

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

THAISA ANTÃO CARNEIRO

**TIPOS DE COBERTURA PARA O ACONDICIONAMENTO
TÉRMICO PRIMÁRIO DE INSTALAÇÕES RURAIS**

RECIFE
2014

**TIPOS DE COBERTURA PARA O ACONDICIONAMENTO TÉRMICO
PRIMÁRIO DE INSTALAÇÕES RURAIS**

Orientador(a): Profa. Dra. **CRISTIANE GUISELINI**
Coorientador(a): Dr. **JÚLIO CÉSAR VIEIRA DE OLIVEIRA**

Projeto de pesquisa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RECIFE
2014

Ficha catalográfica

C289t Carneiro, Thaisa Antão
Tipos de cobertura para o condicionamento térmico
primário de instalações rurais / Thaisa Antão Carneiro. -
Recife, 2014.
81 f. : il.

Orientadora: Cristiane Guiselini.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Engenharia Agrícola, Recife, 2014.
Referências.

1. Ambiência 2. Climatização natural 3. Conforto térmico
4. Termografia 5. Telhado verde I. Guiselini, Cristiane,
orientadora II. Título

CDD 631

THAISA ANTÃO CARNEIRO

**TIPOS DE COBERTURA PARA O ACONDICIONAMENTO TÉRMICO
PRIMÁRIO DE INSTALAÇÕES RURAIS**

Dissertação defendida e aprovada em 31 de Julho de 2014 pela Banca
Examinadora:

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Cristiane Guiselini
DEAgri/UFRPE

Examinadores:



Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto
UAEA/UFCG

Prof^a. Dr^a. Vivian Loges
Depa /UFRPE

Prof. Dr. Héilton Pandorfi
DEAgri /UFRPE

“A ninguém devais coisa alguma, a não ser o amor com que vos ameis uns aos outros; porque quem ama aos outros cumpriu a lei. Com efeito: Não adulterarás, não matarás, não furtarás, não darás falso testemunho, não cobiçarás; e se há algum outro mandamento, tudo nesta palavra se resume: Amarás ao teu próximo como a ti mesmo. O amor não faz mal ao próximo. De sorte que o cumprimento da lei é o amor.”

Romanos 13:8-10

Aos meus pais, Paulo e Zoraide.

Por terem me dado à vida.

À minha família e amigos.

Por terem sempre me incentivado e ajudado em tudo.

Por me amarem incondicionalmente assim como eu os amo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande e eterno Deus, por ter me concedido o dom da vida.

À minha família, pelo apoio, carinho e compreensão, em especial aos meus pais Paulo e Zoraide, e a minha avó Cleonice, que sempre me incentivaram e acreditaram em mim, aos meus irmãos Nayara, Katherine e Fábio.

À minha namorada Fran pelo carinho, compreensão, companheirismo e amizade, que sempre me ajudou, apoiou e me deu forças durante os momentos de dificuldade e apesar de todos os problemas que enfrentamos (e ainda enfrentaremos) juntas, nunca desistiu de “nós”.

A todos os meus amigos, antigos e novos, agradeço pelo companheirismo, apoio, cumplicidade, grupos de estudo e bons momentos de descontração, em especial aos meus melhores amigos, Will, Bruno, Aline, Allysson, Ray e Ross.

Ao Grupo de Pesquisa em Ambiente (GPESA), pela colaboração e amizade.

À professora Dra. Cristiane Guiselini, pela orientação atenciosa, por todo apoio, disposição, confiança, paciência e amizade.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pela disponibilidade, atenção e amizade.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola e de Agronomia, pela contribuição na minha formação profissional.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste mestrado.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e que contribuíram ou contribuem para minha formação profissional.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivo Geral	17
1.2. Objetivos Específicos	17
1.3. Hipótese	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Conforto Térmico	18
2.1.1. Índice de Conforto térmico humano	19
2.1.2. Índice de Conforto térmico zootécnico	21
2.2. Materiais de cobertura	24
2.2.1. Telhas de fibrocimento	25
2.2.2. Telhas recicladas	26
2.2.3. Telhado verde	27
2.3. Modelos de escalas reduzidas	33
2.4. Termografia por infravermelho	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1. Descrição da área	36
3.2. Construção dos modelos reduzidos	38
3.2.1. Descrição das coberturas	39
3.2.2. Montagem das coberturas verdes	39
3.2.3. Manutenção das coberturas verdes e área experimental	42
3.3. Instalação dos sensores e coleta de dados	42

3.4. Termografia	43
3.5. Índices de conforto	44
3.5.1. Índices zootécnicos	44
3.5.2. Índices Humanos	45
3.6. Análise dos dados	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5. CONCLUSÕES	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de conforto humano. Fonte: INMET (2013)	21
Figura 2. Mapa das faixas de conforto térmico para bovino. Fonte: INMET (2013).	22
Figura 3. Cobertura Verde Intensiva – corte. Fonte: Lohmann (2008).	28
Figura 4. Cobertura verde extensiva – corte. Fonte: Lohmann (2008).	29
Figura 5. Planta baixa da área experimental com a disposição dos modelos reduzidos.	36
Figura 6. Balanço hídrico mensal da cidade do Recife. Fonte: SENTELHAS et al. (1999).	37
Figura 7. Etapas da construção dos modelos reduzidos. (a) base de tijolos com 30 cm; (b) tubos de pvc (100 mm) preenchidos por concreto; (c) piso de concreto; (d, e) armação de ripas de madeira para suporte dos telhados; (f) fechamento lateral com chapas de fibra de madeira. ..	39
Figura 8. Etapas da montagem das bandejas de <i>Zoysia</i> japônica, para formação do telhado verde. (a) bandeja de plástico própria para grama; (b) preenchimento parcial da bandeja com substrato; (c) plantio da grama.	40
Figura 9. Bandejas de grama esmeralda e amendoim forrageiro em fase de desenvolvimento.	40
Figura 10. Impermeabilização e montagem do telhado verde (<i>Zoysia japonica</i>). (a) lona plástica abaixo das bandejas de grama, para impermeabilização; (b) bandejas cobrindo toda a cobertura do modelo reduzido.	41
Figura 11. Impermeabilização e montagem do telhado verde (<i>Arachis repens</i>). (a) lona plástica abaixo das bandejas de grama, para impermeabilização; (b) bandejas cobrindo toda a cobertura do modelo reduzido.	42
Figura 12. Sensores utilizados no experimento. (a) Sensores instalados no centro geométrico dos modelos reduzidos; (b) cabide confeccionado para separar os sensores; (c) estação meteorológica automática. .	43

Figura 13. Variação média diária da precipitação e da temperatura do ar dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.	49
Figura 14. Variação média diária da temperatura do ar dos tratamentos, ambiente externo e precipitação, do período de 20/3 a 25/4. Recife, PE, 2014.....	50
Figura 15. Variação média diária da temperatura do ar dos tratamentos, ambiente externo e precipitação, do período de 26/4 a 29/5. Recife, PE, 2014.....	51
Figura 16. Variação média diária da velocidade do vento (ms-1) no interior dos tratamentos.	53
Figura 17. Variação horária da temperatura do ar no dia 14/04/2014, dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.	53
Figura 18. Variação horária da temperatura do ar no dia 22/04/2014 dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.	54
Figura 19. Relação entre a temperatura dos tratamentos Tame, Tgra, Tfib, Trec e o ambiente externo.....	55
Figura 20. Variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.	56
Figura 21. Variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo, no período de 20/3 a 25/4. Recife, PE, 2014.....	56
Figura 22. Variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo, no período de 26/4 a 29/5. Recife, PE, 2014.....	57
Figura 23. Relação entre a umidade relativa das coberturas e o ambiente externo.	58
Figura 24. Carga térmica radiante das coberturas estudadas. Tame – amendoim forrageiro, Tgra – grama esmeralda, Tfib – fibrocimento, Trec – reciclada. Recife, PE, 2014.	63
Figura 25. Índice de temperatura de globo e umidade das coberturas estudadas. Recife, PE, 2014.	64
Figura 26. Temperatura efetiva das coberturas estudadas. Recife, PE, 2014.	64

- Figura 27. Índice de temperatura e umidade das coberturas estudadas. Tame – amendoim forrageiro, Tgra – grama esmeralda, Tfib – fibrocimento, Trec – reciclada. Recife, PE, 2014. 65
- Figura 28. Índice de conforto humano das coberturas estudadas. Tame – amendoim forrageiro, Tgra – grama esmeralda, Tfib – fibrocimento, Trec – reciclada. Recife, PE, 2014. 66
- Figura 29. Temperatura superficial da face interna das coberturas, registradas instantaneamente através de câmera termográfica e temperatura externa. Recife, PE, 2014..... 66
- Figura 30. Imagens termográficas da superfície interna das coberturas, no horário mais quente do dia 24/03/2014. (a) Tfib, (b) Tame, (c) Trec e (d) Tgra..... 68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação Geral das Coberturas Verdes. Adaptado. Fonte: IGRA.	29
Tabela 2. Característica climáticas de Recife-PE. Fonte: CHESF (1987), Sentelhas et al. (1999) e MME (2003).....	37
Tabela 3. Classificação do grau de conforto térmico em função dos valores de ICH. Rosemberg (1983).	46
Tabela 4. Distribuição das zonas de conforto e desconforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas, FANGER (1972).....	47
Tabela 5. Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas. (MASTER, 2014).	47
Tabela 6. Valores médios dos índices de conforto térmico para os tratamentos amendoim forrageiro (Tame), grama (Tgra), telha de fibrocimento (Tfib) e telha reciclada (Trec).....	59
Tabela 7. Distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice TE, para os modelos reduzidos. Recife, 2014.	60
Tabela 8. Distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice ITU, para os modelos reduzidos. Recife, 2014.	61
Tabela 9. Distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice ICH, para os modelos reduzidos. Recife, 2014.....	62

TIPOS DE COBERTURA PARA O ACONDICIONAMENTO TÉRMICO PRIMÁRIO DE INSTALAÇÕES RURAIS

Autor (a): **THAISA ANTÃO CARNEIRO**

Orientador (a): Profa. Dra. **CRISTIANE GUISELINI**

Coorientador (a): Dr. **JÚLIO CÉSAR VIEIRA DE OLIVEIRA**

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o conforto térmico proporcionado pelos tipos de cobertura em modelos de escala reduzida e distorcida, com base nas análises térmicas e nos índices de conforto humano e zootécnico. A pesquisa foi realizada na área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Recife, PE. Foram considerados quatro tipos de cobertura, telha de fibrocimento, telha de polímero reciclada, telhado verde grama (*Zoysia japonica*), e telhado verde amendoim forrageiro (*Arachis repens*), com quatro amostras cada. As variáveis meteorológicas, temperatura de bulbo seco (T_{bs}, °C), umidade relativa do ar (UR%) e temperatura de globo negro (T_{gn}, °C) foram registradas no interior dos modelos reduzidos por meio de dataloggers HOBO U12-12, e para as variáveis do ambiente externo, foi utilizada uma estação meteorológica automática. Para análise térmica das coberturas foram utilizadas imagens termográficas. O conforto térmico das instalações foi obtida por meio dos índices de conforto, carga térmica radiante (CTR, W.m⁻²), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), índice de conforto humano (ICH, °C), índice de temperatura e umidade (ITU, °C) e temperatura efetiva (TE, °C). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado utilizando-se o teste de Duncan (p < 0,01) para comparação entre as médias dos índices estudados. Os telhados verdes reduziram a temperatura superficial das coberturas, promoveram maior atenuação da temperatura interna do ambiente e, conseqüentemente, promoveu maior conforto térmico humano e zootécnico, em comparação com os outros materiais, podendo ser utilizado em instalações agrícolas e habitações.

Palavras-chave: ambiência, climatização natural, conforto térmico, termografia, telhado verde.

TYPES OF COVERAGE FOR THERMAL PACKAGING OF RURAL PRIMARY INSTALLATIONS

Autor: **THAISA ANTÃO CARNEIRO**

Orientador (a): Profa. Dra. **CRISTIANE GUISELINI**

Coorientador (a): Dr. **JÚLIO CÉSAR VIEIRA DE OLIVEIRA**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the thermal comfort provided by the types of coverage in scale models reduced and distorted, based on thermal analyzes and indexes for human and livestock comfort. The survey was conducted in the experimental area of the Federal Rural University of Pernambuco, in the city of Recife. Four types of coverage, tile cement, tile recycled polymer, green roof grass (*Zoysia japonica*) and green roof perennial peanut (*Arachis repens*) were considered, with four samples each. The meteorological variables, the dry bulb temperature (T_{db} , ° C), relative humidity (RH%) and black globe temperature (T_{gn} , ° C) were recorded inside the reduced models by dataloggers HOBO U12-12, and the variables of the external environment, an automatic weather station was used. Thermographic images were used for thermal analysis of hedges. Thermal comfort of the facility was obtained through the level of comfort, radiant heat load (CTR, Wm^{-2}), index of black globe temperature and humidity (BGT), index of human comfort (ICH ° C), index temperature and humidity (ITU, ° C) and effective temperature (TE, C). The experimental design was randomized using the Duncan test ($p < 0.01$) for comparison between the means of the indices studied. Green roofs reduced the surface temperature of roofing promoted greater attenuation of the internal temperature of the environment and, consequently, promoted greater human and livestock thermal comfort compared to other materials, can be used in agricultural and housing facilities.

Keywords: environment, natural air conditioning, thermal comfort, thermography, green roof.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Barros (2008) o estresse térmico caracteriza-se pela soma de mecanismos de defesa fisiológica do animal aos elementos climáticos. Nessas condições, o incremento de energia ocorre principalmente por meio da cobertura, que é a superfície mais exposta à radiação solar direta. Dessa forma, os materiais utilizados devem ser bons isolantes térmicos, ou seja, devem reduzir o fluxo de calor, o que impede que o ambiente interno e os animais sejam submetidos às variações na carga térmica de radiação, com alteração negativa na sua homeotermia.

As maiores limitações produtivas, reprodutivas e do desenvolvimento animal estão relacionadas ao estresse térmico causado pelo efeito combinado de alta umidade relativa do ar e temperatura, elevada incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento (Avendano et al., 2006), o que reduz a eficiência da perda de calor (Dikmen & Hansen, 2009), devido à má adequação do microclima nas instalações para produção animal.

O ser humano é um animal homeotérmico e conta com um sistema de termo regulação corporal (Ikefuti & Amorim, 2009) desta forma, reage às mudanças de temperatura, umidade, ventilação, dentre outros fatores climáticos, de variadas formas sofrendo alterações fisiológicas e psicológicas que interferem na saúde do indivíduo e na sua forma de perceber o ambiente.

Donaisky et al. (2010) afirmam que o conforto térmico tem efeitos diretos na produção e na satisfação de cada indivíduo. Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações.

A utilização de modelos reduzidos no desenvolvimento de pesquisas com materiais para instalações zootécnicas pode contribuir significativamente para a redução do custo da pesquisa e permitir diferentes testes por meio de alterações no modelo. As instalações em escala real possuem grandes dimensões e há a necessidade de realizar repetições de natureza estatística, o que torna seu uso inviável (Jentsch, 2002). Portanto diversas pesquisas têm empregado a técnica de modelos reduzidos para reproduzir e avaliar condições arquitetônicas e ambientais em instalações zootécnicas.

Conceição et al. (2008), Cravo et al. (2009), Fiorelli et al. (2009), Oliveira et al. (2009), Sonoda et al. (2010), avaliaram o desempenho térmico de diferentes telhas com a utilização de modelos em escala reduzida e distorcida, ou seja, modelos em que alguns critérios do projeto são alterados, tornando necessária a correção da equação de predição, devido a utilização de mais de uma escala, normalmente uma escala para as dimensões horizontais e outra para as verticais.

As telhas mais utilizadas nas instalações zootécnicas são constituídas de fibrocimento e cerâmica. As telhas de fibrocimento geralmente são utilizadas por possuir um custo menor em relação às telhas cerâmicas, porém possuem um pior desempenho térmico. De acordo com Michels et al. (2008), as telhas de fibrocimento apresentam propriedades térmicas piores em relação às de cerâmica devido à sua composição e características.

Camerini et al. (2009) realizaram um experimento em modelos reduzidos, utilizando resíduos de EVA (Etileno-Acetato de Vinila) como isolante térmico. O conforto térmico foi avaliado por meio do Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiação (CTR). Dois modelos foram construídos com telha de alumínio, com e sem o forro de resíduo de EVA, e avaliados durante o inverno e verão. Os modelos reduzidos com utilização do resíduo de EVA possibilitaram redução nos valores dos índices avaliados, assim, conclui-se que a utilização do forro proporcionou melhor ambiente térmico no interior do modelo reduzido.

Fiorelli et al. (2009) avaliaram quatro protótipos, sendo um deles coberto com telha reciclada à base de embalagens longa vida e três protótipos de referência cobertos com telha cerâmica, telha cerâmica pintada de branco e telha de fibrocimento. Pelos resultados obtidos, foi possível afirmar que a telha reciclada apresentou índices de conforto térmico semelhantes àqueles encontrados para as telhas cerâmicas, podendo ser indicada como opção de cobertura para instalações zootécnicas.

Além do uso da termografia infravermelha para a avaliação da eficiência térmica de coberturas, ela também tem sido uma ferramenta utilizada com sucesso, para estimar a temperatura superficial de várias espécies (Pandorfi, 2012).

Outra alternativa possível de ser utilizada para adequação do microclima no interior de instalações zootécnicas é a utilização do telhado verde. Esse tipo de cobertura vegetal pode ser instalado tanto em cobertura com laje de forro ou sobre telhados convencionais, como o de telha cerâmica, fibrocimento, dentre outros. É possível fazer um telhado com grama ou com outra espécie vegetal. Esses telhados ajudam na diminuição da temperatura no interior da instalação, pois diminui a amplitude térmica, promovendo melhor conforto térmico e acústico para o ambiente interno, com redução da amplitude térmica de até 5°C em coberturas com a utilização do telhado verde em comparação com cobertura de telhas de fibrocimento (Beyer, 2009).

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desse estudo foi avaliar o conforto térmico proporcionado pelos tipos de cobertura em modelos de escala reduzida e distorcida, com base nas análises térmicas e nos índices de conforto humano e zootécnico.

1.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar a redução da temperatura e melhores condições de conforto proporcionadas pelos telhados verdes;
- b) Comparar a eficiência térmica dos diferentes materiais de cobertura avaliados, através dos índices de conforto humano e zootécnico;
- c) Analisar as temperaturas superficiais das coberturas estudadas através de imagens termográficas.

1.3. Hipótese

O telhado verde propicia melhor condição de conforto térmico humano e zootécnico, em comparação à telha de fibrocimento e reciclada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Conforto Térmico

O conforto térmico é uma condição imposta pelo ambiente e as edificações apresentam que indica a satisfação do ser humano com o ambiente térmico em que se encontra. Santos & Andrade (2008) asseguram que o conforto térmico é uma condição que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Essa característica atinge diretamente o desempenho das atividades realizadas pelos indivíduos em seu interior e oferece grande influência sobre a saúde humana.

Donaisky et al. (2010) afirmam que o conforto térmico tem implicações diretas na produção e na satisfação de cada indivíduo. Condições climáticas urbanas impróprias significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, acarretam ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações (Andreasi et al., 2010).

O conforto térmico é um dos pontos que mais aflige a população dentre os aspectos de conforto ambiental nos ambientes construídos. (Nogueira et. al., 2005).

O desempenho térmico de uma edificação está diretamente ligado às características climáticas, às quais está submetido. É importante ressaltar que o clima varia de região para região de acordo com as características geográficas locais. O conhecimento do clima e da geografia local é essencial no auxílio para os profissionais executarem um bom projeto arquitetônico, utilizando-se dos recursos naturais, que atendam às exigências de conforto do usuário (Nogueira & Nogueira, 2003).

Para avaliar o comportamento térmico dos materiais de uma instalação é necessário analisar a temperatura e a umidade relativa do ar, direção predominante e velocidade dos ventos, pluviosidade e radiação solar global em função do tempo de exposição a essas condições. Entretanto, pode-se afirmar que a incidência da radiação solar é o elemento principal nos processos de trocas térmicas em instalações (Vecchia, 2003).

De acordo com Baeta & Souza (2010), o uso de abrigos com uma ampla variedade de materiais de cobertura (sombreado, fibrocimento, etc), promove-

se a redução de 30% da carga de calor radiante quando comparado com a carga que o animal recebe fora, melhorando assim o estado de conforto térmico.

Os índices de conforto térmico procuram englobar o efeito conjunto das variáveis, temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar, pois esses índices são desenvolvidos a fim de relacionar as variáveis do ambiente e reunir, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos. (Frota & Schiffer, 2001)

Em relação ao ambiente no interior das instalações para a produção animal, devem ser analisados, principalmente os que afetam a sua produção e o bem-estar, levando-se em consideração o ambiente térmico (temperatura, umidade, velocidade do vento e outros), o ambiente acústico (ruídos), o ambiente aéreo (gases, poeiras e fungos) e o ambiente social, mas para isso precisa-se aprimorar os abrigos e, em algumas situações, modificar o manejo, para superar os efeitos prejudiciais provenientes de alguns fatores ambientais críticos (Vitorasso & Pereira, 2009).

2.1.1. Índice de Conforto térmico humano

Índice de conforto é um parâmetro que representa o efeito combinado das principais variáveis intervenientes (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e calor radiante). Por meio dele é possível avaliar a situação de conforto térmico de um ambiente, bem como obter subsídios para melhor adequá-lo às necessidades humanas (Frota & Schiffer, 2001).

Nas últimas décadas, inúmeras pesquisas foram desenvolvidas com a finalidade de avaliar o conforto dos ambientes ocupados pelos indivíduos, e como consequência, um grande número de índices de conforto térmico foi estabelecido, podendo-se citar o Índice de "Wind-Chill" (Siple & Passel, 1945), o Índice de Desconforto (Thom, 1959), o Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME) (Fanger, 1970), e o Índice de Temperatura Efetiva (Missenard, 1937).

O Índice Temperatura Efetiva (TE), é indicado para ser aplicado em ambientes internos, sem condicionamento interno, proposto por Missenard (1937), que é função da temperatura do ar (T) e da umidade relativa do ar

(UR), sem considerar o vento e o Índice de Conforto Humano (ICH) também foi calculado pela fórmula descrita por Rosemberg (1983).

Uma versão alternativa do Índice de Desconforto é proposto por Giles et al. (1990), sendo também denominado de Índice de Temperatura e Umidade (ITU), em que a temperatura ambiente (T_a) é dada em $^{\circ}\text{C}$, e a umidade relativa (UR) é dada em termos percentuais (%).

Esse índice é utilizado para avaliar o conforto humano em regiões de clima quente. Ele considera que a evaporação do suor é uma maneira natural de resfriar a temperatura do corpo. Quando o ar está muito úmido, contudo, a perda de calor por evaporação é reduzida. Por isso, um dia quente e úmido parecerá mais quente e desconfortável que um dia quente e seco. Valores de ITU acima de 25 indicam desconforto para a maioria das pessoas, enquanto valores entre 15 e 20 são aceitos pelas pessoas como sendo confortáveis. Valores entre 21 e 24 indicam um valor crescente de desconforto.

O Diagrama de Conforto Humano do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, desenvolvido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), possibilita a verificação, em função da temperatura e umidade relativa do ar, o estado de conforto ou desconforto térmico humano e apresenta quais são as variáveis necessárias ao conforto. Os dados de temperatura e umidade com que se trabalha são cruzados e pelo cruzamento se determina a condição de conforto térmico para as condições analisadas (Figura 1). O Diagrama considera como termicamente confortável para o ser humano os teores de umidade variando entre 30,0% e 80,0%, dentro da faixa de $8,0^{\circ}\text{C}$ e $33,0^{\circ}\text{C}$, sendo que entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$ é necessário ambiente ensolarado e para temperaturas variando de $26,0^{\circ}\text{C}$ a $33,0^{\circ}\text{C}$ faz-se necessário ambiente ventilado para obter uma sensação termicamente agradável. O mesmo apresenta situações de muito frio a muito quente, bem como situações de muito seco a muito úmido, o que tende a acarretar diferentes configurações de desconforto térmico para a população.

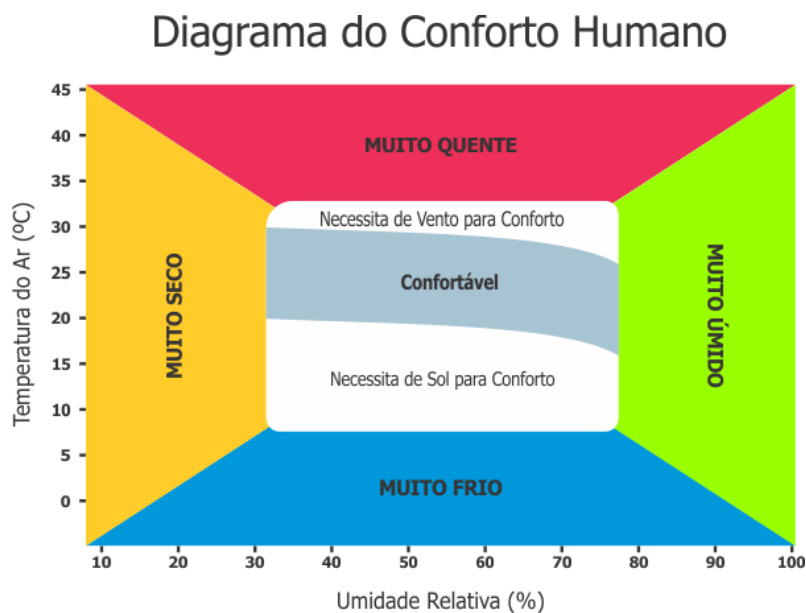


Figura 1. Diagrama de conforto humano. Fonte: INMET (2013)

2.1.2. Índice de Conforto térmico zootécnico

Na literatura são encontrados diferentes índices de conforto usados na avaliação do desempenho térmico dos animais. Os mais frequentes são: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Termômetro de Globo Negro (ITGN), Índice de Temperatura Equivalente (ETI), Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU), Índice de Temperatura Efetiva (ITE).

A avaliação de índices de conforto térmico e da qualidade do ar na produção animal é referenciada como ponto de interesse em estudos de sistema de controle ambiental (Menegali et al., 2009), e foca tanto a saúde dos animais que vivem em total confinamento, como dos trabalhadores que trabalham de 4 a 8 horas por dia nesse ambiente, como também o bem-estar animal (Moura et al., 2010).

As limitações para obtenção de altos índices zootécnicos no Brasil decorrem do alojamento em ambientes com clima quente, de animais geneticamente desenvolvidos em climas mais amenos, em condições ou conceitos provenientes deste clima; daí a necessidade de se ter instalações adaptadas com características construtivas que garantam o máximo possível de conforto permitindo, ao animal abrigado, desenvolver todo o seu potencial genético (Fiorelli et al., 2009).

Para os climas subtropicais e tropicais, como os do Brasil, os efeitos de temperatura e umidade do ar são, muitas vezes, limitantes ao desenvolvimento, à produção e à reprodução dos animais, em razão do estresse a eles associado (Avendano et al., 2006) (Figura 2).

Uma das formas de propiciar melhores condições de conforto aos animais, especialmente nas horas mais quentes do dia, é o sombreamento natural ou artificial, que reduz a carga térmica de radiação (CTR) incidente sobre o animal (Baêta & Souza, 2010).

Os animais homeotérmicos em geral se adaptam a uma ampla gama de ambientes. Entretanto, ocorrem diversas alterações térmicas no ambiente normal dos animais, causando estresse, redução no desempenho, como resultado da redução da saúde e higidez. Dentro de certos limites os animais sustentam a homeostase, se ajustando fisiológica, comportamental ou imunologicamente de modo a minimizar as consequências adversas (Silva et al. 2012).

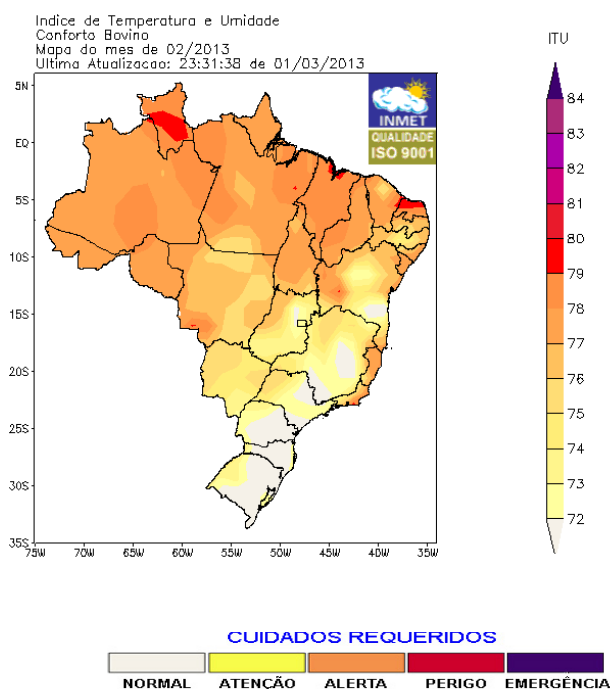


Figura 2. Mapa das faixas de conforto térmico para bovino. Fonte: INMET (2013).

Meneagli et. al. (2009) diagnosticaram e analisaram a qualidade do ar e o ambiente térmico no período de aquecimento, na criação de frangos de corte em aviários semi-climatizados, onde concluíram que o índice de temperatura

de globo negro e umidade (ITGU) indicaram as melhores condições de conforto térmico ambiente na primeira semana de vida das aves para o tratamento com Sistema de ventilação com pressão positiva (SVP) sendo que, na segunda semana, apontou condições desfavoráveis de conforto térmico para ambos os sistemas.

Estudando os parâmetros hematológicos de caprinos de corte no semiárido paraibano, Roberto et. al. (2010) observaram que as médias do ITGU tanto na sombra como no sol foram respectivamente 81,35 e 90,74 demonstrando uma situação de estresse térmico em ambos os turnos. Já Silva et. al. (2010), ao avaliarem a adaptabilidade de raças caprinas ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento, encontraram médias de ITGU de 80,11 e 92,17 para a sombra e sol respectivamente, e afirmaram que apesar de elevadas, essas médias não representam uma situação perigosa para os animais estudados.

Estudando os parâmetros hematológicos de caprinos de corte no semiárido paraibano, Roberto et. al. (2010) observaram que as médias do ITGU tanto na sombra como no sol foram respectivamente 81,35 e 90,74 demonstrando uma situação de estresse térmico em ambos os turnos. Já Silva et. al. (2010), ao avaliarem a adaptabilidade de raças caprinas ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento, encontraram médias de ITGU de 80,11 e 92,17 para a sombra e sol respectivamente, e afirmaram que apesar de elevadas, essas médias não representam uma situação perigosa para os animais estudados.

Para estudar diferentes tipos de telhas em instalações zootécnicas (telha reciclada à base de embalagens longa vida – TR; telha cerâmica – TC; telha cerâmica pintada de branco – TCB; telha de fibrocimento – TFC, Fiorelli *et al.* (2009) empregaram o IITGU, tendo em vista a importância da radiação solar nesta análise. O valor máximo do IITGU, no decorrer do dia, foi atingido em torno das 14h, para todas as coberturas avaliadas, constatando-se assim relação entre a máxima radiação solar com o índice aplicado.

A carga térmica radiante (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de todo o espaço circundante a ele. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o seu meio circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (Bond & Kelly, 1955). Para Bedford & Warner (1934), o

termômetro de globo negro (TGN) é uma maneira de se indicar os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência no organismo vivo. Segundo Sevegnani (1997), o TGN é muito utilizado como parâmetro para a avaliação das condições internas das instalações.

A carga térmica radiante (CTR) está intimamente ligada às trocas térmicas por radiação entre animal e ambiente, que, segundo Silva (2008), em muitos casos, fazem a diferença entre um ambiente tolerável e outro insuportável. Em ambientes tropicais, os valores desejáveis de carga térmica radiante deveriam ser os menores possíveis, porém, os valores obtidos neste trabalho foram altos e positivos, confirmando que os animais estão expostos a alta incidência de radiação durante o ano inteiro. Este resultado alerta para a necessidade de se selecionar para estes ambientes animais portadores pelames que protejam a epiderme e ao mesmo tempo facilitem a dissipação do excesso de calor corporal.

2.2. Materiais de cobertura

A temperatura no interior das edificações sofre influência de fontes internas (cargas internas promovidas pelos equipamentos, iluminação artificial, entre outras) e externas (elementos climatológicos, principalmente a temperatura do ar e a radiação solar). A energia solar absorvida causa acréscimo da temperatura do telhado em comparação com a temperatura do ar ambiente (Faghih & Bahadori, 2010). Desse modo, o telhado das instalações tem sido o elemento mais proeminente a ser considerado para se promover o conforto térmico dos animais em regiões de clima quente, por essa razão algumas regiões do mundo o utilizam como elemento para reduzir o ganho de calor total da telha, o que fornece efeito refrescante para as instalações (Faghih & Bahadori, 2010).

A baixa temperatura da superfície do telhado também induz uma baixa condução de calor para o interior da instalação. A utilização de materiais reflexivos à radiação solar traz benefícios econômicos por permitir a diminuição do ganho de calor pelos telhados, visto que uma cobertura exposta ao sol age como coletor de energia solar (Wray & Akbari, 2008).

A maior parte dos trabalhos relacionados aos materiais de cobertura para as condições climáticas brasileiras avalia o aquecimento térmico do ambiente e propõe soluções quando for o caso, pois o país apresenta verões quentes ou muito quentes, e grande parte dos animais sofre de estresse pelo calor. Contudo, o país também possui regiões de climas adversos, de frio intenso ou com parte destas condições, neste caso esta avaliação pode não ser correta, devem-se respeitar as características climáticas pontuais de cada região (Sampaio, 2011).

2.2.1. Telhas de fibrocimento

Segundo Conceição et al. (2008), a maioria das instalações utilizam telhado com telhas onduladas, como de fibrocimento, porque os custos de construção são menores do que das telhas cerâmicas, principalmente devido a estrutura de suporte que é mais leve e utiliza uma quantidade mínima de mão de obra. Além disso, esta construção é mais rápida e mais fácil de limpar, o que justifica a preferência deste tipo de telhado.

Trindade (2006) analisou o conforto térmico em galpões cobertos com telha de fibrocimento, com e sem nebulização interna e encontrou, nos horários mais quentes do dia (entre 10 e 14h), valores de temperatura ambiente e ITGU acima da zona de conforto térmico de poedeiras, mas afirma que esses valores não interferiram nos índices produtivos.

Jácome et al. (2007) analisaram o comportamento térmico de diferentes materiais de cobertura para instalações de poedeiras na fase de cria e recria e concluíram que as coberturas de telha de cimento amianto apresentaram, nos horários mais quentes do dia, piores resultados de carga térmica de radiação, quando comparados com telhas de cerâmica.

Fiorelli et al. (2010) avaliaram a influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações zootécnicas destinadas à criação de frangos de corte e obtiveram os maiores valores de CTR no protótipo coberto com telha de fibrocimento.

Fiorelli et al. (2012) avaliaram o ambiente térmico no interior de abrigos individuais para bezerros, expostos ao sol e à sombra, cobertos com telha de fibrocimento e ao compararem os valores dos índices de conforto térmico ITGU

e ITU, encontrados no estudo, com aqueles de termoneutralidade para gado de leite indicados na literatura, afirmaram que nenhum bezerreiro apresentou, no período em estudo, índices de conforto térmico adequados para a criação de bezerros, todos apresentaram condição de alerta ou perigo em todos os horários analisados.

Lima et al. (2009) determinaram as condições térmicas internas de galpões avícolas com diferentes tipos de cobertura no estado do Pará, e concluíram que os índices térmicos avaliados, ITGU e TE, foram maiores em galpões cobertos com telhas de fibrocimento e alumínio, comparativamente às telhas cerâmicas.

2.2.2. Telhas recicladas

O material obtido por meio da reciclagem de embalagens longa vida têm sido empregado como matéria prima alternativa na produção de telhas e placas, para a indústria moveleira e construção civil. Essas telhas são uma opção para as convencionais de fibrocimento, são empregadas sem maiores restrições, principalmente em prédios, áreas cobertas e propriedades rurais, pois atendem aos parâmetros determinados para as telhas de fibrocimento. Placas de embalagens longa vida recicladas apresentam comportamento semelhante às das telhas citadas anteriormente (Zuben & Neves 1999).

Testes referentes ao conforto térmico também foram realizados por Barnabé et al. (2014) no município de Pesqueira, estado de Pernambuco. Comparou-se as telhas recicladas, com as de fibrocimento e cobertura de palha. Concluiu-se que os abrigos cobertos com palha e telha reciclada mostraram melhor desempenho térmico em relação à cobertura de fibrocimento.

Fiorelli et al. (2010) avaliaram quatro protótipos, sendo um deles coberto com telha reciclada à base de embalagens longa vida e três de referência cobertos com telha cerâmica, telha cerâmica pintada de branco e telha de fibrocimento. A pesquisa foi desenvolvida no Câmpus Experimental da UNESP de Dracena - SP Dentro dos protótipos foram instalados termômetros de globo negro e termômetros de bulbo seco e bulbo úmido. Pelos resultados obtidos, os autores concluíram que a telha reciclada apresentou índices de conforto

térmico semelhantes àqueles encontrados para as telhas cerâmicas, podendo ser indicada como opção de cobertura para instalações zootécnicas.

2.2.3. Telhado verde

Os telhados verdes são caracterizados pela aplicação de uma cobertura vegetal sobre as edificações. Segundo Silva (2011), seu plantio é feito principalmente em coberturas planas, porém, existem módulos disponíveis no mercado que permitem a sua instalação em sistemas inclinados. Os elementos que compõem essa estrutura são a laje, a camada impermeabilizante, o isolante térmico, a camada drenante, a camada filtrante, o solo e a vegetação (Araújo, 2007).

Atualmente as coberturas ajardinadas são uma área de negócio em franca expansão em vários outros países do mundo, já representada por uma indústria poderosa e organizada. O reconhecimento público das vantagens deste tipo de instalação levou a que muitos governos já tenham implementado sistemas de incentivos para quem adote este tipo de solução construtiva (Neoturf, 2012), sobretudo pelas suas vantagens ambientais na gestão da água e na diminuição do efeito de ilha de calor.

Conforme sua tipologia pode ser classificada em intensiva, semi-intensiva e extensiva (Tabela 2). As coberturas intensivas são desenhadas e instaladas com o objetivo de constituírem uma mais valia estética para um edifício e em muitos casos para que as pessoas as possam utilizar da mesma forma que utilizam um jardim convencional (Figura 3). Nestas podem ser incorporadas estruturas como passadiços, bancos, jardins de recreio e até lagos. A vegetação é variada podendo incluir relva, plantas perenes, arbustos e árvores (IGRA, 2012; LIVINGROOFS, 2012), organizadas de uma forma visualmente apelativa. A manutenção é feita de uma forma individual e, dependendo das espécies, poderá ser necessária a instalação de sistemas adicionais de drenagem e recolha de água, e sistemas de rega e/ou fertilização. A profundidade do perfil de solo tem que ser suficiente para acomodar as espécies de maior porte. Os substratos mais leves permitem diminuir a carga sobre a estrutura dos edifícios (Neoturf, 2012).

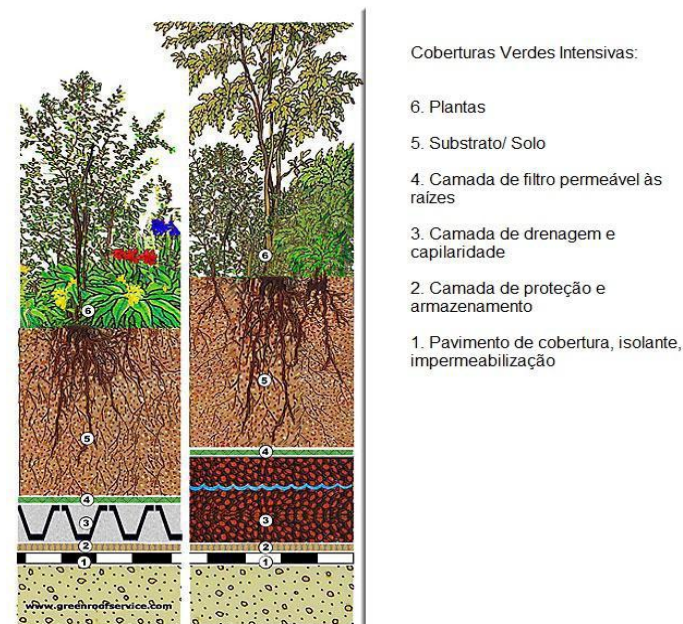


Figura 3. Cobertura Verde Intensiva – corte. Fonte: Lohmann (2008).

Segundo Nascimento (2008), as coberturas verdes semi-intensivas são as intermediárias entre as coberturas verdes extensivas e intensivas, geralmente cobertas por gramíneas, árvores e arbustos de pequeno porte. Possuem espessura entre 12 a 20 cm, em função das plantas utilizadas necessitarem de alguns cuidados com relação à água e nutrientes, sendo pouco onerosas em relação aos gastos com manutenção.

As coberturas extensivas não têm como finalidade o uso humano regular e em alguns casos não são visíveis quando instaladas. São geralmente instaladas por apresentarem uma solução ecológica e mais apelativa visualmente em relação às coberturas planas tradicionais (Figura 4). A vegetação mais utilizada é de pequeno porte e usualmente uniforme, sendo tratada em massa (Neoturf, 2012). Deve apresentar características que lhe confirmam resistência à seca, aos ventos, às temperaturas extremas e aos elevados índices de radiação o que diminui a necessidade de manutenção (Monteiro, 2010). Quanto ao tipo de vegetação a usar, podem ser utilizadas espécies alpinas ou provenientes de climas secos, mas dá-se prioridade às espécies indígenas, sendo os tipos de vegetação mais usados pertencentes às plantas suculentas, musgos, ervas e gramíneas (Zinco, 2012). Entre estas, o gênero *Sedum*, é o mais utilizado.

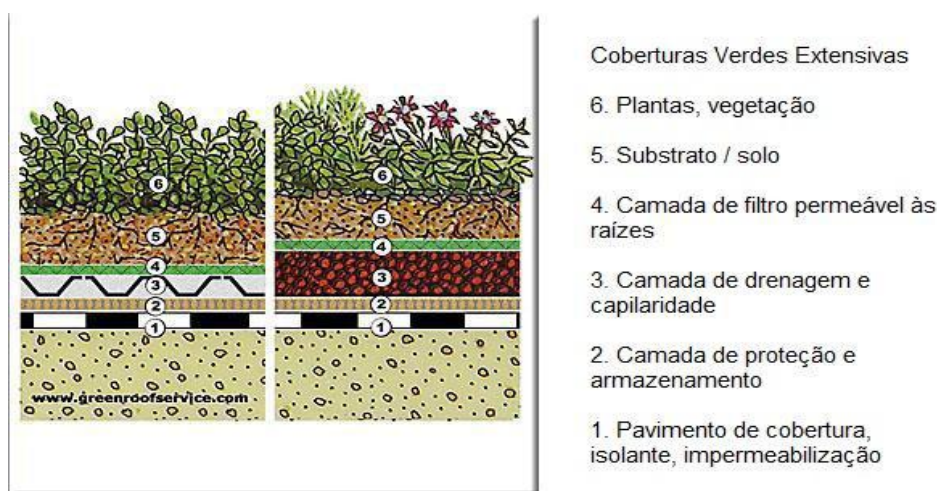


Figura 4. Cobertura verde extensiva – corte. Fonte: Lohmann (2008).

Chen (2006) revela que tanto telhados vegetados intensivos quanto extensivos trazem benefícios térmicos ao ambiente urbano, reduzindo a temperatura das superfícies, resfriando o ar ambiente, reduzindo a radiação refletida, a temperatura de globo e o fluxo de calor pelo telhado.

Tabela 1. Classificação Geral das Coberturas Verdes. Adaptado. Fonte: IGRA.

	Extensiva	Semi-Intensiva	Intensiva
Manutenção	Baixa	Periódica	Alta
Irrigação	Não	Periódica	Regularmente
Famílias de Plantas	Musgo, Sedum, Herbáceas e Gramas	Gramma, Herbáceas e Arbustos	Gramados, Espécies perenes, Arbustos e Árvores
Profundidade do substrato	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm; >1000 mm em garagens subterrâneas
Peso	60-150 kg m ⁻²	120-200 kg m ⁻²	180-500 kg m ⁻²
Custos	Baixo	Médio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Cobertura verde para Design	Como jardim ou parque

No telhado verde ocorrem mecanismos de transferência de calor, onde um deles é o mecanismo de condução, que consiste na transferência de calor de uma zona de temperatura mais elevada para uma zona que apresenta uma temperatura mais baixa. Este tipo de transferência de calor acontece em materiais sólidos onde a taxa de transferência de calor depende da condutividade térmica do próprio material. Como verificado pela *Lei de Fourier*, quanto maior a condutividade térmica, maior a taxa de transferência de calor através do material. Uma cobertura verde pode, por isso, diminuir a transferência de calor por condução, por meio do uso de elementos com baixa condutividade térmica como o solo e a água (Wark, 2012).

As principais vantagens destes sistemas quando comparados com os telhados convencionais são a redução do escoamento superficial (Stovin; Vesuviano & Kasmin, 2012), reduz a poluição do ar (Gartland, 2010), a redução de ruídos (Van Renterghem; Botteldooren, 2009), redução do efeito das ilhas de calor (Getter & Rowe, 2008); além de agregar valor estético à arquitetura urbana (ENGLISH NATURE, 2003).

Segundo Parizotto e Lamberts (2011), o telhado vegetado é uma estratégia que apresenta baixo custo de manutenção, mas que causa impactos significativos no desempenho térmico da edificação, favorecendo a obtenção de temperaturas amenas em seu interior diminuindo a dependência da utilização de sistemas de condicionamento artificial. Em uma base anual, para a cidade de Florianópolis, Brasil, o telhado vegetado reduziu o ganho de calor em 37 e 63% em relação aos telhados cerâmico e metálico, respectivamente, e aumentou a perda de calor em 22% em relação aos mesmos durante a primavera/verão. No outono/inverno a redução do ganho pelo telhado vegetado foi de 94 e 88% em relação aos telhados cerâmico e metálico, respectivamente, e o aumento da perda é de 65 e 30% em relação aos mesmos.

Durante e após fortes chuvas, os materiais de planta, substrato e a camada de drenagem projetada em um telhado verde podem absorver quantidades significativas de precipitação e escoamento de águas pluviais, tornando-se eficaz ao combate e prevenção de enchentes (Cantor, 2008).

Burszta-Adamiak (2012) realizou, em um prédio da Universidade de Ciências da Vida e Meio Ambiente em Wrocław, na Polônia, ensaios para

determinação da capacidade de retenção dos telhados verdes, do retardo no escoamento superficial e da redução no pico do hidrograma durante eventos de chuva. Os telhados verdes com várias camadas contribuíram para a redução da velocidade do escoamento e a redução no pico do hidrograma em comparação ao valor máximo de precipitação registrado. De acordo com o autor, a retenção média para 153 eventos de precipitação analisados variou de 82,5% a 85,7% para os telhados verdes e, no caso de eventos até 1 mm/dia, a retenção dessas estruturas atingiu aproximadamente 100%.

Susca et. al. (2011) avaliaram o efeito positivo do telhado verde por meio de uma abordagem, em escala urbana, do monitoramento da temperatura do ar na cidade de Nova Iorque e a temperatura da superfície de três sistemas de cobertura. Os autores concluíram que os telhados verdes são capazes de reduzir o consumo de energia para o arrefecimento e aquecimento e, como consequência, reduzir os picos de consumo de energia no verão.

2.2.3.1. Vegetação utilizada na cobertura verde

A escolha do tipo de cultura que fará parte da camada de vegetação do telhado é uma etapa de grande relevância, visto que deve ser considerado o tipo de substrato, a estrutura do telhado e a carga adicional sobre o mesmo, pois, o tipo de planta influencia no peso. É também de grande relevância a análise do clima da região, pois este determinará a necessidade de rega ou não da espécie de planta escolhida.

Uma das maneiras de obter uma cobertura verde que funcione plenamente e demande poucos cuidados é utilizando espécies nativas, que têm melhor adaptação aos tipos de clima locais e fácil desenvolvimento, além de farta disponibilidade. As espécies que cumprem satisfatoriamente este papel é a grama esmeralda (*Zoysia japonica*) e a grama-amendoim (*Arachis repens*).

As *Zoysias* spp. são gramíneas perenes adaptadas a uma ampla gama de ambientes (Schwartz, 2008), sendo tolerantes ao frio e salinidade. Entretanto, seu crescimento é lento o que dificulta seu estabelecimento, podendo isso ser vantagem na manutenção por exigir menor frequência de cortes em relação a algumas outras gramíneas de estação quente (Trenholm; Unruh, 2006).

Do total da área cultivada no Brasil, cerca de 74% é de grama Esmeralda, 24% de grama São Carlos, 1,2% de grama bermudas e 0,8% de outros cultivares de gramas (Zanon; Pires, 2010).

A espécie esmeralda, principal grama cultivada e mais comercializada no Brasil, tem crescimento rizomatoso-estolonífero, com folhas de textura fina a média, excelente densidade e coloração verde médio, muito usada em contenção de taludes e áreas com riscos de erosão (devido ao grande número de rizomas que produz), além de jardins residenciais, áreas públicas, parques industriais e campos esportivos (Gurgel, 2003).

As espécies do gênero *Arachis* têm diversas funções, como agrônômica (*Arachis pintoi*, espécie usada como forração de pastagens) e econômica (*Arachis hypogea*, o amendoim comum), além de função ornamental (*Arachis repens*, a grama-amendoim).

De acordo com Holbrook & Stalker (2002) as espécies deste gênero são nativas de uma extensa região sul-americana, que se estende desde os contrafortes dos Andes até o Oceano Atlântico e desde a costa norte brasileira até a aproximadamente 34°S no Uruguai.

Em suas pesquisas, Del Barrio (1998) afirmou que, para a redução eficiente dos fluxos de calor para o interior da edificação, no verão, devem-se utilizar plantas com muitas folhas, preferencialmente horizontais e utilizar solo leve e aerado, como turfa, para aumentar o atraso térmico.

Esta sugestão é suprida pela aplicação da grama-amendoim, visto que sua geometria foliar e suas características fisiológicas são semelhantes ao descrito pela autora, informação que é corroborada pela descrição da espécie feita por Lorenzi & Souza (2001).

Os autores descrevem a espécie como herbácea reptante, perene, nativa do Brasil, atingindo de 10 a 20 cm de altura, com ramagem prostrada, fina, de nós e entre nós destacados. Folhas compostas, curtas, com dois pares de folíolos pequenos, em formação compacta. Também descrevem seu cultivo ideal como sendo em canteiros a pleno sol, ricos em matéria orgânica, permeáveis e com irrigação periódica.

2.3. Modelos de escalas reduzidas

A teoria dos modelos em escala reduzida, ou teoria da similitude, foi proposta por Murphy (1950), que classificou os modelos em três tipos: modelos adequados: são aqueles que permitem uma predição acurada de apenas uma característica; modelos dissimilares: são aqueles em que não existe semelhança entre o original e o modelo, mas que têm em comum, apenas características funcionais e estruturais; modelos distorcidos: são aqueles em que alguns critérios do projeto são alterados, onde se torna necessária a correção da equação de predição. Nesse usa-se mais de uma escala, normalmente uma escala para as dimensões horizontais e outra para as verticais.

Um dos maiores desafios da engenharia em geral é estudar modelos confiáveis que simulem o desempenho das estruturas na escala real, reduza os custos e as dificuldades que a escala real proporciona (Rizzatti et al. 2012).

Muitas vezes não é possível a reprodução exata de todos os detalhes geométricos e das propriedades físicas do modelo, principalmente quando estão sendo utilizadas escalas muito pequenas, assim é necessário trabalhar a similitude parcial (Carneiro, 1993).

O estudo da ambiência animal em modelos reduzidos tem como principal desvantagem a impossibilidade de realizar testes em condições de produção, é necessário simular o calor dissipado pelos animais no interior das instalações e a umidade adicionada ao meio (Peixoto, 2004).

A maioria dos trabalhos desenvolvidos na área de conforto térmico para a produção animal envolve o estudo preliminar em modelos reduzidos. Dessa forma, esses modelos já foram utilizados por diversos autores para reproduzir e avaliar comportamento térmico de instalações construídas com diferentes materiais e sistemas de climatização (Sampaio, 2011). Outros autores têm empregado a técnica de modelos reduzidos para reproduzir e avaliar condições arquitetônicas e ambientais em instalações zootécnicas.

Jentzsch (2002) analisou as relações necessárias para que o comportamento dos parâmetros de conforto térmico de uma instalação em escala natural pudesse ser determinado a partir das observações em modelos reduzidos. Para isso, o autor utilizou um galpão para recria de aves como

protótipo e três modelos reduzidos nas escalas de 1:4, 1:8 e 1:12. A partir dos dados obtidos, concluiu que as distorções existentes nos modelos não influenciaram o fator de predição para as condições e critérios estabelecidos no projeto, o uso do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), permitiu prever as condições térmicas ambientais em um protótipo a partir de modelos reduzidos em até 12 vezes.

Maristela et al. (2008) compararam o comportamento térmico de um tipo de telha alternativa com dois tipos de cobertura comumente utilizados no meio avícola, por meio de modelos reduzidos de galpões avícolas.

Sampaio et al. (2011) avaliaram as temperaturas superficiais externas e internas de diferentes materiais de cobertura e a relação com o conforto térmico, em modelos de escala reduzida e distorcida nas dimensões de 1,40 m de largura, 3,00 m de comprimento, 1,50 m de pé-direito, nas escalas de 1:10, nas dimensões horizontais, e de 1:2, nas dimensões verticais.

Camerini e Nascimento (2012) analisaram a influência do revestimento de resíduo de EVA no conforto térmico de instalações agropecuárias, construídos em escala reduzida (1:10). Os autores concluíram que os modelos reduzidos com forro de EVA proporcionaram melhores condições térmicas no seu interior, tornando o ambiente mais confortável para animais em instalações agropecuárias de escala real.

Melo et al. (2013) verificaram a influencia da inclinação e exposição norte e sul em telhas de fibrocimento sobre o calor retido, na variação de temperatura externa e interna e entalpia no interior de modelos reduzidos de instalações zootécnicas.

2.4. Termografia por infravermelho

A termografia por infravermelho é definida como uma técnica de avaliação que detecta a radiação e possibilita a medição de temperaturas e a observação de padrões de distribuição de calor. Esta técnica pode ser utilizada em situações onde a variação de temperatura superficial indica alguma condição atípica em um sistema qualquer (Cerdeira et al., 2011).

O processo de transferência de calor sempre ocorre quando existe uma diferença de temperatura entre corpos ou entre um corpo e o ambiente pelos mecanismos de radiação, condução e convecção. O método termográfico está relacionado apenas à radiação, onde os sensores termográficos trabalham na faixa da região infravermelha do espectro eletromagnético (Jarreta Neto, 2009).

O sensor da câmara termográfica converte a radiação captada em pulsos elétricos, os quais são amplificados e convertidos em sinais digitais. Estes sinais são visualizados como imagens coloridas, em uma escala de cinza ou em cores correspondente a temperatura do objeto. Posteriormente, estas imagens podem ser analisadas por softwares específicos (Sanchez, 2009).

A termografia por infravermelho apresenta como principais vantagens à rapidez de inspeção, a possibilidade de interpretação das imagens em tempo real e o fato da técnica ser não destrutiva. Entre as desvantagens do método pode-se citar a necessidade dos componentes inspecionados possuírem pequena espessura e o custo relativamente alto para aquisição dos equipamentos (Tarpani et al., 2009).

Abreu et. al., (2011) realizaram imagens termográficas da superfície de telhas, para avaliar sua temperatura superficial, interna e externa. Os autores concluíram que a temperatura das telhas não foi alterada pela forma ondulada ou plana; a telha de barro colonial apresentou maior temperatura da superfície inferior e as telhas onduladas cinza, plana cinza e amianto, apresentaram maiores temperaturas médias na superfície superior.

Fiorelli et. al. (2012) avaliaram o ambiente térmico no interior de abrigos individuais para bezerros, expostos ao sol e à sombra, cobertos com telha de fibrocimento sem amianto, utilizando termografia infravermelho e índices de conforto térmico. Os autores constataram que o uso do processamento de imagens termográficas infravermelhas revelou-se uma ferramenta facilitadora da identificação de diferenças significativas de temperatura de superfície de cobertura do bezerreiro exposto à sombra em comparação àqueles expostos ao sol.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área

O experimento foi realizado, no período de 20 de março a 29 de maio de 2014, com duração de 70 dias, na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Recife, na Zona da Mata do estado de Pernambuco, $8^{\circ} 04'03''$ S e $34^{\circ} 55'00''$ W e altitude 4 m.

O experimento foi dividido em dois períodos: período seco, compreendido entre os dias 20/3 a 25/4, e período chuvoso compreendido entre os dias 26/4 a 29/5. A área onde o experimento foi montado possui 22 m de largura por 18 m de comprimento (figura 5), nivelada, gramada e livre de sombreamento.

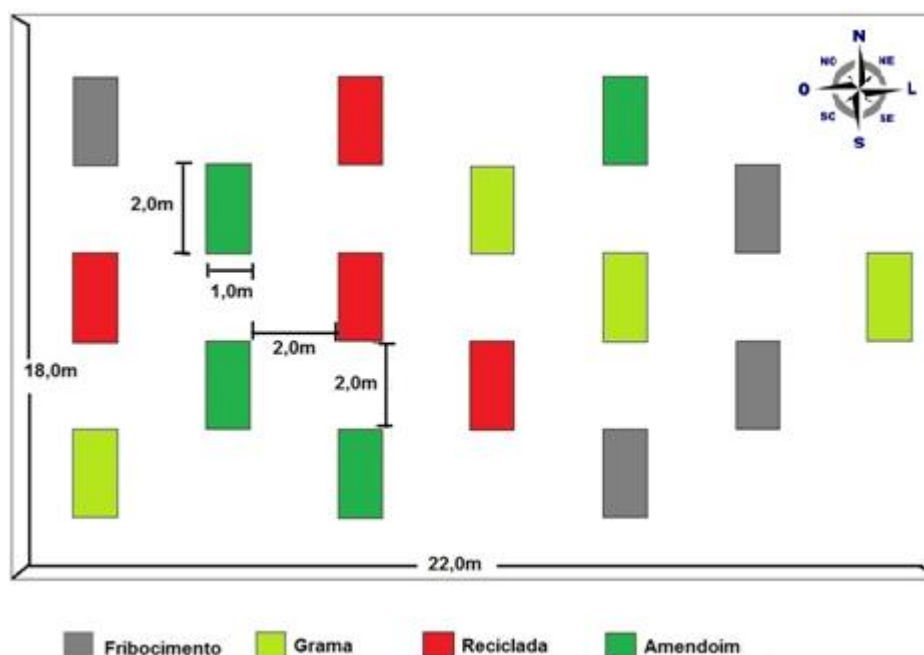


Figura 5. Planta baixa da área experimental com a disposição dos modelos reduzidos.

O clima da região é caracterizado como megatérmico (As') com precipitação de inverno e com estação seca do verão até outono, segundo classificação de Köppen (Pereira et al., 2002). A temperatura média anual é de $25,5^{\circ}\text{C}$. As temperaturas mais elevadas na região são em Janeiro, com média

de 27 °C e Julho é o mês mais frio, com média de 24 °C. Na Figura 5 observa-se o balanço hídrico mensal para o município de Recife, PE, estabelecido por estudos das características climáticas da região no período de 1961-1990 por Sentelhas et al. (1999), nota-se que o déficit hídrico na região estudada ocorre nos meses de Janeiro, Outubro, Novembro e Dezembro. Pode-se observar na Tabela 3 a característica climática da região estudada (CHESF, 1987; Sentelhas et al., 1999 e MME 2003.).

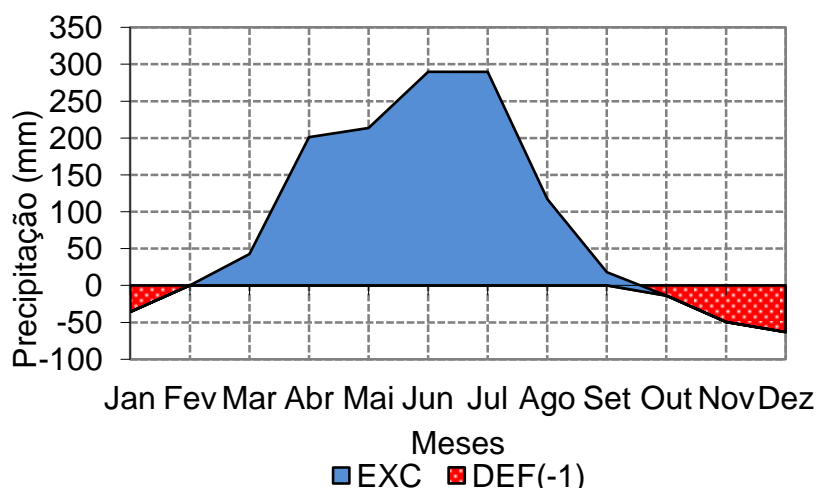


Figura 6. Balanço hídrico mensal da cidade do Recife. Fonte: Sentelhas et al. (1999).

Tabela 2. Característica climáticas de Recife-PE. Fonte: CHESF (1987), Sentelhas et al. (1999) e MME (2003).

Mês	N (h)	n (h)	(n/N)	Qg (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	Tar (°C)	UR (%)	P (mm)
Jan	12,4	8,3	0,67	22,3	26,6	75	103
Fev	12,3	7,8	0,64	21,5	26,6	77	144
Mar	12,1	6,9	0,57	20,2	26,5	80	265
Abr	11,8	6,5	0,55	17,7	25,9	84	326
Mai	11,6	6,3	0,54	15,9	25,2	85	329
Jun	11,5	5,7	0,49	14,5	24,5	86	390
Jul	11,6	5,3	0,46	14,6	24,0	85	386
Ago	11,7	7,1	0,61	18,5	23,9	82	213

Set	12,0	7,5	0,63	20,5	24,6	79	122
Out	12,2	8,3	0,68	22,2	25,5	76	66
Nov	12,4	9,3	0,75	23,0	25,9	74	48
Dez	12,5	8,5	0,68	21,9	26,3	75	65
Ano	12,0	7,3	0,61	19,5	25,5	80	205

N: fotoperíodo (h); n: insolação diária (h); n/N: fração de insolação; Qg: radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$); Tar: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); UR: umidade relativa do ar (%); P: precipitação (mm).

3.2. Construção dos modelos reduzidos

Os modelos reduzidos e distorcidos das instalações foram construídos na orientação norte-sul nas escalas de 1:10 nas dimensões horizontais e 1:2 nas dimensões verticais, de acordo com metodologia utilizada por Sampaio et al.(2011), com medidas de 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura e 1,4 m de pé direito, segundo dimensões reais de um galpão com 20 m de comprimento por 10 m de largura e 2,8 m de pé direito, distanciados 2,0 m entre si (Figura 7).

A orientação norte-sul dos modelos reduzidos é justificada pela futura utilização dos mesmos em pesquisa com parede verde. A estrutura dos modelos foi construída com base de tijolos de 0,30 m (figura 7a), formada por pilares de tubos de PVC concretados (figura 7b), piso de concreto (figura 6c), ripas de madeira para suporte das coberturas (figura 7d, 7e), fechamento lateral em chapas de fibra de madeira sobrepostas (figura 7f), medindo 2,0 x 1,10 m cada, com abertura em uma das faces para o acesso a instrumentação interna. O telhado foi construído em duas águas, com beirais de 0,16 m e inclinação de 15%.



Figura 7. Etapas da construção dos modelos reduzidos. (a) base de tijolos com 30 cm; (b) tubos de pvc (100 mm) preenchidos por concreto; (c) piso de concreto; (d, e) armação de ripas de madeira para suporte dos telhados; (f) fechamento lateral com chapas de fibra de madeira.

3.2.1. Descrição das coberturas

Utilizou-se telhas de fibrocimento com 4 mm de espessura e dimensões de 0,50 m x 2,10 m, divididas em três partes iguais de 0,50 m x 0,70 m, totalizando três telhas para cada modelo reduzido.

As telhas e placas recicladas utilizadas são constituídas de polímero reciclado (tubos de pasta de dente) de 10 mm (25% de alumínio e 75% de polietileno), com dimensões de 1,0 m x 2,0 m, divididas em três partes iguais de 1,0 m x 0,67 m, totalizando duas telhas/placas para cada modelo reduzido.

3.2.2. Montagem das coberturas verdes

Para a implantação do telhado verde utilizou-se placas recicladas para suporte, com 0,01 m de espessura, bandejas de polietileno (figura 8a), onde

foram plantadas as vegetações, e substrato composto de solo rico em matéria orgânica mais pó de coco na proporção 2:1. Foram utilizadas 28 bandejas para cada repetição (modelo reduzido).



Figura 8. Etapas da montagem das bandejas de Zoysia japônica, para formação do telhado verde. (a) bandeja de plástico própria para grama; (b) preenchimento parcial da bandeja com substrato; (c) plantio da grama.

Para as coberturas verdes, as bandejas foram parcialmente preenchidas por substrato (figura 8b) e em seguida realizou-se o plantio da grama (figura 8c) e do amendoim forrageiro (cada bandeja recebeu quatro mudas com espaçamento de 0,10 m entre elas). As bandejas vegetadas foram mantidas em local de meia sombra, com rega diária, para o pegamento das raízes e desenvolvimento das plantas, durante três semanas (figura 9).



Figura 9. Bandejas de grama esmeralda e amendoim forrageiro em fase de desenvolvimento.

Após esse período, escolheram-se aleatoriamente três bandejas com grama e três com amendoim forrageiro para pesagem, onde a carga média de cada bandeja de grama foi de 3,4 kg na condição de substrato na capacidade de campo e 4,6 kg na condição de substrato saturado. Totalizando a carga de 31,7 kg m⁻² na condição não saturada e 42,9 kg m⁻² na condição saturada. A carga média de cada bandeja de amendoim forrageiro foi de 4,5 kg na condição de substrato na capacidade de campo e 5,7 kg na condição de substrato saturado. Totalizando a carga de 42 kg m⁻² na condição não saturada e 53,2 kg m⁻² na condição saturada.

Após o período de desenvolvimento, os modelos reduzidos, cobertos com placa reciclada, foram cobertos por lona plástica de cor azul (figura 10a e 11a), visando impermeabilizar a superfície da placa e reduzir o efeito de carga térmica causada por lona de cor preta, mais comumente encontrada no mercado. Em seguida as bandejas foram dispostas de forma a preencher toda a placa (figura 10b e 11b).



Figura 10. Impermeabilização e montagem do telhado verde (*Zoysia japonica*).

(a) lona plástica abaixo das bandejas de grama, para impermeabilização; (b) bandejas cobrindo toda a cobertura do modelo reduzido.



Figura 11. Impermeabilização e montagem do telhado verde (*Arachis repens*).

(a) lona plástica abaixo das bandejas de grama, para impermeabilização; (b) bandejas cobrindo toda a cobertura do modelo reduzido.

3.2.3. Manutenção das coberturas verdes e área experimental

Os telhados verdes foram regados diariamente e a área experimental teve manutenção periódica, onde a grama do terreno em volta do experimento foi aparada a cada 20 dias, para evitar influência da vegetação em volta nos dados coletados.

3.3. Instalação dos sensores e coleta de dados

Os sensores foram instalados no centro geométrico dos modelos reduzidos, a 0,75 m do piso e 1,0 m da entrada (figura 12a), e distanciados 0,30 m entre si, por meio de uma estrutura em formato de cabide, confeccionada com arame (figura 12b).

As variáveis meteorológicas, temperatura de bulbo seco (T_{bs} , °C) e umidade relativa do ar (UR%) foram registradas no interior dos modelos reduzidos por meio de dataloggers modelo HOBO U12-12. A temperatura de globo negro foi medida com auxílio de uma esfera oca de polietileno pintado de preto fosco com 15 cm de diâmetro na qual foi inserido um sensor térmico

(termistor) que registrou a temperatura que, por sua vez, foi imediatamente armazenada no datalogger.

Para as variáveis do ambiente externo, foi utilizada uma estação meteorológica automática (figura 12c), localizada próxima à área do experimento (50 m). Os dados foram coletados a cada segundo e registrados a cada 15 minutos no decorrer do período experimental.



Figura 12. Sensores utilizados no experimento. (a) Sensores instalados no centro geométrico dos modelos reduzidos; (b) cabide confeccionado para separar os sensores; (c) estação meteorológica automática.

3.4. Termografia

Para análise térmica da cobertura dos abrigos, foram utilizadas imagens termográficas, feitas da face interna das coberturas, do centro geométrico dos modelos e em paralelo à superfície. A fim de padronizar a distância entre a câmera e a superfície analisada considerou-se a distância de 0,75 m entre a câmera e a superfície inferior (face interna) das coberturas. As imagens foram registradas nos horários das 9, 12, e 15 h, analisadas diariamente por uma semana durante o período experimental, totalizando 104 imagens para cada tratamento. As imagens foram obtidas por meio de uma câmera termográfica, modelo FLIR E60. O processamento das imagens foi realizada pelo programa

computacional FLIR QuickReport em que foram ajustados os valores da emissividade em função do tipo de material avaliado, sendo 0,92 para cobertura de telha de fibrocimento (ISSO-SYSTEMS, 2012), 0,65 para cobertura de telha reciclada (Michels et al., 2008). As variáveis termohigrométricas foram obtidas no instante do registro da imagem.

3.5. Índices de conforto

A eficiência térmica das instalações foi obtida por meio de dados referentes às variáveis meteorológicas registradas nos ambientes estudados, foram determinados índices zootécnicos e humanos.

3.5.1. Índices zootécnicos

Foram determinados os seguintes índices: índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) proposta por Buffington et al. (1981) e carga térmica radiante (CTR) proposta por Esmay (1982), com as seguintes equações, respectivamente (Eq. 1 e 2):

$$ITGU = T_g + 0,36 T_{po} - 330,08 \quad \text{Eq. 1}$$

em que:

T_g = temperatura de globo negro (K);

T_{po} = temperatura de ponto de orvalho (K).

$$CTR = \tau(TMR)^4 \quad \text{Eq. 2}$$

$$TRM = 100 \left\{ \left[2,51(VV)^{0,5} (T_g - T_s) + \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 \right]^{0,25} \right\} \quad \text{Eq. 3}$$

em que:

TRM = temperatura média radiante;

VV = velocidade do vento (ms^{-1});

Tg= temperatura de globo negro (K);

Ts = temperatura de bulbo seco (K);

$\tau = 5,67 * 10^{-8} \text{ K}^{-4} \cdot \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann).

3.5.2. Índices Humanos

Assim como por meio do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, °C) proposto por Giles (1990) (Eq. 5), Temperatura Efetiva (TE, °C) proposto por Missenard (1937) (Eq. 6) e Índice de Conforto Humano (ICH, °C) proposto por Rosenberg (1983) (Eq. 7):

$$ITU = T_a - 0,55 (1 - 0,01UR)(T_a - 14,5) \quad \text{Eq. 5}$$

em que,

ITU – Índice de temperatura e umidade (°C);

T_a - temperatura do ar (°C);

UR - umidade relativa (%);

$$TE = T - 0,4 \left[\left(1 - \frac{UR}{100} \right) \right] (T - 10) \quad \text{Eq. 6}$$

em que,

TE – Temperatura efetiva (°C);

T – Temperatura do ar (°C);

UR – Umidade relativa do ar (%).

$$ICH = t_a + \frac{5}{9}(e_a - 10) \quad \text{Eq. 7}$$

em que,

T_a - temperatura do ar, °C;

e_a - pressão de vapor, kPa;

$$e_a = \frac{(e_s \times UR)}{100} \quad \text{Eq. 8}$$

em que,

e_a - pressão de vapor, kPa;

e_s - pressão de vapor do ar saturado, kPa (Eq. 3);

$$e_s = 0,611 \times 10^{((7,5 \times Ta)/(237,3+Ta))} \quad \text{Eq. 9}$$

em que,

e_s - pressão de vapor do ar saturado, kPa;

T_a - temperatura do ar, °C;

Os resultados foram comparados e discutidos de acordo com a tabela 3, onde se encontra a classificação do grau de conforto térmico em função dos valores de ICH obtidos; tabela proposta por Fanger (1972) para ITU, em que apresenta a distribuição das zonas de conforto e desconforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas (tabela 4) e tabela de Classificação da Temperatura Efetiva (tabela 5).

Tabela 3. Classificação do grau de conforto térmico em função dos valores de ICH. Rosemberg (1983).

ICH (°C)	Grau de Conforto
20 – 29	Confortável
30 – 39	Grau de conforto variado
40 – 45	Desconforto suportável
46 ou mais	Desconforto insuportável

Tabela 4. Distribuição das zonas de conforto e desconforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas, FANGER (1972).

°C	Sensação Térmica (tipo de CT)	Grau de estresse fisiológico
< 13	Muito Frio	Extremo estresse ao frio
13 - 16	Frio	Tiritar
16 - 19	Frio Moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
19 - 22	Ligeiramente Frio	Vasoconstrição
22 - 25	Confortável	Neutralidade térmica
25 - 28	Ligeiramente Quente	Ligeiro suor, vasodilatação
28 - 31	Quente Moderado	Suando
31 - 34	Quente	Suor em profusão
> 34	Muito Quente	Falha na termorregulação, estresse por calor

Tabela 5. Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas. (MASTER, 2014).

TE (°C)	Sensação Térmica	Grau de estresse fisiológico
< 05	Muito Frio	Extremo estresse ao frio
05 - 10	Frio	Extremo estresse ao frio
10 - 13	Moderadamente Frio	Tiritar
13 - 16	Ligeiramente Frio	Resfriamento do corpo
16 - 19	Pouco Frio	Ligeiro resfriamento do corpo
19 - 22	Ligeiramente Fresco	Vasoconstrição
22 - 25	Confortável	Neutralidade térmica
25 - 28	Ligeiramente Quente	Ligeiro suor; vasodilatação
28 - 31	Quente Moderado	Suando
31 - 34	Quente	Suor em profusão
> 34	Muito Quente	Falha na termoregulação

3.6. Análise dos dados

Foram considerados quatro tratamentos, telha de fibrocimento (Tfib), telha reciclada (Trec), telhado verde grama (Tgra) e telhado verde amendoim (Tame), com quatro amostras cada, totalizando 16 modelos em escala reduzida e distorcida, dispostos aleatoriamente (figura 13).

Os índices de conforto foram submetidos à ANOVA, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, considerou-se os dias como repetições de cada tratamento (Figura 13), a análise estatística foi efetuada por meio do software Statistical Analysis System (SAS, 2009) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Duncan ao nível de 1% de significância, e submetidas à estatística descritiva.

Também foram calculadas medidas de localização e dispersão. Como medidas de localização foram utilizadas a média, a partir da seguinte expressão:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

A moda, que é o valor que surge com mais frequência se os dados são discretos, ou, o intervalo de classe com maior frequência se os dados são contínuos; e a mediana, que é o valor (pertencente ou não à amostra) que divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana. Para avaliações das variáveis meteorológicas, foi realizada análise de regressão, entre os tratamentos e o ambiente externo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 13 apresenta os valores médios diários de temperatura do ar obtidos nos tratamentos (Tame, Tgra, Tfib, Trec) estudados e na estação meteorológica (Text), e precipitação média diária, durante todo o período experimental (20/03 a 29/05).

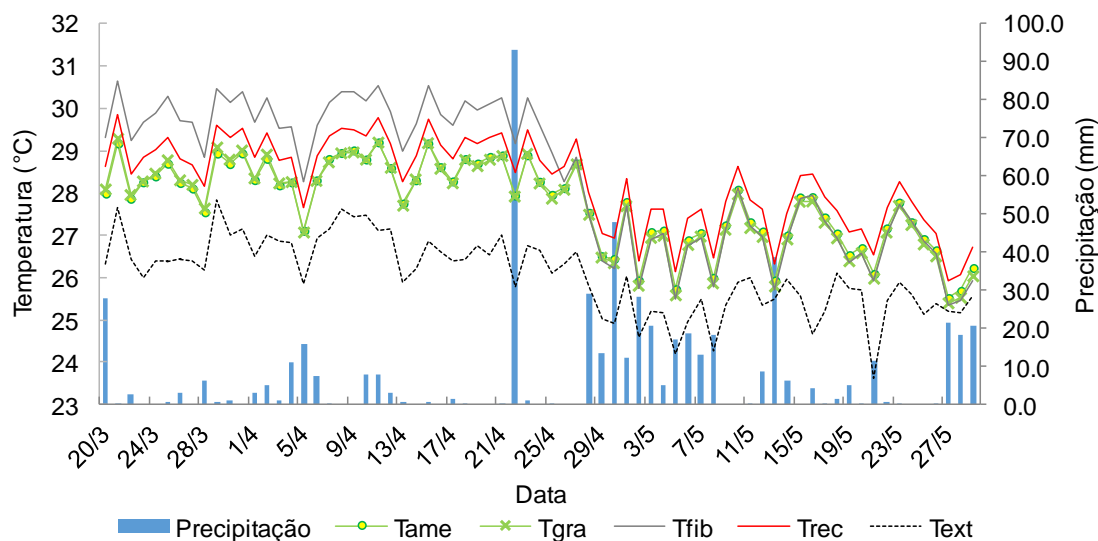


Figura 13. Variação média diária da precipitação e da temperatura do ar dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.

Observa-se que os valores da temperatura no interior do ambiente com coberturas verdes, média de 27,67 °C (Tame) e 27,61 °C (Tgra), foram menores se comparados com os ambientes com coberturas de telha de fibrocimento, 28,27 °C e reciclada 28,19 °C, diferença em torno de 0,5 °C. Isso ocorre devido a modificação dos elementos meteorológicos, na micro escala, ocasionada pela cobertura verde, intimamente associada a presença de água na cobertura, utilizada no processo de evapotranspiração (ROSSETI, 2013).

Nota-se claramente a divisão do período experimental em período seco (baixa precipitação) (20/3 a 25/4) e período chuvoso (26/4 a 29/5).

A figura 14 apresenta os valores médios diários de temperatura do ar obtidos nos tratamentos (Tame, Tgra, Tfib, Trec) estudados e na estação meteorológica (Text), e precipitação média diária durante o período seco.

A média da temperatura registrada no interior dos abrigos durante o período seco foi de 29,83 °C, 29,04 °C, 28,48 °C, 28,49 °C e 26,70 °C, para os tratamentos Tfib, Trec, Tame, Tgra e Text respectivamente, com diferença média de 0,9 °C entre os tratamentos.

Resultado semelhante foi encontrado em clima tropical, na cidade de Cuiabá, por Rosseti (2009). Em protótipo no qual foi implantado telhado vegetado, foram observadas menores temperaturas internas do ar, em todos os horários do dia. No verão, a temperatura interna do ar no protótipo com telhado vegetado foi até 4,7 °C menor que no protótipo com telhas de fibrocimento convencional.

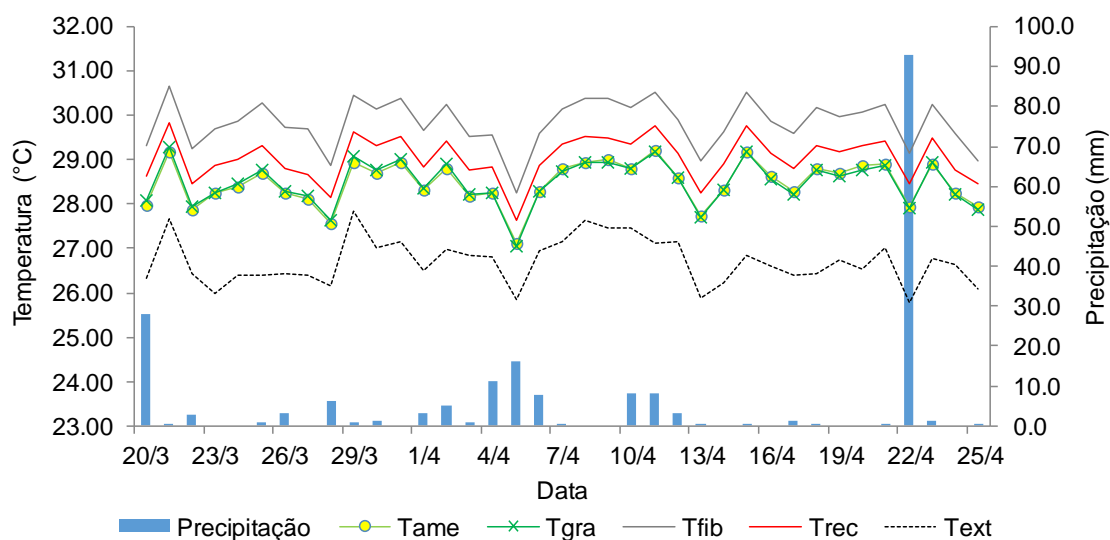


Figura 14. Variação média diária da temperatura do ar dos tratamentos, ambiente externo e precipitação, do período de 20/3 a 25/4. Recife, PE, 2014.

Gupta et al. (2011) em trabalho realizado em clima temperado oceânico, na cidade de Londres, para o período do verão, observaram redução de 8°C na temperatura do ar interior do edifício, a partir da incorporação à cobertura em concreto impermeabilizado de telhado vegetado com espessura de 150 mm e alta densidade de folhagem (IAF=5).

As diferenças nos registros da temperatura do ar interno, na ordem de 1 °C em média, nos abrigos com cobertura verde, não foram tão acentuadas quando comparadas às duas pesquisas anteriores, tal discrepância pode ser

explicada pela condição climática da região, localidades com pouca precipitação e alta incidência de radiação solar, experimentos citados, resultam em pouca disponibilidade de vapor d'água na atmosfera, o que propicia uma situação favorável para que a evapotranspiração seja elevada, conseqüentemente a troca do calor sensível pelo latente é mais eficiente. Em climas como do Recife, com alta disponibilidade de vapor d'água na atmosfera, o mesmo não ocorre, ou seja, a evapotranspiração das plantas é menor, pois a demanda atmosférica por vapor d'água é menor devido à alta umidade relativa do ar (Pereira et al. 2002).

Nota-se que em todos os tratamentos a temperatura do ar superou a temperatura crítica superior recomendada para bovinos recém-nascidos, que é de 26 °C segundo Baêta & Souza (2010).

A figura 15 apresenta os valores médios diários de temperatura do ar obtidos nos tratamentos (Tame, Tgra, Tfib, Trec) estudados e na estação meteorológica (Text), e precipitação média diária durante o período chuvoso.

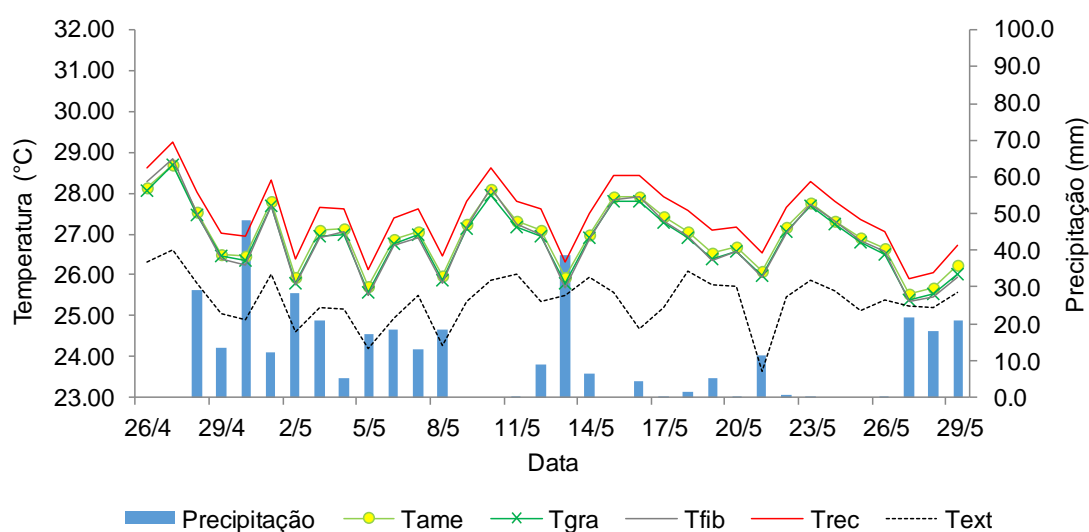


Figura 15. Variação média diária da temperatura do ar dos tratamentos, ambiente externo e precipitação, do período de 26/4 a 29/5. Recife, PE, 2014.

A média da temperatura registrada durante o período chuvoso foi de 26,85 °C, 27,44 °C, 26,95 °C, 26,84 °C e 25,37 °C, para os tratamentos Tfib,

Trec, Tame, Tgra e Text respectivamente, com diferença média de 0,5 °C entre os tratamentos.

Observa-se que nesse período, a temperatura da cobertura de fibrocimento se assemelha com os telhados verdes, o que pode ter sido ocasionado pela alteração dos elementos meteorológicos no entorno, decorrente das chuvas e pelas características do material que compõe as telhas de fibrocimento, conferindo a elas a capacidade de absorver umidade.

Nota-se que os ambientes cobertos com telha reciclada registraram temperatura média superior à telha de fibrocimento, 0,6 °C, diferente do encontrado por BARNABÉ et al. (2014) no município de Pesqueira, onde a telha reciclada registrou temperatura média de 1,3 °C inferior à telha de fibrocimento.

Ao analisar os valores de temperatura registrados no interior dos ambientes e comparando-os com a temperatura exterior, verifica-se que, apesar da variação semelhante, apresentam uma diferença acentuada nos valores, enquanto no período de baixa precipitação o valor médio registrado dos tratamentos foi de 28,96 °C e no ambiente externo 26,7 °C, no período chuvoso o valor médio registrado foi de 27,02 °C nos tratamentos e 25,37 °C no ambiente externo. O modelo reduzido apresenta apenas uma entrada de ventilação, aliado a baixa velocidade do vento registrada no interior dos ambientes ($0,38 \text{ m s}^{-1}$) propiciou a supressão das transferências de calor por convecção (Figura 16). Havendo pouca troca de ar entre o interior e o exterior, a energia proporcionada pela incidência da radiação solar faz aumentar as temperaturas internas e a massa de ar quente não é dissipada pelas correntes laterais e ascendentes.

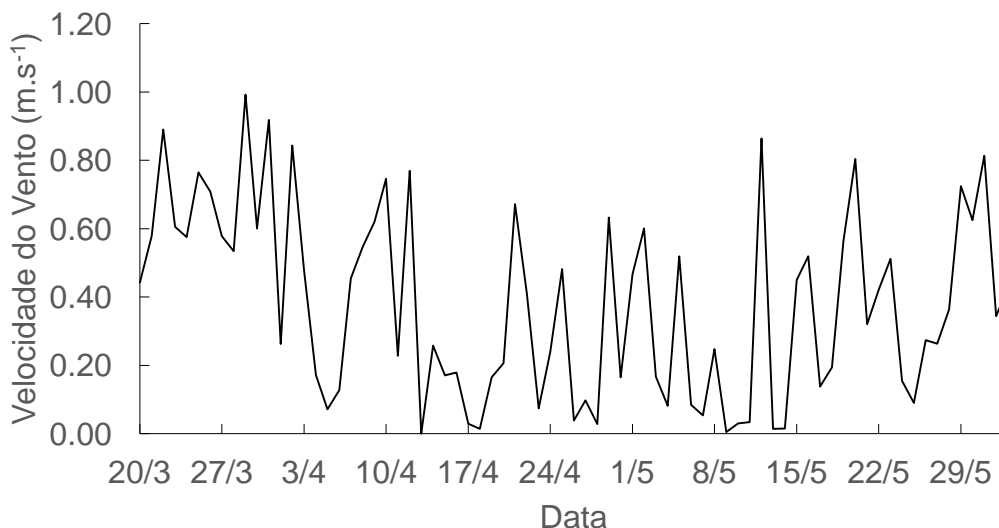


Figura 16. Variação média diária da velocidade do vento (m.s^{-1}) no interior dos tratamentos.

Na figura 17, observa-se a variação horária da temperatura do ar dos tratamentos e o ambiente externo do dia 14/04, escolhido por apresentar baixa nebulosidade. Nota-se um pico de temperatura, onde o ambiente Tfib teve seu máximo de $36,18^\circ\text{C}$, Trec de $35,26^\circ\text{C}$, Tgra (*Zoysia japonica*) de $34,54^\circ\text{C}$ e Tame (*Arachis repens*) de $34,11^\circ\text{C}$. A diferença no horário mais quente do dia, entre Tfib e os demais tratamentos foi de $0,92^\circ\text{C}$ para Trec, $1,64^\circ\text{C}$ para Tgra (*Zoysia japônica*) e $2,07^\circ\text{C}$ para Tame (*Arachis repens*).

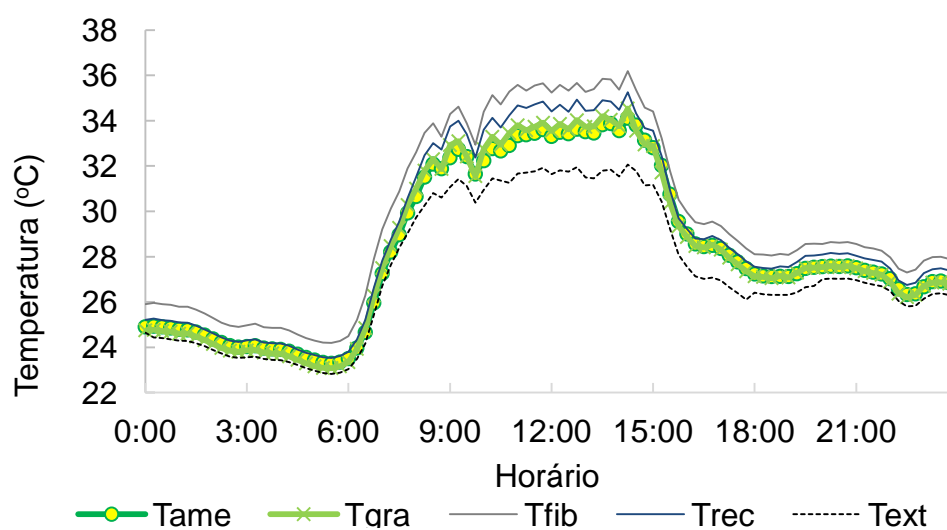


Figura 17. Variação horária da temperatura do ar no dia 14/04/2014, dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.

Foi realizada a comparação da média horária da temperatura do ar do dia de maior registro pluviométrico do período experimental (figura 18), a fim de verificar a atenuação da temperatura pelas diferentes coberturas. Nos modelos reduzidos foram observados os valores médios na ordem de 27,94°C (Tame), 27,91°C (Tgra), 29,15°C (Tfib) e 28,46°C (Trec) e no ambiente externo de 27°C. Nota-se que a diferença da temperatura dos ambientes cobertos por telhado verde foi maior 1,21°C (Tame) e 1,24°C (Tgra) comparados com Tfib, 0,52°C (Tame) e 0,55°C (Tgra) comparados com Trec.

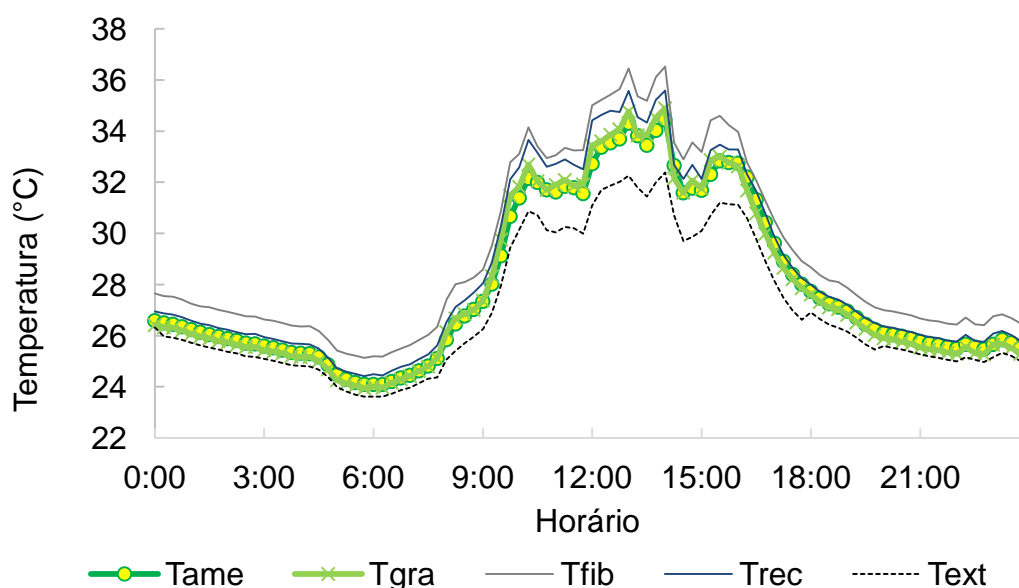


Figura 18. Variação horária da temperatura do ar no dia 22/04/2014 dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.

A relação funcional das temperaturas do ar dos tratamentos estudados com o ambiente externo (figura 19) apresentou coeficientes de correlação (R^2) para Tame, Tgra, Tfib e Trec de 0,73, 0,73, 0,66 e 0,74 respectivamente, o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da temperatura do ar no ambiente interno foram 6% (Tame), 8% (Tgra), 8% (Tfib) e 6% (Trec) superiores em relação ao ambiente externo.

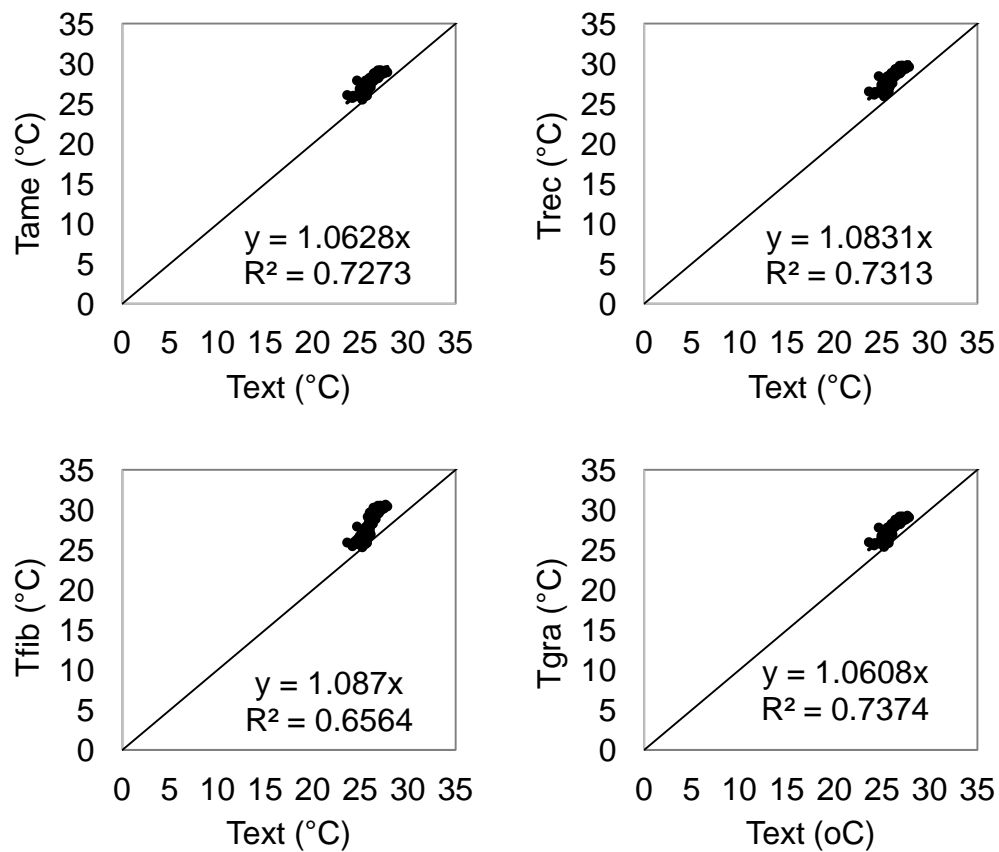


Figura 19. Relação entre a temperatura dos tratamentos Tame, Tgra, Tfib, Trec e o ambiente externo.

A Figura 20 apresenta a variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo durante todo o período experimental. Observa-se que os valores da umidade relativa média do ar nos modelos reduzidos foram superiores ao do ambiente externo (73,26%), com valores da ordem de 80,59%, 80,10%, 82,86% e 80,71% para Tame, Tgra, Tfib e Trec respectivamente.

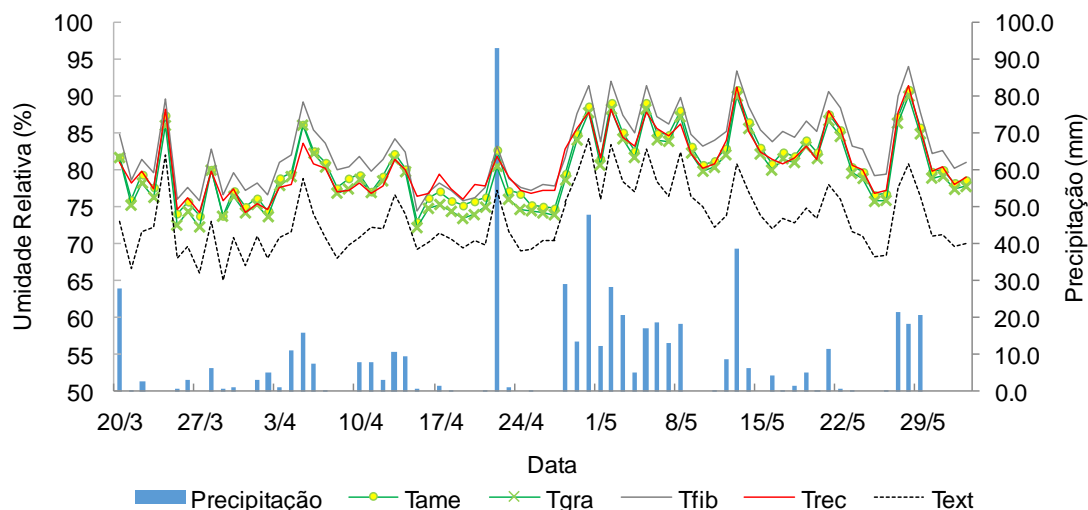


Figura 20. Variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo. Recife, PE, 2014.

As Figuras 21 e 22 apresentam a variação diária da precipitação e umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo, nos períodos de baixa precipitação (20/3 a 25/4) e elevada precipitação (26/4 a 29/5) respectivamente.

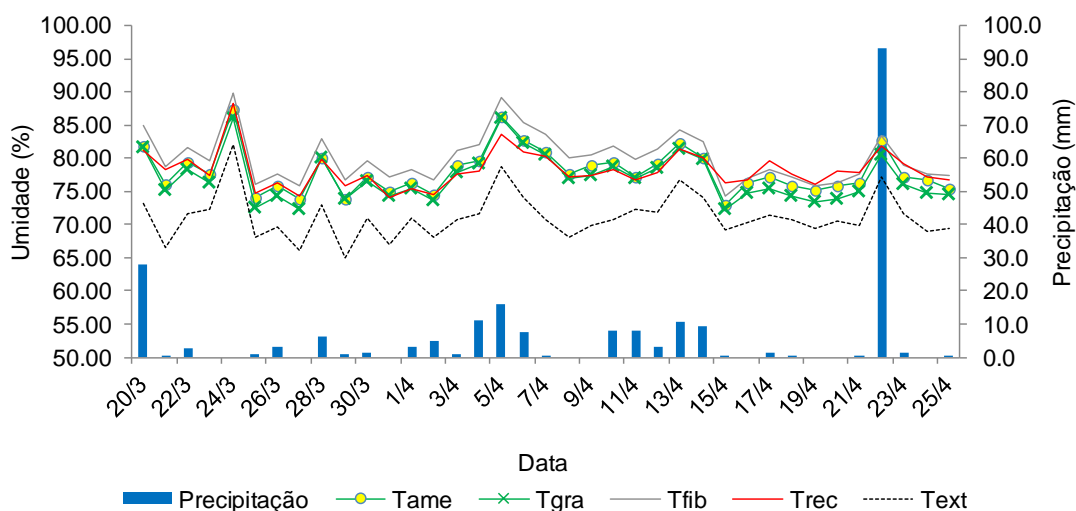


Figura 21. Variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo, no período de 20/3 a 25/4. Recife, PE, 2014.

Observa-se que em ambas as figuras, a umidade relativa dos ambientes cobertos com telhas de fibrocimento foi maior que nos demais tratamentos, e a umidade dos ambientes cobertos com telha reciclada se assemelhou com a dos telhados verdes.

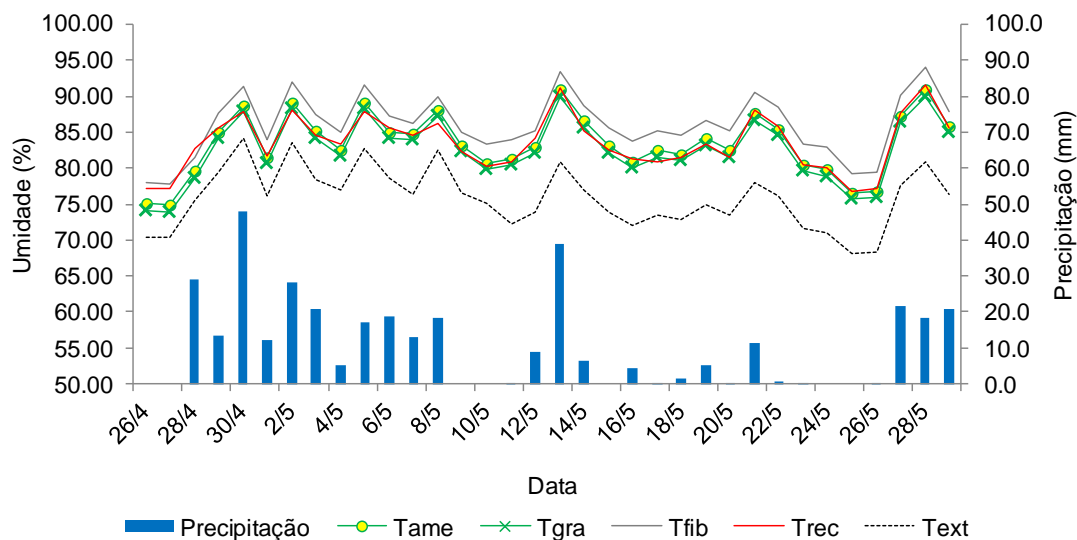


Figura 22. Variação média diária da precipitação e da umidade relativa do ar dos tratamentos e ambiente externo, no período de 26/4 a 29/5. Recife, PE, 2014.

Na Figura 21 o valor médio da umidade relativa dos tratamentos foi de 80,03%, 78,23%, 78,04%, 77,05% e 71,15% para Tfib, Trec, Tame, Tgra e Text respectivamente.

Na Figura 22 o valor médio da umidade relativa dos tratamentos foi de 86,09%, 83,56%, 83,54%, 82,64% e 75,88% para Tfib, Trec, Tame, Tgra e Text respectivamente.

A Figura 23 apresenta a relação entre a umidade relativa do ar no Tame, Tgra, Tfib e Trec e no ambiente externo, na escala diária ao longo do período de monitoramento. Nota-se que o coeficiente de determinação (R^2) foram de 0,83; 0,82; 0,80 e 0,77 respectivamente, o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da umidade relativa do ar no ambiente

interno foram 9% (Tame), 9% (Tgra), 13% (Tfib) e 10% (Trec) superiores em relação ao ambiente externo.

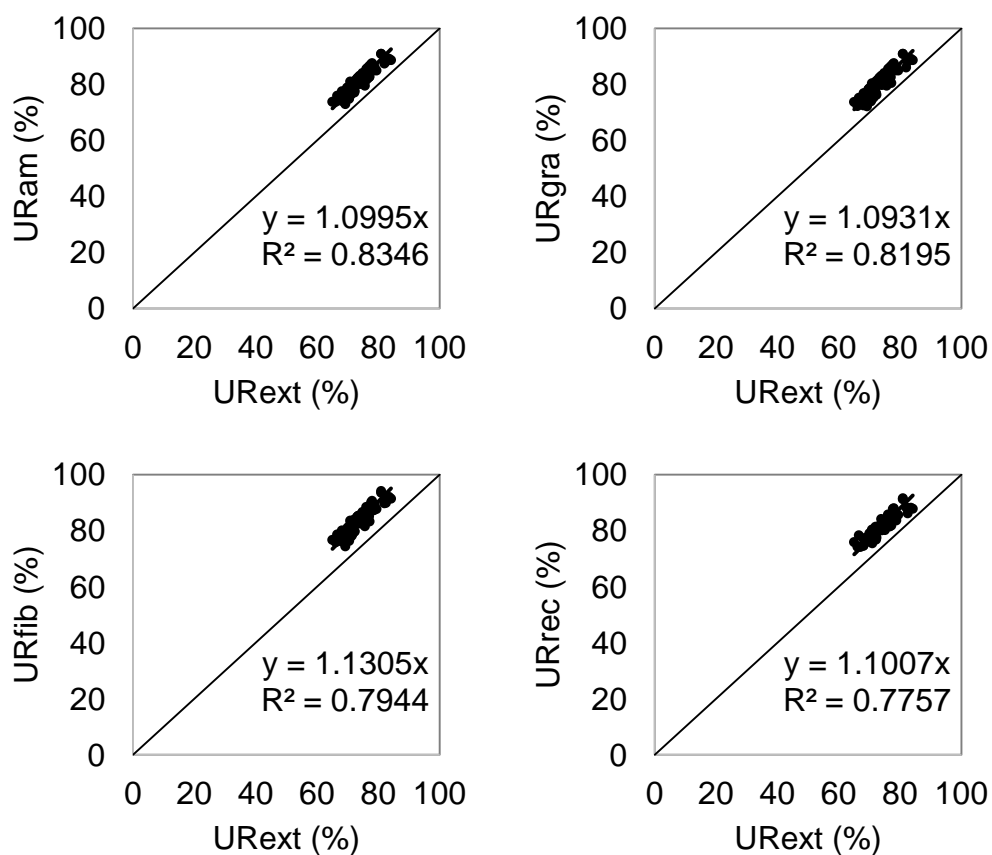


Figura 23. Relação entre a umidade relativa das coberturas e o ambiente externo.

As médias referentes aos valores de índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), carga térmica radiante (CTR), índice de temperatura e umidade (ITU), índice de conforto humano (ICH), e temperatura equivalente (TE) são apresentadas na Tabela 6. Observa-se, que os tratamentos apresentaram diferenças significativas para os índices ITGU, ITU, ICH e TE, quando comparados entre si, com exceção da CTR que não apresentou diferença entre os tratamentos.

Tabela 6. Valores médios dos índices de conforto térmico para os tratamentos amendoim forrageiro (Tame), grama (Tgra), telha de fibrocimento (Tfib) e telha reciclada (Trec).

	ITGU	CTR, W.m ⁻²	ITU, C°	ICH, C°	TE, C°
Tame	78.74 b	489.25 a	26.26 b	24.18 b	26.28 b
Tgra	78.63 b	488.91 a	26.16 b	24.12 b	26.20 b
Tfib	79.73 a	493.16 a	26.95 a	24.87 a	27.00 a
Trec	79.46 a	492.57 a	26.72 a	24.77 a	26.78 a

O telhado verde proporcionou redução nos valores de ITGU (Tgra 78,63 e Tame 78,74) quando comparado com a cobertura de fibrocimento e reciclada que apresentaram valores médios de ITGU superiores, 79,73 e 79,46 respectivamente.

Os valores de ITGU obtidos em todos os tratamentos permaneceram, segundo Baeta & Souza (2010), dentro da zona de alerta para aves de corte, caracterizada por valores de ITGU entre 74 e 78; mas devido à não adimensionalização das variáveis obtidas em função das dimensões dos modelos, essa avaliação não pode ser considerada.

O valor médio de ITGU da cobertura de fibrocimento (79,73) foi inferior ao encontrado por Rocha et al. (2010) (81,25) em pesquisa realizada no estado da Paraíba, em galpões de frangos de corte, com diferentes coberturas, e inferior ao encontrado por Nazareno et al. (2009) (77,54) em pesquisa realizada em Carpina-PE, com piquete coberto por telha de fibrocimento, em sistema confinado de criação de frango de corte.

Todos os valores médios de ITGU encontrados foram inferiores ao encontrado por Kiefer et al. (2010) (82,7), para suínos mantidos sobre temperaturas elevadas, numa pesquisa em que avaliou o comportamento e desempenho de suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos, no estado de Mato Grosso do Sul.

Nota-se que a Carga Térmica Radiante (CTR) de todos os tratamentos não diferiram entre si no teste de média. As coberturas de fibrocimento e reciclada obtiveram valores semelhantes aos encontrados por Furtado et al. (2006), que encontraram valores médios de 491,7 W m⁻², para galpões

cobertos com telha de fibrocimento e com aspersão sobre a cobertura, e semelhantes aos encontrados por Rocha et al. (2010), onde se obteve média de $497,7 \text{ W m}^{-2}$ para galpão coberto com fibrocimento. As coberturas verdes obtiveram valores de CTR inferiores aos encontrados nas pesquisas citadas acima.

Em relação aos índices de conforto humano, ITU, ICH e TE, todos apresentaram diferença significativa entre os telhados verdes e as coberturas de fibrocimento e telha reciclada.

As tabelas 7 a 9 apresentam as distribuições dos dias com os diferentes graus de percepção térmica, por meio dos 70 dias medidos nas diferentes coberturas. A faixa delimitada como confortável, corresponde ao intervalo (IC) $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, proposto por Fanger (1972) e Master (2014). Tal zona é válida para uma pessoa em atividade sedentária, com uma vestimenta média e velocidade do vento fraca ($0,1 \text{ m.s}^{-1}$).

Observa-se na Tabela 7, que na faixa de conforto, $22\text{-}25^{\circ}\text{C}$, apenas as coberturas de amendoim forrageiro, grama e fibrocimento alcançaram pequeno percentual, de 1,4%, 1,4% e 2,9% respectivamente.

Tabela 7. Distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice TE, para os modelos reduzidos. Recife, 2014.

Critérios MASTER ($^{\circ}\text{C}$)	TE (%)			
	Tame	Tgra	Tfib	Trec
Muito Frio (< 5)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Frio (5-10)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Frio Moderado (10-13)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ligeiramente Frio (13-16)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Pouco Frio (16-19)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ligeiramente Fresco (19-22)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Confortável (22-25)	1 (1,4%)	1 (1,4%)	2 (2,9%)	0 (0%)
Ligeiramente Quente (25-28)	69 (98,6%)	69 (98,6%)	42 (60%)	68 (97,1%)
Quente Moderado (28-32)	0 (0%)	0 (0%)	26 (37,1%)	2 (2,9%)
Quente (31-34)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muito Quente (> 34)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
TOTAL	70 (100%)	70 (100%)	70 (100%)	70 (100%)

Tame - cobertura de amendoim forrageiro (*Arachis repens*), Tgra – cobertura de grama esmeralda (*Zoysia japonica*), Tfib – cobertura de fibrocimento, Trec – cobertura de telha reciclada.

O fato de que a telha de fibrocimento obteve maior número de dias confortáveis, se deve às características do material que compõe a telha, conferindo-lhe capacidade de absorver umidade durante o período chuvoso. Percebe-se que todas as coberturas analisadas Tame, Tgra, Tfib e Trec, obtiveram maior percentual de dias na faixa delimitada como ligeiramente quente 98,6%, 98,6%, 60% e 97,1% respectivamente, mas o pior desconforto por calor foi apresentado pela cobertura de fibrocimento que obteve 37,1% na faixa quente moderado, seguido da telha reciclada com 2,9%. Valores semelhantes foram encontrados em pesquisa realizada por Nedel (2009), ao utilizar o índice Temperatura Efetiva (TE) para analisar as condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de doenças respiratórias em crianças da cidade de São Paulo.

Na tabela 8 está apresentada a distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice ITU. Nota-se que na faixa de conforto, 22-25 ° C, apenas as coberturas de amendoim forrageiro, grama e fibrocimento alcançaram pequeno percentual, de 1,4%, 5,7% e 2,9% respectivamente.

Tabela 8. Distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice ITU, para os modelos reduzidos. Recife, 2014.

Critérios Fanger (°C)	ITU (%)			
	Tame	Tgra	Tfib	Trec
Muito Frio (< 13)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Frio (13-16)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Frio Moderado (16-19)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ligeiramente Frio (19-22)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Confortável (22-25)	1 (1,4%)	4 (5,7%)	2 (2,9%)	0 (%)
Ligeiramente Quente (25-28)	69 (98,6%)	66 (94,3%)	48 (68,5%)	68 (97,1%)
Quente Moderado (28-32)	0 (0%)	0 (0%)	20 (28,6%)	2 (2,9%)
Quente (31-34)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muito Quente (> 34)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
TOTAL	70 (100%)	70 (100%)	70 (100%)	70 (100%)

Tame - cobertura de amendoim forrageiro (*Arachis repens*), Tgra – cobertura de grama esmeralda (*Zoysia japonica*), Tfib – cobertura de fibrocimento, Trec – cobertura de telha reciclada.

Percebe-se que todas as coberturas analisadas Tame, Tgra, Tfib e Trec, obtiveram maior percentual de dias na faixa delimitada como ligeiramente quente 98,6%, 94,3%, 68,5% e 97,1% respectivamente, mas o pior desconforto por calor foi apresentado pela cobertura de fibrocimento que obteve 28,6% na faixa quente moderado, seguido da telha reciclada com 2,9%. Valores diferentes foram encontrados por Nogueira et al. (2012), em pesquisa realizada em Maringá – SP, onde compararam os Índices de Temperatura e Umidade de duas residências com concepções construtivas diferentes, para cada um dos cômodos e em diferentes horas do dia. Os autores consideraram o intervalo de 15-20 °C como faixa de conforto e obtiveram valores médios de ITU de 20,4 °C e 20,9 °C.

Na tabela 9 está apresentada a distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice ICH. Percebe-se que as coberturas Tame e Tgra alcançaram a totalidade de dias na faixa de conforto, em relação aos outros tratamentos Tfib (45 dias, 64,3%) e Trec (66 dias, 94,3%).

Tabela 9. Distribuição dos dias confortáveis e desconfortáveis de acordo com o índice ICH, para os modelos reduzidos. Recife, 2014.

Critérios Rosemberg (°C)	ICH (%)			
	Tame	Tgra	Tfib	Trec
Confortável (20-29)	70 (100%)	70 (100%)	45 (64,3%)	66 (94,3%)
Grau de conforto variado (30-39)	0 (0%)	0 (0%)	25 (35,7%)	4 (5,7%)
Desconforto suportável (40-45)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Desconforto insuportável (> 46)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
TOTAL	70 (100%)	70 (100%)	70 (100%)	70 (100%)

Tame - cobertura de amendoim forrageiro (*Arachis repens*), Tgra – cobertura de grama esmeralda (*Zoysia japonica*), Tfib – cobertura de fibrocimento, Trec – cobertura de telha reciclada.

Nota-se que apenas as coberturas Tfib e Trec obtiveram percentual de dias na faixa delimitada como conforto variado de 35,7% e 5,7% respectivamente. Vale salientar que todos os dias de conforto do Tfib estão dentro do período chuvoso, o que pode ter ocasionado a redução da temperatura interna devido à absorção de umidade da telha. De acordo com o ICH, independente do período do ano, as coberturas verdes proporcionaram conforto térmico para o ambiente interno dos modelos reduzidos.

Nota-se na Figura 24, que a Carga térmica radiante das coberturas estudadas apresentaram valores médios na ordem de $484,2 \text{ W.m}^{-2}$, $483,1 \text{ W.m}^{-2}$, $484,2 \text{ W.m}^{-2}$ e $477,5 \text{ W.m}^{-2}$, para Tame, Tgra, Tfib e Trec, respectivamente. Observa-se que o CTR variou de $611,6 \text{ W.m}^{-2}$, $622,2 \text{ W.m}^{-2}$, $611,6 \text{ W.m}^{-2}$ e $606,3 \text{ W.m}^{-2}$ para os extremos superiores, e de $370,1 \text{ W.m}^{-2}$, $379,6 \text{ W.m}^{-2}$, $370,1 \text{ W.m}^{-2}$ e $381,0 \text{ W.m}^{-2}$ para os extremos inferiores de Tame, Tgra, Tfib e Trec respectivamente.

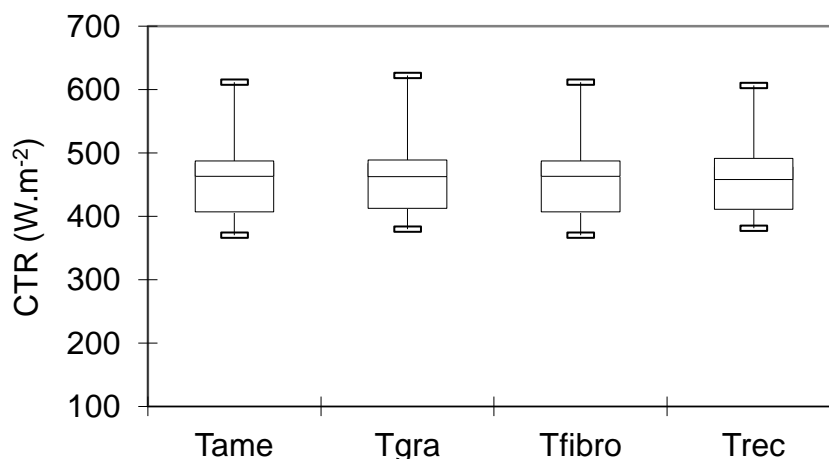


Figura 24. Carga térmica radiante das coberturas estudadas. Tame – amendoim forrageiro, Tgra – grama esmeralda, Tfib – fibrocimento, Trec – reciclada. Recife, PE, 2014.

Para o Índice de temperatura de globo e umidade das coberturas estudadas nota-se, na Figura 25, que apresentaram valores médios na ordem de $78,8 \text{ }^\circ\text{C}$, $78,7 \text{ }^\circ\text{C}$, $79,1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $78,8 \text{ }^\circ\text{C}$, para Tame, Tgra, Tfib e Trec, respectivamente. Observa-se que o ITGU variou de $84,8 \text{ }^\circ\text{C}$, $85,1 \text{ }^\circ\text{C}$, $84,8 \text{ }^\circ\text{C}$ e $84,1 \text{ }^\circ\text{C}$, para os extremos superiores, e de $73,5 \text{ }^\circ\text{C}$, $73,8 \text{ }^\circ\text{C}$, $74 \text{ }^\circ\text{C}$ e $74,3 \text{ }^\circ\text{C}$ para os extremos inferiores de Tame, Tgra, Tfib e Trec respectivamente.

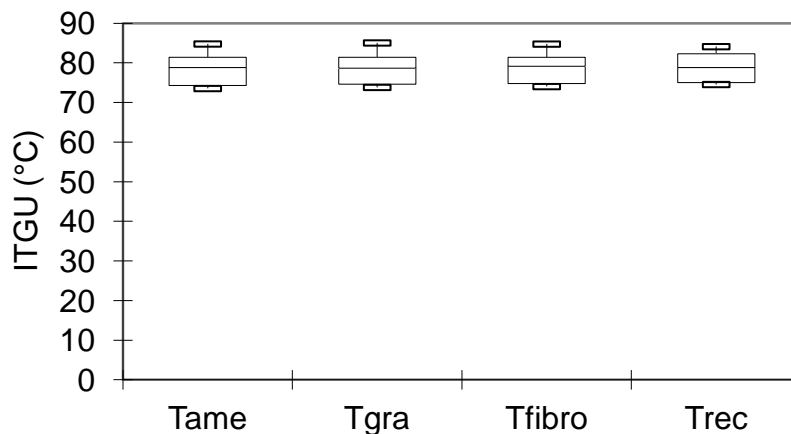


Figura 25. Índice de temperatura de globo e umidade das coberturas estudadas. Recife, PE, 2014.

Para a Temperatura efetiva das coberturas estudadas nota-se, na Figura 26, que apresentaram valores médios na ordem de 26,4 °C, 26,4 °C, 27,2 °C e 26,9 °C para Tame, Tgra, Tfib e Trec, respectivamente. Observa-se que o TE variou de 27,5 °C, 27,4 °C, 29,1 °C e 28,1 °C para os extremos superiores, e de 24,7 °C, 24,6 °C, 24,7 °C e 25,1 °C para os extremos inferiores de Tame, Tgra, Tfib e Trec respectivamente.

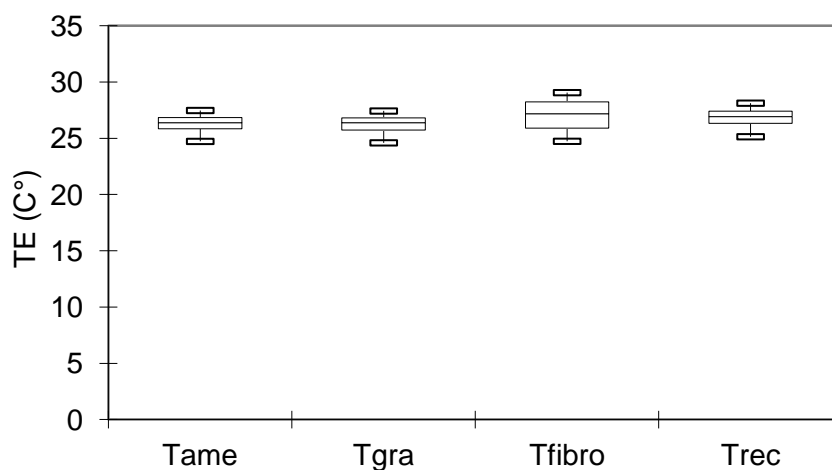


Figura 26. Temperatura efetiva das coberturas estudadas. Recife, PE, 2014.

Para o índice de temperatura e umidade das coberturas estudadas nota-se, na Figura 27, que apresentaram valores médios na ordem de 26,4 °C, 26,3 °C, 27,1 °C e 26,9 °C, para Tame, Tgra, Tfib e Trec, respectivamente. Observa-

se que o ITU variou de 27,4 °C, 27,4 °C, 29 °C e 28,1 °C para os extremos superiores, e de 24,7 °C, 24,6 °C, 24,8 °C e 25,2 °C para os extremos inferiores de Tame, Tgra, Tfib e Trec respectivamente.

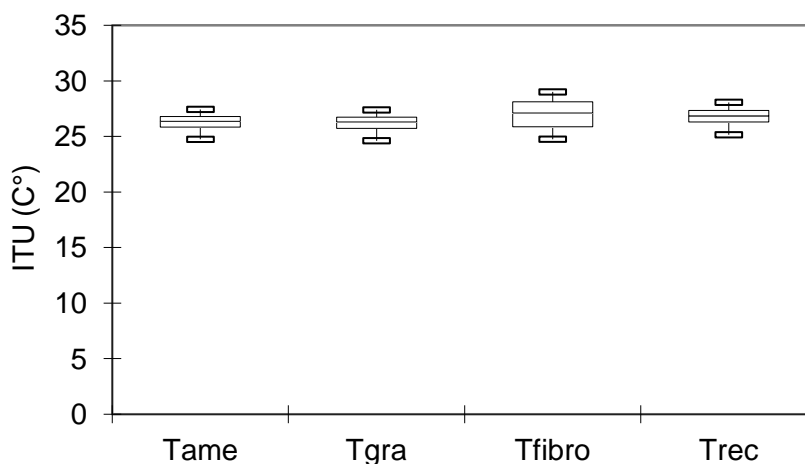


Figura 27. Índice de temperatura e umidade das coberturas estudadas. Tame – amendoim forrageiro, Tgra – grama esmeralda, Tfib – fibrocimento, Trec – reciclada. Recife, PE, 2014.

Para o Índice de conforto humano das coberturas estudadas nota-se na Figura 28 que apresentaram valores médios da ordem de 24,4 °C, 24,3 °C, 24,9 °C e 25 °C, para Tame, Tgra, Tfib e Trec, respectivamente. Observa-se que o ICH variou de 25,9 °C, 26 °C, 27,5 °C e 26,6 °C para os extremos superiores, e de 21,8 °C, 21,6 °C, 21,6 °C e 22,2 °C para os extremos inferiores de Tame, Tgra, Tfib e Trec respectivamente.

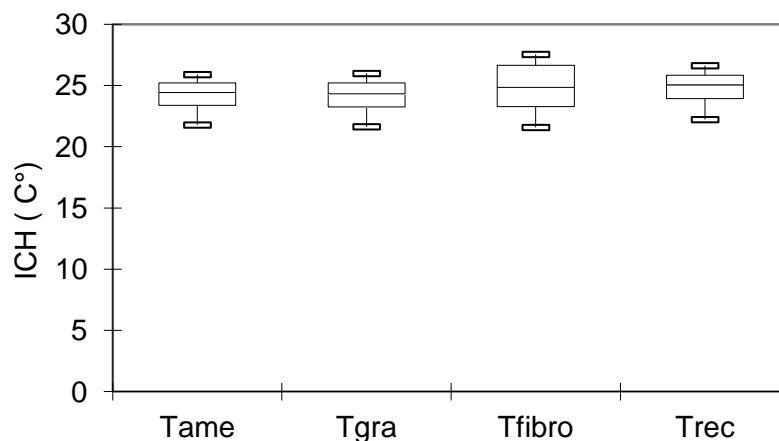


Figura 28. Índice de conforto humano das coberturas estudadas. Tame – amendoim forrageiro, Tgra – grama esmeralda, Tfib – fibrocimento, Trec – reciclada. Recife, PE, 2014.

Nota-se na Figura 29 que a temperatura da superfície interna da cobertura de telhas recicladas apresentou valor médio superior às demais, 35,78 °C, enquanto as coberturas Tame, Tgra e Tfib apresentaram valores de 33,04 °C, 33,36 °C e 34,73 °C, respectivamente.

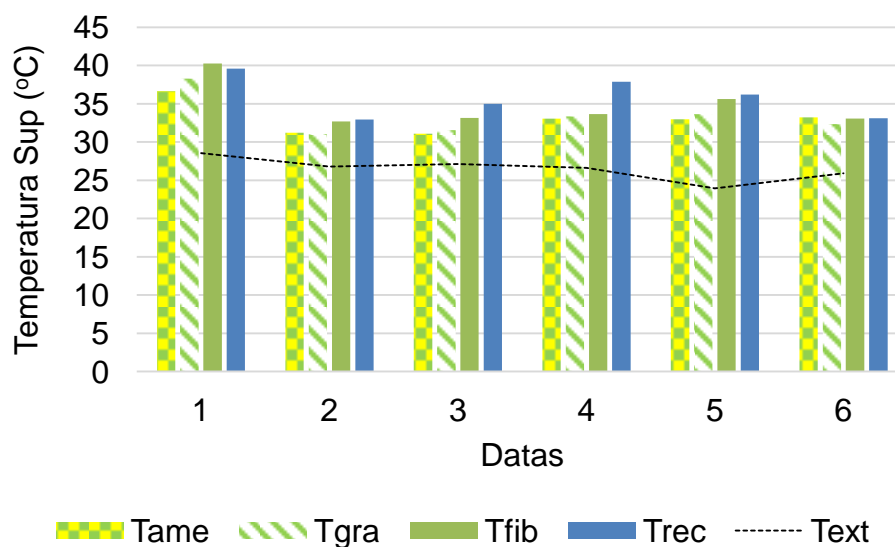


Figura 29. Temperatura superficial da face interna das coberturas, registradas instantaneamente através de câmera termográfica e temperatura externa. Recife, PE, 2014.

Os menores valores de temperatura das superfícies das coberturas Tame e Tgra não significam, necessariamente, que tenha ocorrido uma situação de conforto térmico para os animais. Esta condição deve ser confirmada por meio da avaliação dos índices de conforto, por considerar o efeito da transferência de calor sensível e latente (Abreu et al., 2011). As coberturas de telhas de fibrocimento apresentaram valores médios entre 33,05 °C e 40,26 °C (superfície interna). O valor máximo está acima do máximo encontrado por Sampaio et al. (2011), de 34,27 °C para telhas de fibrocimento em experimento realizado em Lages-SC, durante o verão.

A cobertura verde reduz a temperatura da superfície do telhado e acrescenta camadas de isolamento que desaceleram o fluxo de calor através da cobertura. Com isso, menor energia térmica é transferida do telhado para o interior do edifício (Gartland, 2010). As temperaturas superficiais medidas na face interna das coberturas confirmou que a vegetação promove redução da transmissão da irradiação solar para o interior do abrigo, em que se verifica temperaturas inferiores na superfície interna dos abrigos com coberturas verdes.

As imagens termográficas registradas para as coberturas (Figura 30) apresentam as diferenças de temperatura entre as superfícies internas das coberturas no horário das 13:30 h, do dia 24/03 com temperatura média do ar de 26,39 °C, onde Tame (Figura 30a) foi 34,2 °C, Tgra (Figura 30b) foi 36,7 °C, Tfib (Figura 30c) foi 40,2 °C e Trec (Figura 30d) foi 39,1 °C.

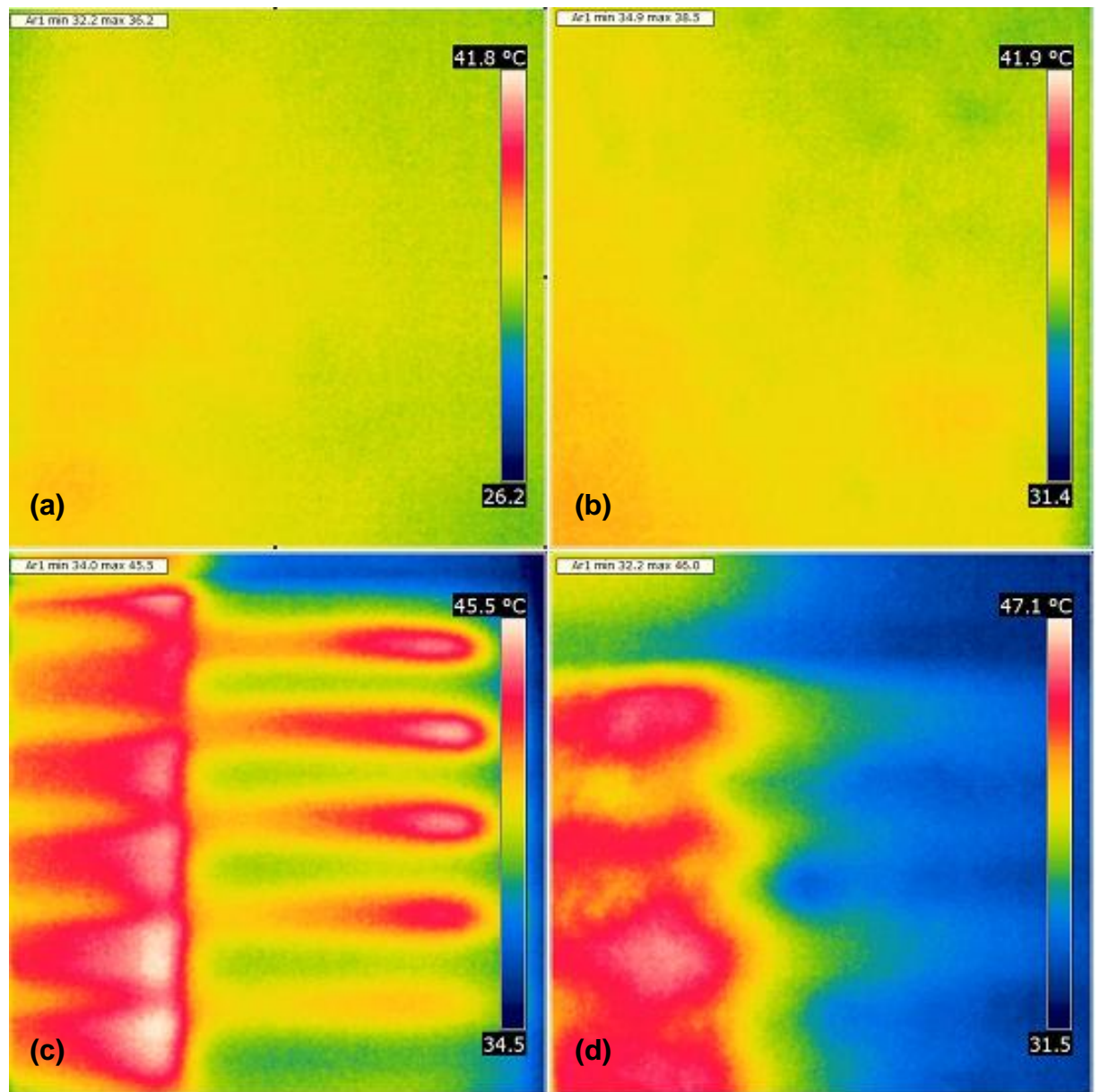


Figura 30. Imagens termográficas da superfície interna das coberturas, no horário mais quente do dia 24/03/2014. (a) Tame, (b) Tgra, (c) Tfib e (d) Trec.

5. CONCLUSÕES

Os telhados verdes promoveram maior redução da temperatura interna do ambiente, o que indica maior condição de conforto térmico, em comparação com os outros materiais de cobertura.

Os telhados verdes proporcionaram redução nos valores de ITGU, o que sugere maior conforto térmico para animais de produção.

Em relação aos índices de conforto térmico humano, os telhados verdes obtiveram melhores resultados em comparação às outras coberturas, o que implica em maior conforto térmico para pessoas que se encontram em ambiente parcialmente fechado.

Os modelos reduzidos cobertos com grama esmeralda e amendoim forrageiro mostraram melhor desempenho térmico em relação às coberturas de fibrocimento e telha reciclada, com menores valores de temperatura na superfície interna dos materiais, e indicou a possibilidade de melhor condição de conforto térmico para os indivíduos e animais alojados em instalações com telhados verdes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.15, n.11, p.1193–1198, 2011.
- ANDERSON, 1965. Citado por ROSENBERG, N.J., BLAND, B.L., VERMA, S.B. Microclimate: the biological environment. New York: John Wiley & Sons, 1983. 467p.
- ANDREASI, W. A.; LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C. Thermal acceptability assessment in buildings located in hot and humid regions in Brazil. **Building and Environment**, v. 45, n. 5, p. 1225-1232, 2010.
- ARAÚJO, S. R.. As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos. 2007. **Monografia** (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2007.
- AVENDANO, R. L.; ALVAREZ, V. F. D.; CORREA, C. A.; SAUCEDO, Q. J. S.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. **Livestock Production Science**, v.105, p.198-206, 2006.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269 p.
- BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerreiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.18, n.5, p.545–550, 2014.
- BARROS, B. C. Teste de tolerância ao calor em bovinos girolandos para dois graus de consanguinidade na região centro-oeste do Brasil. 2008. 27f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2008.
- BEYER, P. Medição de Desempenho Térmico de Ecotelhas. Data não indicada. Laboratório de Vapor e Refrigeração, UFRGS. Porto Alegre, RS. Disponível em:

http://www.ecotelhado.com.br/InformacoesInterna/Desempenho_Termico_Ecotelhado.pdf Acesso em: 30 Jun. 13.

- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p. 711-714. 1981.
- BURSZTA-ADAMIAK, E. Analysis of the Retention Capacity of Green Roofs. **Journal of Water and Land Development**, v. 16, n. 1/6, p. 3-9, 2012.
- CAMERINI, N. L.; NASCIMENTO, J. W. B. do; FOOK, M. V. L.; SOARES, E.A.; SILVA, F.A.S. Análise de variáveis ambientais em modelos reduzidos de instalações agropecuárias com forro de resíduo de EVA. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v.4.2, p. 40-47, 2009.
- CAMERINI, N. L.; NASCIMENTO, W. B. Análise da influência do revestimento de resíduo de EVA no conforto térmico de instalações agropecuárias. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.7.1 (2012) 48 – 51.
- CANTOR, Steven L. Green Roofs in Sustainable Landscape Design. **W.W. Norton & Company**, New York – London, 2008.
- CARNEIRO, F. L. Análise dimensional e teoria da semelhança e dos modelos físicos. Rio de Janeiro, Editora UFRJ. 1993. 256p.
- CERDEIRA, F.; VÁSQUEZ, M. E.; COLLAZO, J.; GRANADA, E. Applicability of infrared thermography to the study of the behavior of stone panels as building envelopes. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 43, p. 1845 - 1851 , 2011.
- CHEN, Y. **The Intervention of plants in the conflicts between buildings and climate – A case study in Singapore**. A thesis submitted for the degree of doctor of philosophy department of building national University of Singapore , 2006.
- CHESF. **Fontes Energéticas Brasileiras Inventário/ Tecnologia - Energia Solar**, Recife/PE, DEG/DETE, 1987.
- CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S. P.; TELATIN JÚNIOR, A.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 536-539, 2008.

- CRAVO, J. C. M. ; FIORELLI, J. ; ROCCO LAHR, F. A. ; FONSECA, R. ; CRUZ, V. C. . Evaluation of recycled tiles and OSB ceiling materials in closed boiler house prototypes. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 11, p. 221-226, 2009.
- DEL BARRIO, Elena Palomo. Analysis of the Green Roofs Cooling Potential in Buildings. *Journal of Energy and Buildings*, Amsterdam, v. 27, p.179-193, 1998.
- DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v.92, p.109-116, 2009.
- DONAIISKY, E.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. Algoritmos PMV-MBPC para conforto térmico em edificações e aplicação em uma célula-teste. **Sba: Controle e Automação**, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2010.
- ENGLISH NATURE. Green roofs: Their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas. **English Nature Report**. n. 498. 2003.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Westport: Avi, 1982. 325p.
- Faghih, A. K; Bahadori, M. N. Three dimensional numerical investigation of air flow over domed roofs. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**. v.98, p.161-168. 2010.
- FANGER, O. **Thermal Comfort - Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970. 244p.
- FIORELLI, J. ; MORCELI, J. A. B.; VAZ, R. I.; DIAS, A. A. Avaliação da eficiência térmica da telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.204-209, 2009.
- FIORELLI, J. ; FONSECA, R.; MORCELI, J. A. B.; DIAS, A. A. Artigo Técnico: Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. **Revista Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.30, n.5, p.986-992, set./out. 2010.
- FIORELLI, J.; SCHMIDT, R.; KAWABATA, C. Y.; OLIVEIRA, C. E. L.; SAVASTANO JUNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para

bezerros expostos ao sol e à sombra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.64-67, jan, 2012.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.; **Manual de conforto térmico**. , 243 pag. 7. Ed - São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FURTADO, D. A.; DANTAS, R. T.; NASCIMENTO, J. W. B. DO; SANTOS, J. T.; COSTA, F. G. P. Efeitos de diferentes sistemas de condicionamento ambiente sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.484-489, 2006.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Silvia Helena Gonçalves (Trad.). São Paulo: Oficina de Textos. 2010. 243 p.

GETTER, K.; ROWE, D. B.; et al. Carbon sequestration potential of extensive green roofs. **Environmental Science & Technology**. v.43, n. 19, p. 7564-7570. 2009.

GILES, D. B.; BALAFOUTS, C.; MAHERAS, P. Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**, v. 34, n. 2, p. 98-104, 1990.

GURGEL, R.A.G. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1, 2003, Botucatu. Produção, implantação e manutenção: **Anais**. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. CD-ROM.

GUPTA, A.; HALL, M. R.; HOPFE, C. J.; REZGUI, Y. Building integrated vegetation as an energy conservation measure applied to non-domestic building typology in the UK. In: PROCEEDINGS OF BUILDING SIMULATION 2011:12TH **CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION**, Sydney. 2011.

HOLBOOK, C.C.; STALKER, H.T. Peanut Breeding and genetic Resources. **Plant Breeding Reviews**, 22, p297-355, 2002.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapa das faixas de conforto térmico para bovino**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/indiceConfortoTermico>. Acesso em 5 Abr. 2013.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Diagrama de conforto humano.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortoTermicoHumano>. Acesso em 2 Mai. 2013.

INTERNATIONAL GREEN ROOFS ASSOCIATION (INGRA). Disponível em: <<http://www.igra-world.com>>. Acesso em: novembro de 2013.

IKEFUTI, P. V.; AMORIM, M. C. C. T. Análise do conforto térmico em diferentes padrões de Construção em Presidente Prudente/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 1-15.

ISSO-SYSTEMS. <[http://www.iso-systems.com.br/produtos-para-isolamento-termico-acustico-e-impermeabilizacao/ isolante-termico-iso-hd1](http://www.iso-systems.com.br/produtos-para-isolamento-termico-acustico-e-impermeabilizacao/isolante-termico-iso-hd1)>. 15 Out. 2013.

JÁCOME, I.M.T.D.; FURTADO, D.A.; LEAL, A.F.; SILVA, J.H.V.; MOURA, J.F.P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.55, p.527-531, 2007.

JARRETA NETO, C. Termografia aplicada à detecção e dimensionamento de descontinuidades em tubulações de compósito. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

JENTZSCH, R. Estudo de modelos reduzidos destinados a predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas. 2002. 103 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E.A.; SANTOS, A.P.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; NANTES, C.L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.** v.11, n.2, p. 496-504 abr/jun, 2010.

LIMA, K. R. S.; ALVES, J. A. K.; ARAÚJO, C. V.; MANNO, M. C.; JESUS, M. L. C.; FERNANDES, D. L.; TAVARES, F. Avaliação do ambiente térmico interno em galpões de frango de corte com diferentes materiais de

- cobertura na mesorregião metropolitana de Belém. **Rev. ciênc. agrár.** Belém, n. 51, p.37-50, jan./jun. 2009.
- LIVINGROOFS - On Green Roofs and Brown Roofs. Disponível em: <URL:<http://www.livingroofs.org/>>. Acesso em 17 de Nov. de 2012.
- LOHMANN, A. Desempenho Higrotérmico de Cobertura Vegetal Inclinada em dois Protótipos Construídos na Região de Florianópolis. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas Ornamentais no Brasil: Arbustivas, Herbáceas e Trepadeiras.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001; 1122p.
- METEOROLOGIA APLICADA A SISTEMAS DE TEMPO REGIONAIS - MASTER – IAG/USP. **Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas.** Disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/conforto/previsao.php?ant=&var=temp_efet&t=2&gr=2&pref=2g&inic=00>. Acesso em: 07 ago. 2014.
- MELO, T.; FURLAN, R.; MILANI, A.; Buzanskas, M; Moura, A.; MOTA, D.; CARDOZO, D. Avaliação de diferentes inclinações e exposições de telhado em três tipos de cobertura em modelos reduzidos de instalações zootécnicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1327-1338, maio/jun. 2013.
- MENEGALI, I.; TINÔCO, I.F.F.; BAËTA, F.C.; CECON, P.C.; GUIMARÃES, M.C.C.; CORDEIRO, M.B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.984-990, 2009.
- MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings, Belgrade**, v. 40, p. 445-451, 2008.
- MISSENARD, A. *L'Homme et le climat*. Paris, 1937.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Sistema de informações geoambientais da região metropolitana do Recife.** Recife: CPRM, 137p. 2003.
- MONTEIRO, A. C. S. A. Coberturas "verdes": Mitos e Realidades. Universidade de Coimbra, 2010.

- MOURA, D.J.; BUENO, L.G.F.; LIMA, K.A.O.; CARVALHO, T.M.R.; MAIA, A.P.A. Strategies and facilities in order to improve animal welfare, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.39, p.311-316, 2010.
- MURPHY, G.C.E. **Similitude in engineering**. New Yurk: Ronald Press, 1950. 302p.
- NASCIMENTO, W. C. ; Freitas, M. C. . Coberturas verdes na Região Metropolitana de Curitiba - barreiras e potencial de estabelecimento na visão dos profissionais da construção civil. In: **XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC**, 2008, Fortaleza. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Geração de valor no ambiente construído: inovação e sustentabilidade, 2008.
- NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GIONGO, G.R.; PEDROZA, E.M.R.; GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.6, p.802–808, 2009.
- NEDEL, A. S. Condições Meteorológicas Favoráveis à Ocorrência de Doenças Respiratórias em Crianças da Cidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- NEOTURF – Neoturf. Disponível em:<URL:<http://www.neoturf.pt/pt>>. Acesso em: 17 de Nov. de 2012.
- NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C.; MELEGARI, S. N.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; PRADO, N. V. Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, Unioeste, Campus de Cascavel. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 34, n. 1, p. 3-7, Jan-Mar., 2012.
- NOGUEIRA, M. C. J. A.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, J. S. Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam, REMEA - **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, 2005, Porto Alegre, RS. v. 10. p. 104-108. Disponível em: <<http://remea.furg.br>>.
- OLIVEIRA, T.M.M. de; WILD, M.B.; CHAMBÓ, A.P.S.; KLOSOWSKIS, E.S.; SANGALI, C.P. NAVARINI, F.C. Avaliação da eficiência de diferentes

- tipos de telhados cerâmicos por meio da carga térmica radiante. In: **ZOOTEC**, 2009, Águas de Lindóia, SP.
- PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.558-568 abr./jun., 2012.
- PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v.43, p. 1712–1722, 2011.
- PEIXOTO, R.A.F. Desenvolvimento de placas de concreto leve de argila expandida aplicadas a coberturas de instalações para produção animal. 2004. 157p.Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.
- RIZZATTI, E.; ROMAN, H. E.; MOHAMAD, G.; NAKANISHI, E. Y. Análise do comportamento mecânico das alvenarias estruturais de blocos cerâmicos utilizando modelos físicos reduzidos – Efeito da geometria. **Revista IBRACOM de Estruturas e Materiais**. Volume 5, n. 5, Out. 2012. p. 702-736.
- ROBERTO, J. V. B. et al. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no Semi-árido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 127-132, 2010.
- ROCHA, H.P.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO, J.W.B.; SILVA, J. H. V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.12, p.1330–1336, 2010.
- RODRIGUES, E.H.V. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escala distorcida. 1998. 178p.Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

- RODRIGUES, V.V.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v.1, n.55, p.455-459, 2011.
- ROSENBERG, N.J., BLAND, B.L., VERMA, S.B. **Microclimate: the biological environment**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 467p.
- ROSSETI, K. A. C. **Estudo do desempenho de coberturas verdes como estratégia passiva de condicionamento térmico dos edifícios na cidade de Cuiabá, MT**. 145f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.
- ROSSETI, K. A. C.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; FRANCO, F. M.; NOGUEIRA, J. S. Análise da interferência da cobertura verde na temperatura e umidade relativa do ar do entorno da edificação - estudo de caso em protótipo no município de Cuiabá, MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, p. 1959-1970, 2013.
- SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.31, n.2, p.230-236, 2011.
- SANCHES, I. J. Superposição de imagens de termografia e ressonância magnética: Uma nova modalidade de imagem médica tridimensional. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- SANTOS, R. L.; ANDRADE, H. O. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 40, p. 77-84, 2008.
- SAS - Statistical Analysis System. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2009. CD-Rom
- SCHWARTZ, B. M. **Zoysiagrass evaluation for DNA content, sting nematode response, nitrogen management, and estimates of heritability for turfgrass performance traits**. 2008, 127p. Dissertação, University of Florida, 2008.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. **Balanços Hídricos**

Climatológicos do Brasil - 500 balanços hídricos de localidades brasileiras. ESALQ, 1 CD-ROM. 1999.

- SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.1, p.1-7, 1997.
- SILVA, N. C. Telhado Verde: Sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 60f. **Monografia** – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2011.
- SILVA, T.P.D.; OLIVEIRA, R.G.; SOUZA JUNIOR, S.C. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês x Gir) no sul do Estado do Piauí. *Comunicata Scientiae*. v. 3, p 299-305, 2012.
- SONODA, L.T.; MOURA, D.J.; CARVALHO, T.; CARVALHO, T.M.R. de; BUENO, L.G. F.; MASSARI, J.M. Uso da Termografia na Avaliação da Eficiência Térmica de Telhas de PVC e Fibrocimento. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2010, Vitória. **Anais...** Vitória, 2010. p.1-4.
- STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. **Journal of Hydrology**. v. 414-415. p.148-161. 2012.
- SUSCA, T., GAFIN, S. R., DELL' OSSO, G. R. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. **Environmental Pollution**, Boston, V. 159, p. 2119 – 2126, 2011.
- TARPANI, J. R.; ALMEIDA, E. G. R.; SIMÊNCIO E. C. A.; MOTA, L. P.; PAZ, J. H. A. A.; GUALBERTO, A. R. M.; CARDOSO, F. L. A., GATTI, C. A. Inspeção Termográfica de Danos por Impacto em Laminados de Matriz Polimérica Reforçados por Fibras de Carbono. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 318-328, 2009.
- THOM, E.C. The discomfort index. *Weatherwise*, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.
- TRENHOLM, L. E.; UNRUH, J. B. **New and not so new lawn grasses for Florida**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2006. IFAS Publication Number: ENH1033.

- Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/document_ep288>. Acesso em: 20 de fev. de 2011.
- VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. Reducing the acoustical façade from road traffic with green roofs. **Building and Environment**, n. 44, p. 1081-1087, 2009.
- VECCHIA, F. Comportamento térmico de sistemas de cobertura. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. São Paulo: Eternit, 2003. v.01. 74 p.
- VITORASSO, G.; PEREIRA, D. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.788-794, 2009.
- WARK, CHRIS - Green Roof Energy Series Archives . 2012. Disponível em: <[URL:http://www.greenroofs.com/archives/energy_editor.htm](http://www.greenroofs.com/archives/energy_editor.htm)>. Acesso em: 22 de Jan. de 2013.
- WRAY, C.; AKBARI, H. The effects of roof reflectance on air temperatures surrounding a rooftop condensing unit. **Energy and Buildings**, v.40, p.11–28, 2008.
- ZANON, M.; PIRES, E. C. Situação atual e perspectivas do mercado de grama no Brasil. In: GODOY, L.J.G.; MATEUS, C.M.D'A.; BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R.L. **Tópicos atuais em gramados II**, Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 2010. 205p.
- ZINCO – ZinCo- Life on roof. Disponível em: <[URL:http://www.zincogreenroof.com/EN/index.php](http://www.zincogreenroof.com/EN/index.php)>. Acesso em: 8 de Nov. de 2012.
- ZUBEN, F. von; NEVES, F. L; “Reciclagem do alumínio e do polietileno presentes nas Embalagens Cartonadas Tetra Pak”. In: Seminário Internacional de Reciclagem do Alumínio, São Paulo, 1999. **Anais**. São Paulo: ABAL, 1999, pág. 96 – 109.