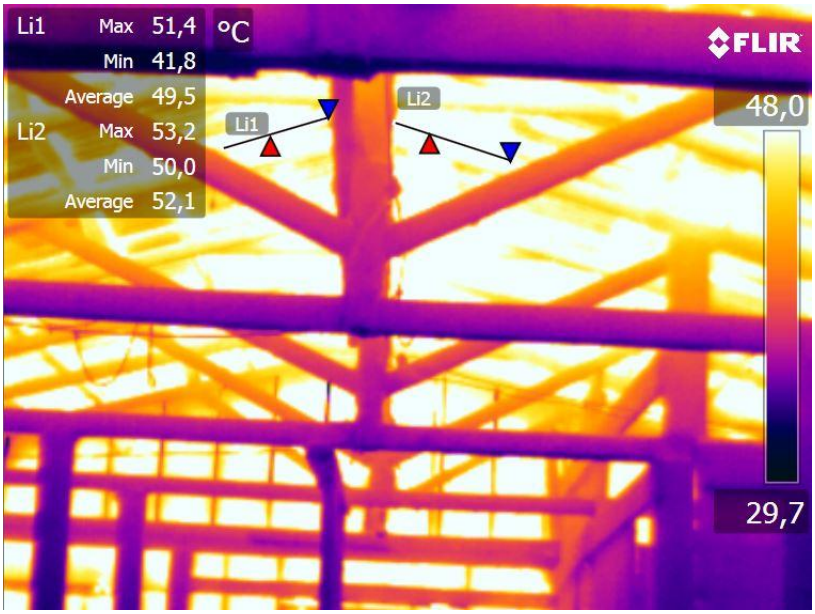


Figura 27 - Imagem termográfica da cobertura do aprisco (verão).
Fonte: Arquivo pessoal.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo trata de analisar os resultados obtidos nos períodos do experimento, buscando relações capazes de entender o comportamento térmico da edificação e o conforto térmico dos animais, para propor, em seguida, melhorias ao aprisco.

5.1 Comportamento térmico do aprisco

A partir dos dados levantados para o período de inverno, observou-se que a temperatura do ar externa se manteve abaixo da temperatura do ar interna sempre das 18 horas às 8 horas. No restante do dia, a temperatura do ar externa ficou acima da interna, conforme mostra o gráfico 8. A temperatura do ar interna mais baixa ficou em 7,83°C, ficando fora da zona de conforto, que, segundo Curtis (1983), Hafez (1968) e Mount (1979), citados por Baêta e Souza (1997), é de 25°C a 30°C para ovinos recém-nascidos e de 15°C a 30°C para ovinos adultos.

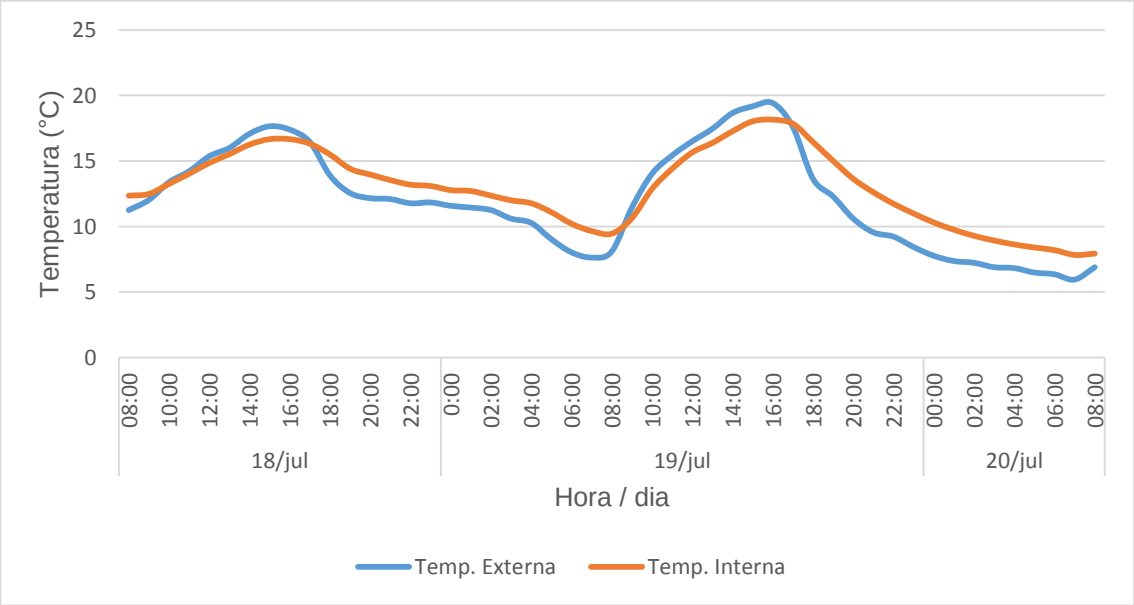


Gráfico 8 - Temperatura externa e interna (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico 9 evidencia que a temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31, que variou de 11,4°C a 22,10°C, acompanha a curva do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). Tal índice ficou entre 56,12 e 65,55. O gráfico 10

mostra a relação entre a temperatura superficial e o ITGU. Essa relação chega próximo aos 80% conforme o R², demonstrando ser um índice confiável para a temperatura superficial (vélo) nesta situação.

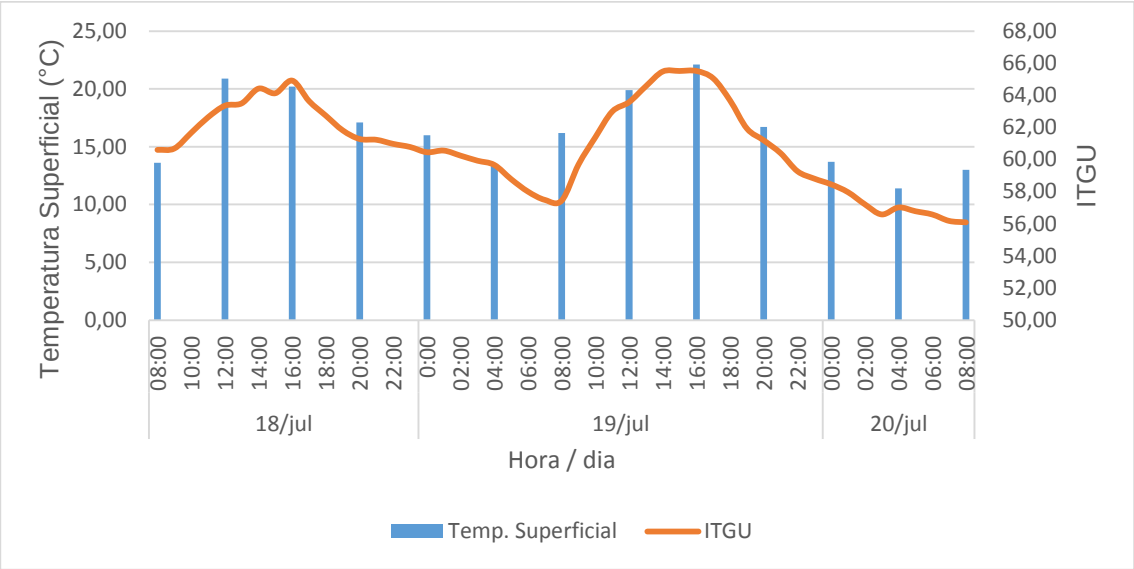


Gráfico 9 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

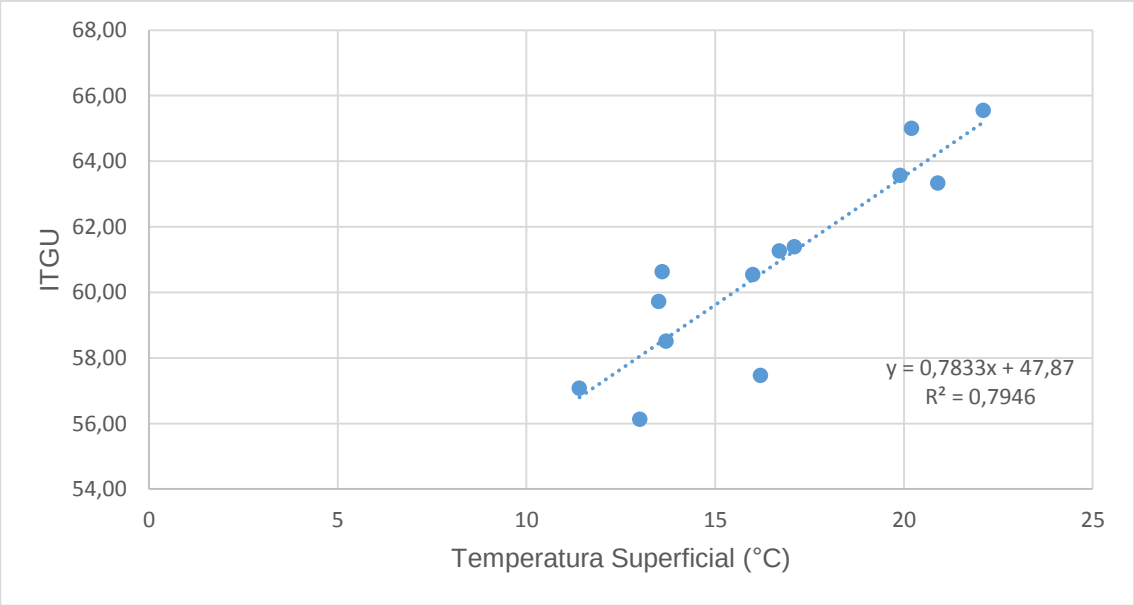


Gráfico 10 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No gráfico 11, observa-se que a temperatura superficial (vélo) acompanha a curva do índice de conforto térmico (ICT) que variou de 10,60 a 22,99. O gráfico 12 mostra a relação entre a temperatura superficial (vélo) e o ICT. Essa relação chega

próximo aos 80% conforme o R², demonstrando ser um índice confiável para a temperatura superficial nesta situação

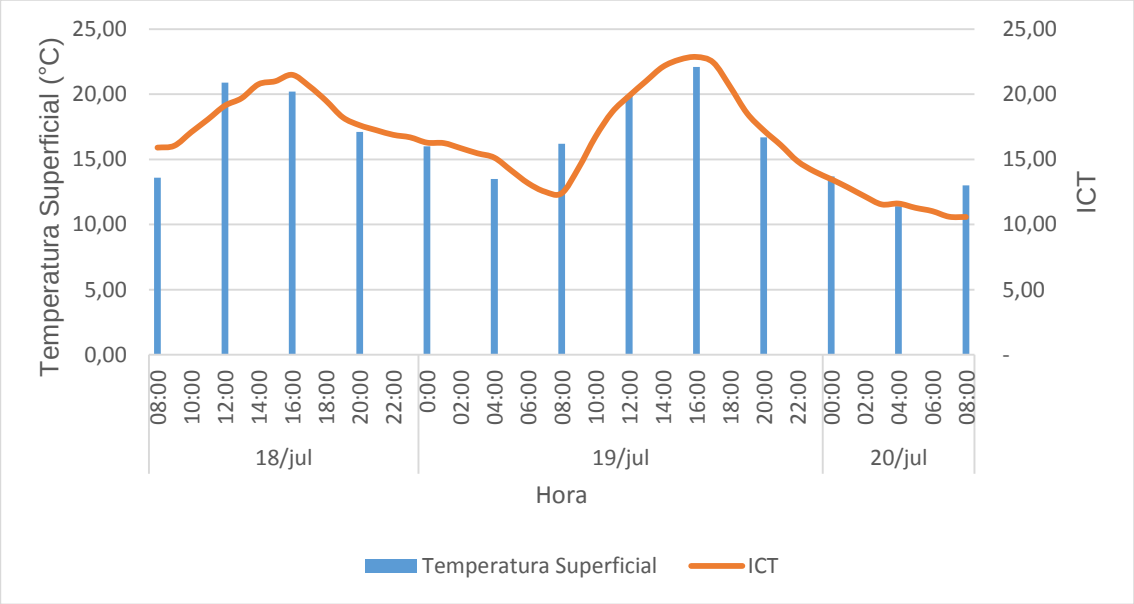


Gráfico 11 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

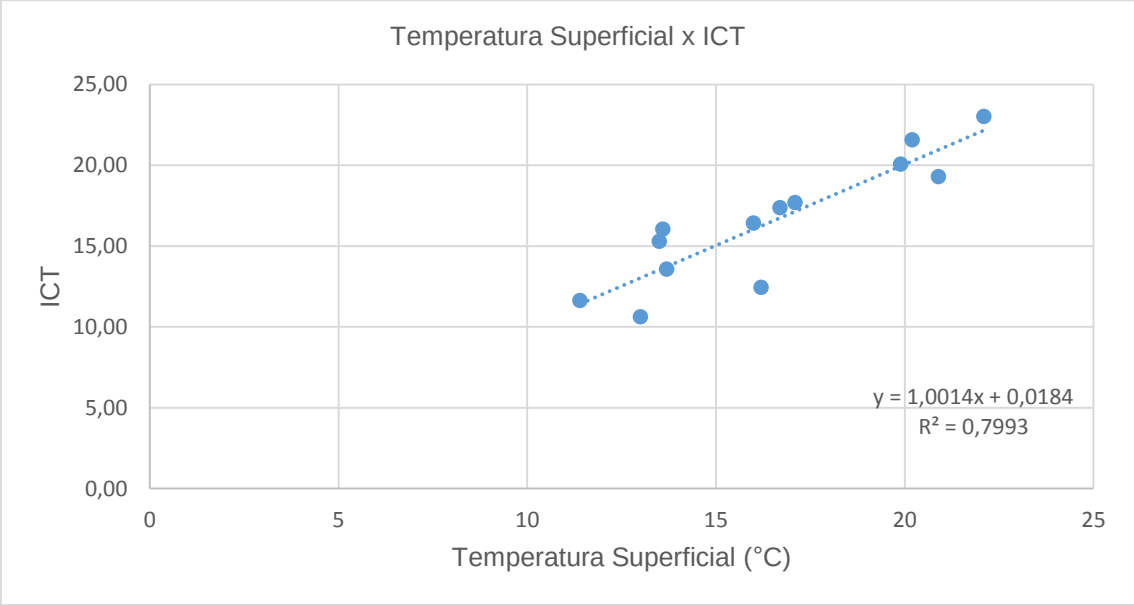


Gráfico 12 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Para condições de inverno, os índices calculados não possuem valores de referência para comprovar se os animais estão em situação de desconforto térmico.

No entanto, as temperaturas retais dos animais avaliados variaram entre 35,50°C e 38,50°C, conforme gráfico 13, ficando abaixo de 39°C, que é a temperatura do núcleo corporal dos ovinos, segundo Esmay (1969). Isto significa que estes animais estavam em desconforto térmico por frio.

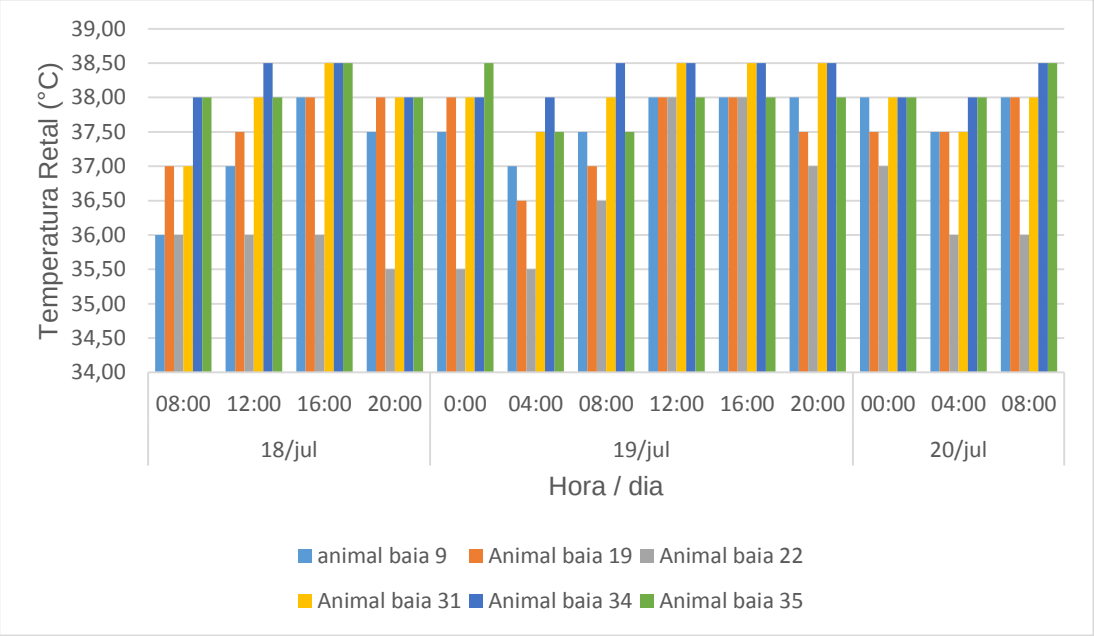


Gráfico 13 - Temperaturas Retais (inverno).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

5.2 Análise dos resultados de verão

Com base nos dados levantados para o período de verão, observou-se que a temperatura interna se manteve acima da temperatura externa sempre das 18 horas às 8 horas. No restante do dia, a temperatura externa ficou um pouco acima da interna, conforme evidencia o gráfico 14.

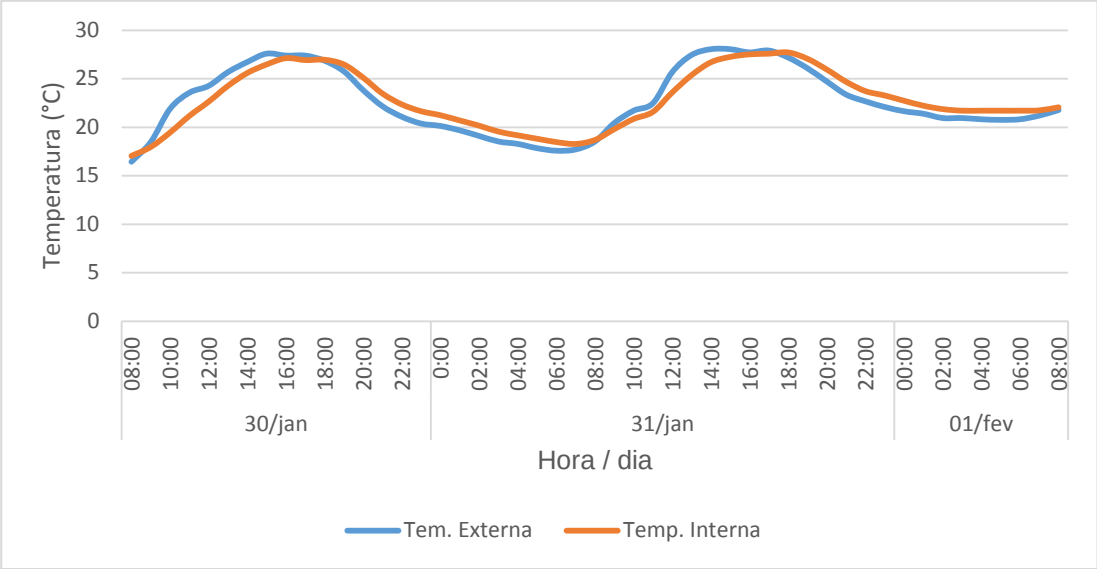


Gráfico 14 - Temperatura externa e interna (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico 15 evidencia que a temperatura superficial (vélo) do animal da baia 31, que variou de 19,60°C a 30,40°C, feita por meio de imagens termográficas, acompanha a curva do ITGU. Tal índice ficou entre 66,20 e 76,34. De acordo com Souza, Tinôco e Baêta (2002), valores de ITGU até 74 correspondem a uma situação de conforto; porém, valores entre 74 e 79 correspondem à situação de alerta. Nesta situação, em alguns momentos do dia, os animais encontravam-se em situação de desconforto térmico. O gráfico 16 mostra a relação entre a temperatura superficial (vélo) e o ITGU.

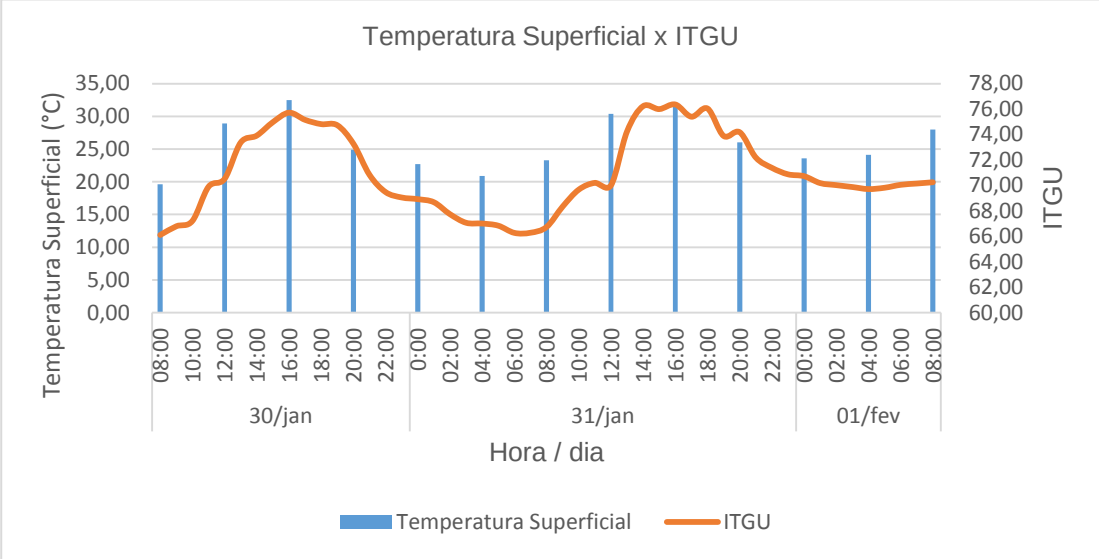


Gráfico 15 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

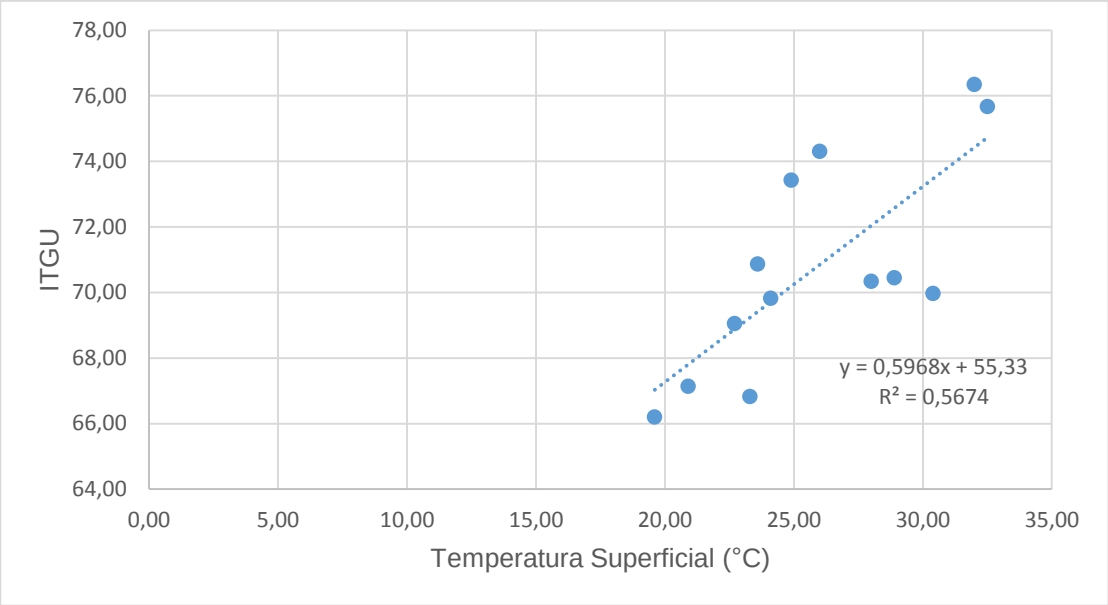


Gráfico 16 - Temperatura Superficial (vélo) e ITGU (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No gráfico 17, observa-se que a temperatura superficial acompanha a curva do ICT, que variou de 22,05 a 35,04. Para Barbosa e Silva (1995), animais da raça Ideal mantiveram a homeotermia até o ICT de 35 e ovinos da raça Suffolk e Corriedale até um ICT de 20. Portanto, em alguns momentos do presente experimento os animais se encontravam em desconforto térmico. O gráfico 18 mostra a relação entre a temperatura superficial e o ITGU.

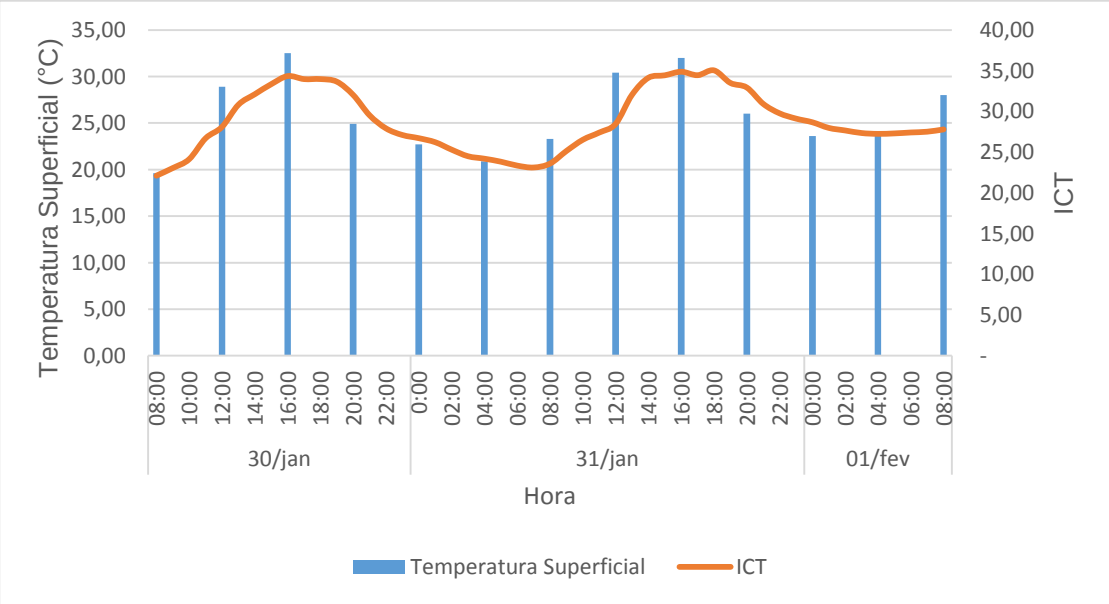


Gráfico 17 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

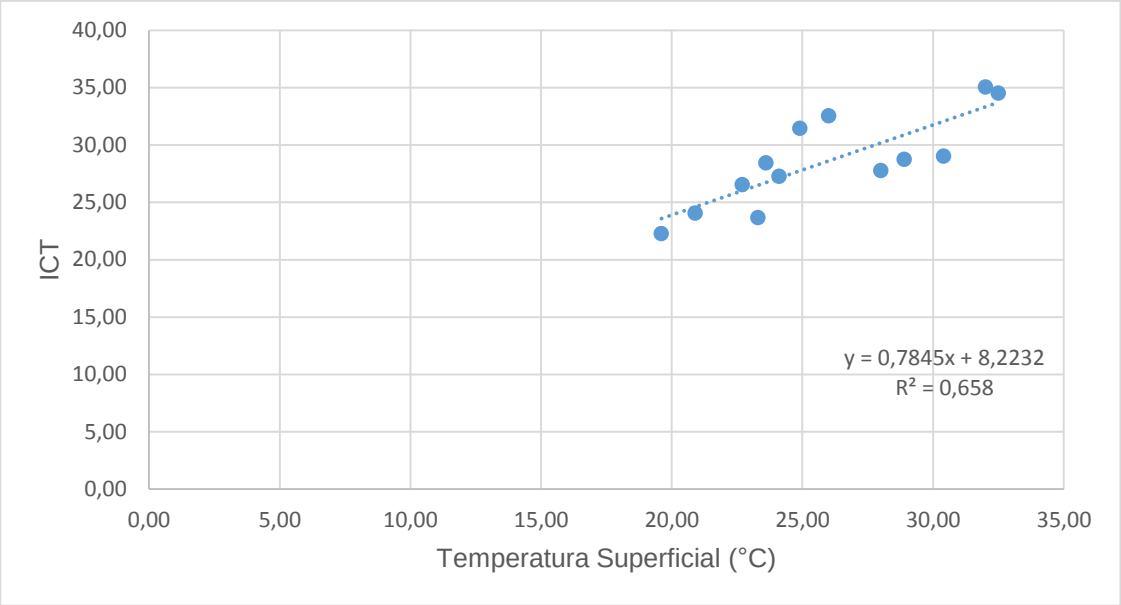


Gráfico 18 - Temperatura Superficial (vélo) e ICT (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

As temperaturas retais dos animais avaliados variaram entre 38,50°C e 39,50°C, conforme o gráfico 19.

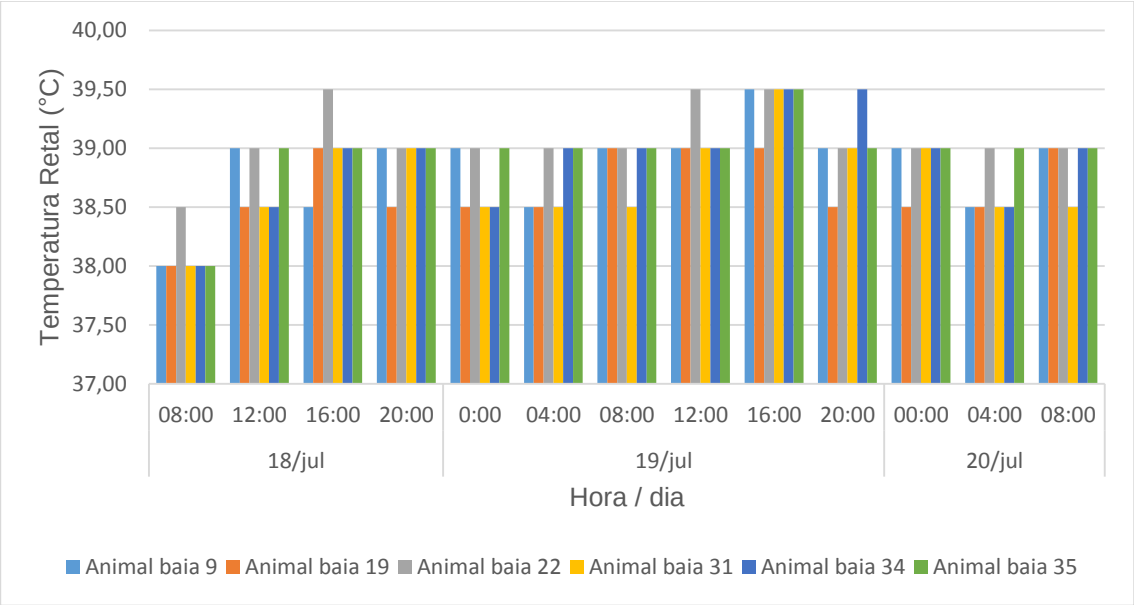


Gráfico 19 - Temperaturas Retais (verão).
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

5.3 Oportunidades de melhorias construtivas

A partir do observado nas duas avaliações, inverno e verão, pôde-se perceber que a edificação não contribui de forma adequada ao confinamento de ovinos, colaborando negativamente para as pesquisas de nutrição animal e impondo aos animais uma situação de desconforto térmico.

Em ambos os períodos, o amortecimento térmico da edificação ficou baixo, entre 23% e 28% no período do inverno e entre 5 e 10% no verão. Isso significa que a capacidade de amortecimento térmico do material usado na cobertura não diminui a amplitude de variações de temperatura e, consequentemente, altera outras variáveis, como a temperatura de globo negro e a temperatura do ar interno, que resultam no aumento dos índices ITGU e ICT, prejudicando os animais confinados. Os fechamentos laterais na parte suspensa da edificação também não são adequados, pois contribuem negativamente com a variação da velocidade do vento, principalmente no inverno, ocasionando desconforto térmico aos animais.

Para essas condições, uma oportunidade de melhoria seria o emprego de uma tinta branca de alta refletância solar na cobertura, conforme indicação na figura 28, além do emprego de um forro abaixo da cobertura de zinco, disposto na parte inferior das tesouras (estrutura que compõe o telhado), conforme indicação na figura 29. Isso poderia diminuir a amplitude das variações térmicas no inverno e, principalmente, no verão, beneficiando os animais em seu confinamento.

Em épocas de inverno, torna-se oportuno um fechamento nas laterais suspensas do aprisco, de forma a diminuir a corrente de ar que chega através do piso ripado, conforme indicação da figura 30. No entanto, deverá haver a preocupação da limpeza constante da parte inferior do aprisco, pois não há possibilidade de fechá-lo com o acúmulo de dejetos dos próprios animais, que caem diariamente nesse local, conforme figura 31.

Para evitar o uso inadequado de água potável em limpezas, propõe-se a construção de uma cisterna para aproveitar a própria água acumulada dos dias de chuva para a higienização do local. Os dejetos recolhidos poderiam ser usados como fonte de renda ao Laboratório, mediante a venda como adubo.

Figura 28 - Oportunidade de melhoria na cobertura – emprego de tinta branca.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 29 - Oportunidade de melhoria na cobertura – emprego de um forro abaixo das tesouras de madeira.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 30 - Oportunidade de melhoria – Fechamento Lateral.
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 31 - Oportunidade de melhoria – Limpeza constante de dejetos.
Fonte: Arquivo pessoal.

6 CONCLUSÕES

O principal objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento térmico de um aprisco, a fim de entender se este proporciona conforto térmico aos animais confinados para o clima temperado de Santa Maria/RS, por meio de cálculo do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Índice de Conforto Térmico (ICT) e identificar oportunidades de melhorias para a construção.

Pode-se afirmar, então, que os métodos utilizados foram válidos, pois, a partir dos dados levantados, foi possível avaliar a condição de conforto dos animais confinados na edificação em estudo.

Este trabalho também se mostra útil ao estudar um tipo de edificação cuja quantidade de informações acerca de comportamento térmico e uma vez que a relação deste com o clima e os animais se mostra bastante reduzida, abrindo, assim, uma nova frente de estudo sobre um tema pouco explorado, principalmente em condições de inverno.

A partir da análise conjunta das tabelas e dos gráficos que relacionam os valores de temperaturas (externa, interna, de globo negro, média radiante), velocidade do vento, umidade relativa, ITGU e ICT, é possível afirmar que a edificação não proporciona conforto térmico aos animais na maior parte do dia, tanto em condições de inverno quanto verão.

Na situação da edificação analisada, percebe-se a falta de comprometimento com o projeto arquitetônico, pois este não auxilia no manejo e bem estar dos animais e muito menos nas pesquisas realizadas nesse local.

Portanto, não basta apenas fazer uma construção para colocar animais, é de fundamental importância que tenhamos consciência sobre para quem e para que estamos projetando, agregando valor à edificação e beneficiando estudantes, professores, pesquisadores, produtores rurais e acima de tudo favorecendo os animais.

6.1 Sugestão para trabalhos futuros

A partir da realização deste estudo, sugere-se que trabalhos futuros abordem os seguintes temas:

- Realização de simulações termoenergéticas baseadas em edificações desta pesquisa, a fim de comparar os resultados do monitoramento real com o simulado;
- Estudo das alterações projetuais (forma, sítio, materiais construtivos) que possibilitem um melhor conforto térmico dos animais confinados.
- Avaliação de edificações de confinamento para outras configurações climáticas do território brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b. 30 p.

AMUNDSON, J. L. et al. Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 3415-3420, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho Térmico de Edificações: Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005. 8 p.

BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Biometereologia, 1998. p. 136-161.

BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avalia- ção da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1., 1990, Sobral-CE. **Anais...** Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1990. p. 9-17.

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

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Ambiência e Instalações Zootécnicas**. 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23343&secao= Colunas%20e%20Artigos>. Acesso em: 10 jul. 2013.

BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, v. 52, n. 1, p. 29-35. 1995.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 120-126. 2009.

BRIDI, A. M. **Instalações e Ambiência em Produção Animal**. **2000.** Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacoeseAmbienciaemProducaoAnimal.pdf**>**. Acesso em: 20 set. 2015.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analysis of indicators. **Bio Systems. Engineering**, v. 90, p. 451-462, 2005.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZOAROCHO, A.; CANTON, G. H. Black globe-humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 711-714, 1981.

CEZAR, M. F. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos e ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semiárido nordestino. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 614-620, 2004.

COSTA, E. C. **Física Aplicada à Construção**. 4. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2003. 263 p.

DELBENE, C. A.; EVANS, J. M. Comportamiento de la Envolvente Edilícia en Fachadas com Distintas Orientaciones. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 268-274.

DORNELLES, K.; RORIZ, M. Identificação da absortância solar de superfícies opacas por meio de espectrômetros de baixo custo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 314-323.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment. Environmental engineering in Agriculture and Food Series**. Westport: The AVI Publishing Company, Inc. 1969. 325p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243 p.

GAUGHAN, J. B. et al. Review of current assessment of cattle and microclimate during periods of high heat load. **Animal Production Australia**, v. 24, p. 77-80, 2002.

GHISI, E. et al. **Desempenho Térmico de Edificações**. Apostila (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/ disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_ apostila_0.pdf>. Acesso em: 07 maio 2014.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. São New York: Van Nostrand Reinhold, 1998. 265 p.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 07 maio 2014.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behaviour and mortality of feedlot cattle. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, St. Joseph. **Proceedings**… St. Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1997. p. 563-571.

HERRERA, M. et al. Potential of modelling animal genetic resources data in relation to other existing data sets. In: PILLING, D.; RISCHKOWSKY, B.; SCHERF, B. (Eds.). **Report on the FAO/WAAP workshop on production environment descriptors for animal genetic resources**. Caprarola, Italy, 2008, Annexure 2.9. 2008.

HOLST, G. C. **Common Sense Approach to thermal Imaging**. SPIE Optical Engineerring Press, Washington, 2000.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** 2013. Disponível em: <https:// http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 28 jun. 2015.

IPLAN-SM. **Instituto do Planejamento de Santa Maria.** 2013. Disponível em: <https://www.santamaria.rs.gov.br/escritorio/>. Acesso em: 28 jun. 2015.

KNÍZKOVÁ, I. et al. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Kyushu, v. 22, n. 3, p. 329-336, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997. 188 p.

LOUVAIN, L. C.; CABRAL, L. G.; GOMES, K. R. Aplicação da Termografia na Manutenção preditiva. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 1, p. 109-112, 2010.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial** e Controle da Poluição. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1990. 116 p.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3077-3087, 2004.

MADER, T. L.; JOHNSON, L. J.; GAUCHAN, J. B. Components of the Comprehensive Climate Index. **Journal of Animal Science**, v. 29, p. 2009-2586, 2010. Disponível em: <http://jas.fass.org/content/early/2010/01 /29/jas.2009-2586>. Acesso em: 10 jul. 2013.

MARAI, I. F. M. et al. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – A review. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 1-12, 2007.

MARTINS, R. F. S. **Índices de Conforto Térmico e Temperatura Superficial por Termografia Infravermelha em Ovinos**. 2011. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2011.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. R. **Incidência das Variáveis Projetivas e deConstrução no Consumo Energético dos Edifícios.** Porto Alegre: Sagra: DCLuzatto, 1992. 134 p.

MCDOWELL, R. E. **Improvent of livestock production in war climats**. San Francisco: W.H. Freman and company, 1972.

MCMANUS, C. Heat Tolerance in Naturalized Brazilian Sheep: Physiological and Blood Parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p. 95-101, 2009.

MEDEIROS, L. F.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia Animal**, Revisão de Literatura. [Apostila] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/bioclimatologiaanimal/files/2011/03/Apostila-de-Bioclimatologia-Animal.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.

MOUNT, L. E. Adaptation of swine. In: **Adaptation of domestic animals**. Lea & Febiger. Philadelphia, 1968. p. 277-291.

MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção animal. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, Lavras, 1993. **Anais...** Lavras, p.42-46.

NÃÃS, I. A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L. A. & MAGALHÃES, P. S. B (Coords.) – Introdução à Engenharia Agrícola. Campinas: Ed. Unicamp, 1993. Parte 2, cap. 2, p. 121-135.

RIBEIRO, I.; SILVA JUNIOR, S. R.; DUARTE, P. H. Emprego da Termografia na inspeção preditiva. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 2, n. 1, p. 37-39, 2012.

RIVERO, R. **Acondicionamento Térmico Natural**: arquitetura e clima. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1985. 225 p.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, J. A. Utilização da Análise de Componentes Principais em Termografia. **Saber Acadêmico**, n. 10, dez. 2010.

SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 142-148, 2010.

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

SILVA, R. G. Introdução à Bioclimatologia., São Paulo: **Nobel**, 2000, v. 1, p. 283.

SILVEIRA, A. L. R. C. Avaliação do Desempenho Térmico de Apartamentos deConjunto Habitacional em Teresina / PI. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2005. p. 1922-1930.

SOUZA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 157-164, 2002.

STEWART, M. et al. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, South Mimms, v. 14, p. 319-325, 2005.

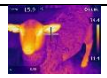
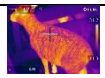
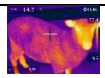
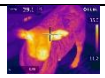
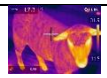
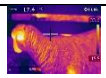
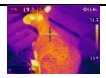
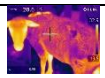
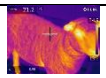
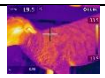
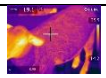
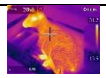
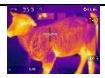
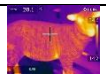
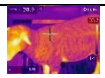
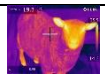
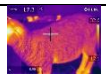
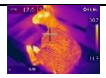
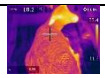
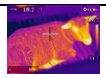
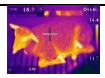
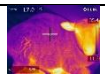
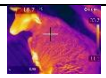
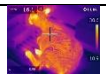
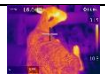
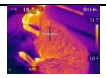
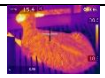
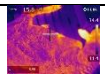
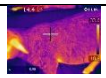
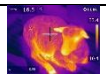
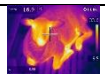
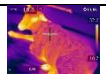
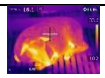
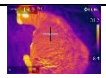
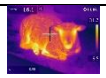
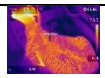
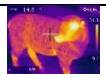
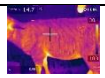
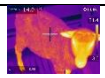
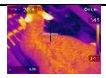
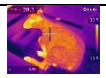
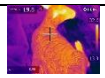
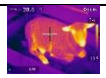
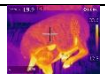
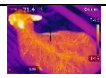
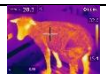
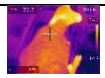
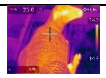
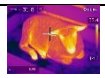
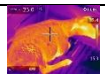
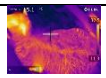
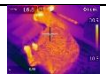
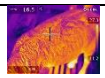
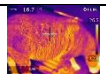
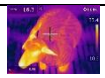
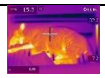
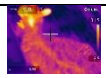
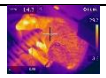
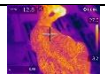
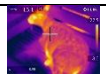
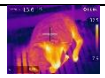
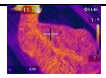
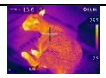
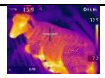
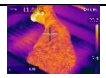
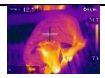
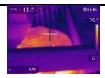
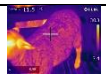
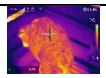
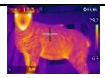
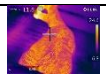
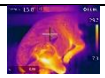
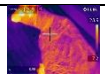
SZOKOLAY, S. V. **Arquitetura Solar:** realización y proyectos a escala mundial**.** Barcelona: Blume, 1983. 261 p.

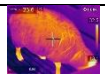
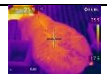
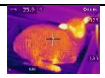
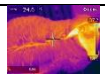
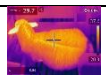
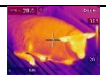
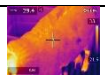
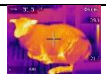
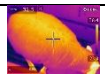
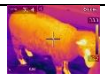
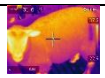
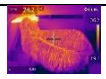
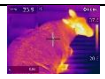
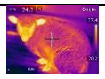
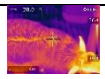
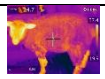
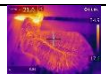
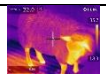
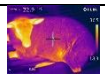
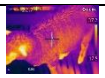
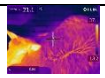
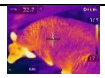
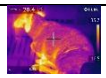
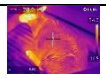
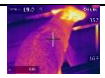
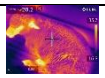
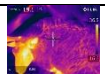
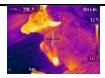
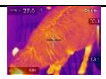
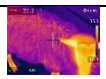
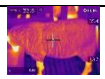
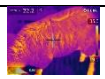
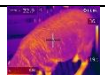
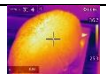
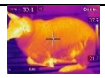
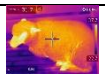
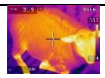
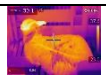
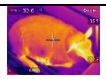
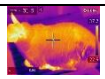
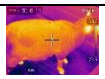
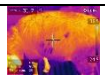
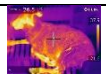
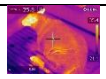
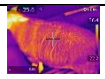
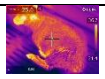
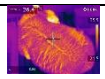
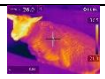
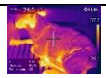
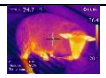
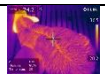
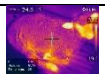
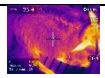
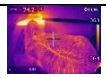
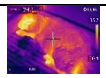
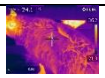
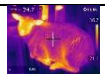
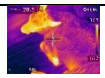
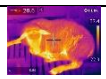
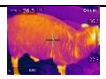
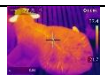
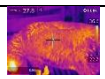
TEIXEIRA, M. **Efeito do estresse climático sobre parâmetros fisiológicos e produtivos em ovinos**. 2000. 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, 2000.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, p. 57-59, 1959.

WEST, J. W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2131-2144, 2003.

APÊNDICE A – Planilha dos animais (inverno e verão)

Data	Hora	Baia 9	Baia 19	Baia 22	Baia 31	Baia 34	Baia 35	ITGU	ICT
18/ jul	08							60,63	16,03
	12							63,33	19,28
	16							65,01	21,56
	20							61,39	17,68
19/ jul	00							60,54	16,40
	04							59,72	15,27
	08							57,47	12,43
	12							63,57	20,06
	16							65,55	22,99
	20							61,26	17,36
20/ jul	00							58,51	13,55
	04							57,07	11,62
	08							56,12	10,60

Data	Hora	Baia 9	Baia 19	Baia 22	Baia 31	Baia 34	Baia 35	ITGU	ICT
30/ jan	08							66,20	22,25
	12							70,44	28,72
	16							75,67	34,51
	20							73,42	31,44
31/ jan	00							69,05	26,53
	04							67,14	24,05
	08							66,82	23,65
	12							69,96	29,01
	16							76,34	35,04
	20							74,30	32,52
01/ fev	00							70,86	28,44
	04							69,82	27,26
	08							70,33	27,76