



Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Centro Acadêmico do Agreste - CAA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental -
PPGECAM

Área de Concentração: Tecnologia Ambiental

DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHADOS VERDES NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Gilles Chaves dos Santos

Orientadora: D.Sc. Sylvana Melo dos Santos

Coorientador: D.Sc. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Caruaru - PE - Brasil

2016

GILLES CHAVES DOS SANTOS

**DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHADOS VERDES NO AGRESTE
PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Área de concentração: Tecnologia Ambiental. Linha de Pesquisa: Desenvolvimento do semiárido.

Orientadora: D.Sc. Sylvana Melo dos Santos
Coorientador: D.Sc. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Caruaru - 2016

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Marcela Porfírio CRB/4 - 1878

S237d Santos, Gilles Chaves dos.
Desempenho térmico de telhados verdes no agreste pernambucano. / Gilles Chaves dos Santos. . 2016.
95f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Sylvana Melo dos Santos.
Coorientador: Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.
Dissertação (Mestrado) . Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil e Ambiental, 2016.
Inclui Referências.

1. Telhados. 2. Mudanças climáticas. 3. Regiões áridas . Caruaru (PE). I. Santos, Sylvana Melo dos (Orientadora). II. Paiva, Anderson Luiz Ribeiro de (Coorientadora). III. Título.

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2016-410)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

A comissão examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado

**DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHADOS VERDES NO AGRESTE
PERNAMBUCANO**

Defendida por

GILLES CHAVES DOS SANTOS

Considera o candidato APROVADO

Caruaru, 14 de setembro de 2016

SYLVANA MELO DOS SANTOS – PPGECAM/UFPE
(presidente da banca examinadora)

ANDERSON LUIZ RIBEIRO DE PAIVA – PPGECAM/UFPE
(coorientador)

GUSTAVO BONO – PPGECAM/UFPE
(examinador interno)

LEIDJANE MARIA MACIEL DE OLIVEIRA – DECIV/CTG/UFPE
(examinadora externa)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Elias e Marineide
(*in memoriam*) e à minha irmã.

Aos meus orientadores, Sylvana e
Anderson.

E a todas às pessoas que
contribuíram para que o mesmo
fosse concluído.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida! E a Ele, também, por ter me dado forças e sabedoria para enfrentar os percalços da vida, embora desestimulado, muitas vezes, mas sempre com a intenção em fazer o bem.

À minha mãe, (*in memoriam*) Marineide, por ter sido a minha maior incentivadora no âmbito dos estudos, e, por ter sido e continuar sendo a pessoa mais importante na minha existência.

Ao meu pai, (*in memoriam*) Elias, embora eu guarde poucas lembranças, mas sempre que escuto alguém dizer que somos muito parecidos, isso me alegra pois, sempre, as semelhanças são em forma de elogios.

À minha irmã, Elisneian, por ter sido e continuar sendo um dos motivos para que eu consiga seguir em frente.

À minha orientadora, chefe e professora, Sylvana, por ser a principal responsável por eu ter conseguido participar da seleção, ser aprovado e concluir o mestrado. Pelo profissionalismo e competência em grau inquestionável. Palavras não são suficientes para agradecer e a palavra “obrigado” torna-se simples demais.

Ao meu co-orientador, Anderson, por todos os conselhos válidos, pela paciência e sabedoria.

Ao PPGECAM pela oportunidade de cursar o mestrado.

À Universidade Federal de Pernambuco / Centro Acadêmico do Agreste pela oportunidade de trabalhar e estudar.

Ao IPA, pela disponibilidade do local de pesquisa, e ao senhor Ivan, pela presteza no atendimento ao que foi solicitado.

Aos colegas de mestrado, Devson e Martina, por toda a ajuda.

Aos demais colegas do mestrado pelo tempo dividido.

Ao bolsista Lucas, pela disponibilidade em emprestar o *notebook* para baixar os dados, sem isso, a pesquisa não teria sido concluída.

Aos demais alunos, bolsistas, que contribuíram para estruturar a UETV que hoje temos.

Aos motoristas do CAA, por todas as vezes que precisei e os mesmos se prontificaram em ajudar.

Ao LEA, pela disponibilidade em ceder o carro para as visitas ao IPA.

A todos que de alguma forma contribuíram para que isso acontecesse.

Meu muito OBRIGADO!!!

RESUMO

Nos últimos anos tem-se observado um crescimento populacional acelerado e também mudanças climáticas. A maior parte da população vive em áreas urbanas e dentre outros problemas há o aumento da temperatura por meio do aquecimento global e das ilhas de calor urbano. A região semiárida brasileira possui um clima de elevadas temperaturas e os telhados verdes podem contribuir para minimizar este desconforto, além de propiciar a redução de picos de vazões no sistema de drenagem. Baseado nessa suposição foi realizada uma pesquisa experimental na zona rural de Caruaru-PE, Agreste Pernambucano, por meio de um estudo comparativo entre dois telhados verdes com diferentes vegetações (Babosa e cactos Coroa-de-Frade) e um telhado convencional (telha cerâmica). Onde foram comparados os dados internos de temperatura (parede e teto) e umidade (teto) com os dados externos: radiação, velocidade dos ventos, temperatura e umidade do ar. Além disso, foram comparados os dados com normas da ABNT para edificações habitacionais e instalações de ar-condicionado, como indicativos para conforto térmico, e com os dados de inverno de trabalhos anteriores. Analisaram-se as variações diárias (a cada hora) das temperaturas médias dos ambientes com as variáveis climáticas externas, além da umidade no teto dos ambientes com a umidade externa. A coleta dos dados investigados ocorreu durante o verão, de outubro de 2015 a abril de 2016. Por meio desta pesquisa pôde-se comprovar que a eficiência térmica do telhado verde em relação ao convencional. Sendo o telhado verde com Babosa mais eficiente que o telhado verde com Coroa-de-Frade, chegando a apresentar uma redução de até 0,9°C em comparação ao telhado convencional, mesmo não sendo avaliada a temperatura do ar no centro dos ambientes. As variáveis climáticas influentes na temperatura interna foram a temperatura externa e umidade externa, sendo pouco influentes a radiação e velocidade dos ventos. Os resultados mostram que essa é uma técnica que pode ser utilizada no clima semiárido e possui um potencial considerável de desempenho térmico.

PALAVRAS-CHAVES: Coberturas verdes leves. Região semiárida. Cobertura cerâmica. Conforto térmico.

ABSTRACT

In the last years, it has been observed a fast increase of the population and also many climate changes. Most of the population lives in urban areas and among other problems there is a fast increase of the temperature through global warming and urban heat islands. The Brazilian semiarid region has a climate of high temperature and green roofs can help to minimize this discomfort, as well as providing the reduction of flow peaks in the drainage system. Based on this assumption, an experimental research will be accomplished where, through a comparative study between two green roofs with different kind of vegetation (*Aloe* and *Coroa-de-Fradecactus*) and from a conventional roof (covered with ceramic tile). Where they compared the internal temperature data (wall and ceiling) and humidity (ceiling) with external data: radiation, wind speed, temperature and humidity. In addition, the data were compared with the ABNT standards for residential buildings and air-conditioning installations as indicative for thermal comfort, and the winter data from previous studies. It analyzed the daily changes (every time) the average temperature environments with external climate variables in addition to the moisture in the ceiling environments with external moisture. The collection of data was investigated during the summer, from October 2015 to April 2016. Through this research could be proved that the thermal efficiency of green roof compared to conventional. Being green roof with *Aloe* more efficient than the green roof with *Coroa-de-Frade* or even have a reduction of up 0,9°C compared to conventional roof, even the air temperature not being evaluated in the center environments. The influential climatic variables in the internal temperature were the outdoor temperature and outdoor humidity, with little influence radiation and wind speed. The results show that this is a technique that can be used in semi-arid climate and has considerable potential for thermal performance.

Keywords: Light green roofs. Semiarid region. Ceramic tile. Thermal performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitação do Semiárido Brasileiro.	16
Figura 2 - Componentes de um telhado verde.	26
Figura 3 - Município de Caruaru.	41
Figura 4 - Localização do IPA e da rodovia PE 095 (trecho de Caruaru), com destaque para a UETV.	43
Figura 5 - Disposição e dimensões, em m, dos três telhados em estudo.	43
Figura 6 - Localização da UETV no IPA.	45
Figura 7 - Vegetações utilizadas no experimento.	46
Figura 8 - Localização da Estação Meteorológica (marcador) do INMET.	47
Figura 9 - Aparelhos utilizados no experimento.	48
Figura 10 - Tela do Software Datalogger IP-747RH.	49
Figura 11 - Tela do Software Datalogger Escort iMINI MX-IN-S-8-L.	49
Figura 12 - Disposição dos sensores de temperatura e umidade.	50
Figura 13 - Disposição dos sensores nas paredes e teto.	51
Figura 14 - Box plot das informações mensais (de 08/10/15 à 28/04/16).	53
Figura 15 - Box plot das informações diárias de novembro de 2015.	54
Figura 16 - Informações mensais (de 08/10/15 à 28/04/16).	55
Figura 17 - Informações diárias de novembro de 2015.	56
Figura 18 - Temperatura externa do ar e temperatura ambiente.	58
Figura 19 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.	60
Figura 20 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.	61
Figura 21 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.	63
Figura 22 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.	64
Figura 23 - Sensores instalados nas paredes investigadas.	69
Figura 24 - Temperatura interna nas paredes.	69
Figura 25 - Temperatura interna nas paredes que recebem radiação direta.	70
Figura 26 - Temperatura no teto de cada ambiente.	71
Figura 27 - Umidade no teto de cada ambiente.	71
Figura 28 - Temperatura em diferentes alturas (0,60 e 1,5 m – P1).	72
Figura 29 - Temperatura interna nas paredes que não recebem radiação direta.	73
Figura 30 - Temperatura interna nas paredes equivalentes.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Extensão territorial segundo as unidades da Federação e grandes regiões.	17
Tabela 2 - Número de municípios segundo as unidades da Federação e grandes regiões.	18
Tabela 3 - População total segundo as unidades da Federação e grandes regiões.	18
Tabela 4 - Anos de seca no Nordeste brasileiro, nos últimos quatro séculos, atualizados até 2009.	20
Tabela 5 - Tipos de telhados e suas principais características de acordo com a Associação Internacional de Telhados Verdes (2015).	25
Tabela 6 - Estudos, no mundo, sobre telhados verdes: desempenho térmico (continua).	31
Tabela 7 - Limites estabelecidos para garantir o conforto térmico (NBR 16401-2).	38
Tabela 8 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.	39
Tabela 9 - Configuração do sensor de temperatura e umidade datalogger IP-747RH.	48
Tabela 10 - Configuração do sensor de temperatura datalogger Escort iMINI MX-IN-S-8-L.	48
Tabela 11 - Informações climatológicas instantâneas de dias selecionados.	57
Tabela 12 - Temperatura externa média horária de dias selecionados – início, fim e pico dos valores mais elevados.	57
Tabela 13 - Umidade externa média horária de dias selecionados – início, fim e pico dos valores mais baixos.	57
Tabela 14 - Radiação média horária de dias selecionados.	58
Tabela 15 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).	59
Tabela 16 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).	60
Tabela 17 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).	62
Tabela 18 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).	63
Tabela 19 - Umidade no teto (%) de dias selecionados (continua).	65
Tabela 20 - Dados coletados do ambiente abaixo do telhado com Coroa-de-Frade e atendimento aos limites da NBR 16401-2 (ABNT, 2008) (continua).	66
Tabela 21 - Dados de temperatura (oC) dos ambientes e atendimento aos limites da NBR 15575-1 (ABNT, 2013).	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning</i>
CAA	Centro Acadêmico do Agreste
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DT	Desempenho Térmico
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
GTI	Grupo de Trabalho Interministerial
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGRA	<i>International Green Roof Association</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPA	Instituto Agrônomo de Pernambuco
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAMEPE	Laboratório de Meteorologia de Pernambuco
MI	Ministério da Integração Nacional
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PE	Pernambuco
NBR	Norma Brasileira
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UETV	Unidade Experimental de Telhados Verdes
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
CO ₂	Dióxido de Carbono
g/m ³	Gramas por metro cúbico
kg	Quilograma
kJ/m ²	Quilojoule por metro quadrado
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro quadrado
min	Minuto
mm	Milímetros
mm/ano	Milímetro por ano
mm/h	Milímetro por hora
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m/s	Metro por segundo
W	Watts
W/m ²	Watts por metro quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Geral	15
1.2.2 Específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Semiárido Brasileiro	16
2.2 Clima e vegetação	19
2.3 Variáveis Climáticas e Saúde	22
2.4 Telhados verdes	24
2.4.1 Classificação	25
2.4.2 Benefícios	25
2.4.3 Componentes do sistema construtivo	26
2.4.4 Estudos de caso – desempenho térmico	27
2.5 Desempenho térmico de edificações e exigências humanas	32
2.5.1 O organismo humano e a termorregulação	32
2.5.2 Variáveis de interesse térmico	35
2.5.3 Normas brasileiras	38
2.5.4 Normas internacionais	39
3 METODOLOGIA DO TRABALHO	41
3.1 Área de estudo	41
3.2 Descrição da estrutura existente	42
3.3 Aquisição de dados	46
3.3.1 Dados externos à UETV	46
3.3.2 Dados internos à UETV	47
3.3.3 Processamento dos dados	50
3.3.4 Variáveis investigadas	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1 Análise e seleção de dias de investigação	52
4.2 Variáveis climatológicas nos dias investigados	52
4.3 Análise da temperatura interna dos três ambientes	58
4.4 Análise da temperatura ambiente (média entre teto e paredes) e da umidade externa	59
4.5 Análise da temperatura ambiente (média entre teto e paredes) e a velocidade do vento	61

4.6	Análise da temperatura ambiente (média entre teto e paredes) e a radiação	62
4.7	Análise da umidade interna no teto e a umidade externa	64
4.8	Comparação com a NBR16.401-2	65
4.9	Comparação com a NBR 15.575	67
4.10	Análise dos dados obtidos durante o período de inverno e verão	68
4.11	Análise da temperatura superficial interna das paredes e teto em comparação com a temperatura do ar externa.	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
6	TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE A	86
	APÊNDICE B	91

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Nos últimos anos têm ocorrido mudanças climáticas, em que se tem observado a ocorrência de catástrofes, desequilíbrio de ecossistemas e outras modificações ambientais, e o papel e a relativa importância do CO₂ na produção destas mudanças climáticas ainda não estão suficientemente claros (SHAKUN *et al.*, 2012). No entanto, o aumento na absorção da radiação solar pela Terra e a redução no reflexo da mesma pode, inicialmente, aumentar o aquecimento global (EDMONDS & SMITH, 2011). Ao que tudo indica, as causas podem estar relacionadas: (i) ao acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera da Terra (DEMING, 1995) e (ii) com as emissões de calor (NORDELL, 2003; NORDELL & GERVET, 2009). Ambas as interpretações sobre as causas do aquecimento global implicam que o mesmo ocorre em decorrência de ações antrópicas e levam à conclusão de que o uso mais eficiente da energia e o aumento da utilização de energias renováveis são as melhores maneiras de reduzi-lo. Como os sistemas de aquecimento e refrigeração de edifícios são responsáveis por 30 a 50% do consumo global de energia, o aumento da eficiência de tais sistemas pode implicar em uma redução considerável no consumo global de energia (SEYBOTH *et al.*, 2008). Outro agravante para áreas urbanas que tem chamado bastante atenção dos pesquisadores são as ilhas de calor. Segundo Oke (1982 *apud* SCHWARZ *et al.*, 2012) o termo ilha de calor urbano descreve o fenômeno de temperaturas alteradas em áreas urbanas em comparação com os seus arredores rurais. As diferenças de temperatura resultam da influência das propriedades de emissividade térmica de superfícies urbanas, da capacidade de geração de calor e da configuração tridimensional das edificações (SCHWARZ *et al.*, 2012).

No âmbito da área de tecnologia ambiental um tema amplamente difundido e pesquisado nos dias atuais são os telhados verdes, que podem ser caracterizados como uma cobertura vegetal nas edificações e são usados principalmente nos centros urbanos e têm como principais características: a mitigação dos efeitos das ilhas de calor, conforto térmico e diminuição dos ruídos nos ambientes internos, recuperação das áreas verdes, abrigo para a biodiversidade nos centros urbanos, minimização dos picos de vazões, sobretudo em chuvas de baixas intensidades, entre outras (FERRAZ, 2012).

1.2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho dividiram-se em objetivo geral e específicos, a saber:

1.2.1 Geral

Avaliar o desempenho térmico de um sistema de telhado verde em comparação ao telhado convencional.

1.2.2 Específicos

- Comparar a temperatura interna dos ambientes com telhado convencional, com telhado com Babosa e com telhado com Coroa-de-Frade durante o verão;
- Comparar a temperatura externa com a temperaturas interna dos três ambientes;
- Comparar a umidade externa com a umidades interna do teto dos três ambientes;
- Analisar a interferência da velocidade dos ventos e da radiação na temperatura interna dos três ambientes;
- Comparar os dados obtidos no período de verão com a NBR 16401-2/2008 (Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico);
- Comparar os dados obtidos no período de verão com a NBR 15575-1/2013 (Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais);
- Comparar os dados obtidos no período de inverno e verão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

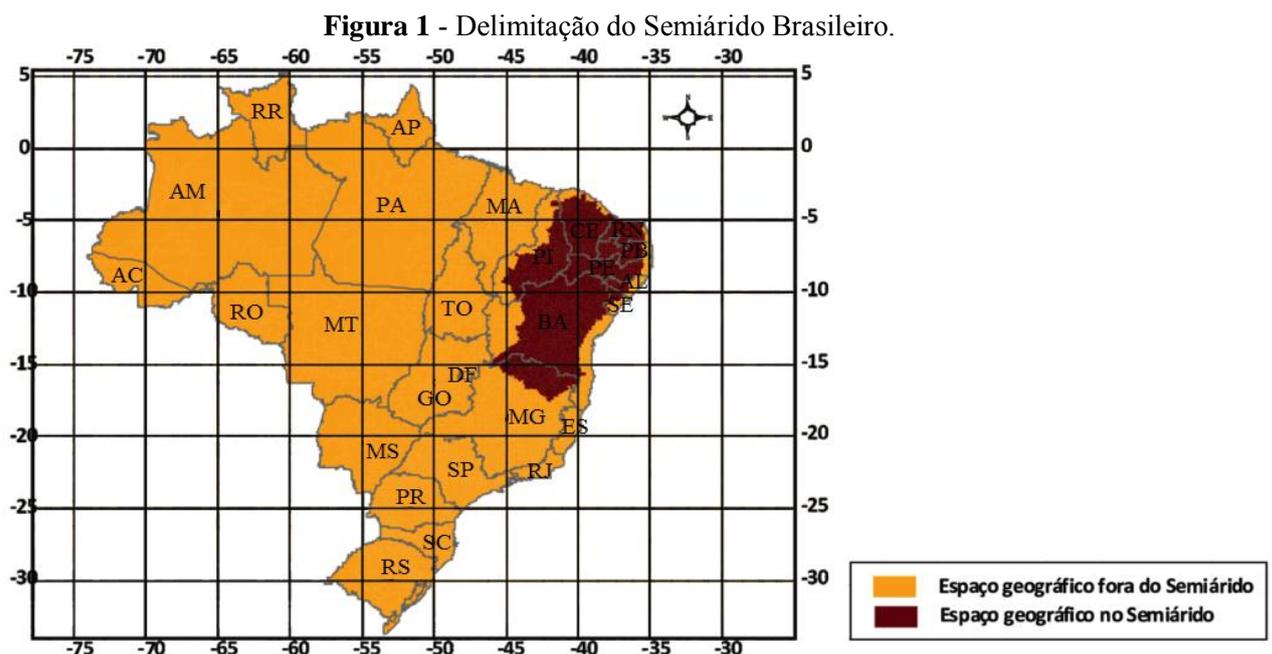
2.1 Semiárido Brasileiro

O Ministério da Integração Nacional criou, em março de 2004, o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), que elaborou um estudo para a nova delimitação do semiárido brasileiro. O GTI tomou por base três critérios técnicos:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
- Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Esses critérios foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da antiga SUDENE, inclusive os municípios do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo.

Por meio de portaria datada em 10 de março de 2005, foi instituída a nova delimitação do semiárido brasileiro conforme Figura 1, com a inserção de 102 novos municípios que foram enquadrados em pelo menos um dos três critérios utilizados. Após essa atualização, a área do semiárido brasileiro passou a ser mais de 900.000 km² conforme pode ser visto na Tabela 1.



Fonte: Medeiros *et al.* (2012).

Sobre o território do semiárido brasileiro, Silva (2000) comenta que o relevo da região é muito variável, contribuindo para o elevado número de paisagens. A altitude média fica entre 400 e 500 m, podendo chegar a 1.000 m. Ao redor de 37% da área é de encostas com 4 a 12% de inclinação e 20% de encostas têm inclinação maior do que 12%, o que contribui para processos erosivos nas áreas ocupadas pelo homem.

Diante da complexidade do semiárido brasileiro, Conti & Schroeder (2013) destacam que o mesmo possui, dentre outras, características peculiares, com seu povo convivendo com o clima e aprendendo a constituir seus modos de vida de forma criativa. E que, ao tratar desta parcela do território nacional, há que se observá-la sob múltiplos olhares e dimensões.

Tabela 1 - Extensão territorial segundo as unidades da Federação e grandes regiões.

Unidades da Federação e Grandes Regiões	Extensão territorial no espaço geográfico		
	Dentro do Semiárido (%)	Fora do Semiárido (%)	Total (km ²)
Alagoas	45,3%	54,7%	27.779,343
Bahia	69,3%	30,7%	564.830,859
Ceará	86,7%	13,3%	148.920,538
Minas Gerais	17,5%	82,5%	586.520,368
Paraíba	86,2%	13,8%	56.469,466
Pernambuco	87,6%	12,4%	98.146,315
Piauí	59,4%	40,6%	251.576,644
Rio Grande do Norte	92,9%	7,1%	52.810,699
Sergipe	50,7%	49,3%	21.918,354
Nordeste	56,5%	43,5%	1.554.387,725
Sudeste	11,1%	88,9%	924.596,056
Centro Oeste	-	-	1.606.366,787
Norte	-	-	3.853.575,624
Sul	-	-	563.802,077
Semiárido	100%	-	980.133,079
Brasil	11,5%	88,5%	8.502.728,269

Fonte: Adaptado do IBGE(2010).

Os municípios integrantes da nova delimitação do semiárido se beneficiariam de bônus de adimplência de 25% dos recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), enquanto para os demais municípios da Região Nordeste o percentual é de 15%. Essa medida ajudaria a toda população que reside no semiárido, já que é um número crescente tendo em vista o desenvolvimento que a região vem apresentando nos últimos.

Com a inserção de novos municípios, o total passou a ser, de acordo com o MI, 1.133 municípios, Tabela 2. De acordo com Barbosa (2010), o semiárido brasileiro, embora já exista fisicamente há milhões de anos, pode ser considerado um espaço novo já que sua construção simbólica difere do Nordeste, que costumeiramente é associado, pela mídia, à falta de água, crianças desnutridas, animais mortos, fome, terra rachada, indústria da seca, etc. A associação

do semiárido à ideia de convivência pode ser considerada uma das causas mais consistentes para a imagem positiva deste novo espaço brasileiro.

Tabela 2 - Número de municípios segundo as unidades da Federação e grandes regiões.

Unidades da Federação e Grandes Regiões	Quantidade de municípios no espaço geográfico.		
	Dentro do Semiárido	Fora do Semiárido	Total
Alagoas	38	64	102
Bahia	265	152	417
Ceará	150	34	184
Minas Gerais	85	768	853
Paraíba	170	53	223
Pernambuco	122	63	185
Piauí	127	97	224
Rio Grande do Norte	147	20	167
Sergipe	29	46	75
Nordeste	1.048	745	1.794
Sudeste	85	1.583	1.668
Centro Oeste	-	466	467
Norte	-	449	450
Sul	-	1.188	1.191
Semiárido	1.133	-	1.133
Brasil	1.133	4.430	5.570

Fonte: Adaptado do IBGE(2010).

Dados do IBGE (2010) apontavam que a região semiárida contava com mais de 22 milhões de habitantes conforme descrito na Tabela 3. Correia *et al.* (2011) relatam que a região semiárida brasileira se caracteriza por ser, atualmente, a zona semiárida mais povoada do mundo. Essa região tem se mostrado mais promissora do que se imaginava.

Tabela 3 - População total segundo as unidades da Federação e grandes regiões.

Unidades da Federação e Grandes Regiões	Habitantes no espaço geográfico		
	Dentro do Semiárido (%)	Fora do Semiárido (%)	Total (habitantes)
Alagoas	28,9%	71,1%	3.120.494
Bahia	48,1%	51,9%	14.016.906
Ceará	55,9%	44,1%	8.452.381
Minas Gerais	6,3%	93,7%	19.597.330
Paraíba	55,5%	44,5%	3.766.528
Pernambuco	41,6%	58,4%	8.796.448
Piauí	33,5%	66,5%	3.118.360
Rio Grande do Norte	55,7%	44,3%	3.168.027
Sergipe	21,3%	78,7%	2.068.017
Nordeste	40,2%	59,8%	53.081.950
Sudeste	1,5%	98,5%	80.364.410
Centro Oeste	-	-	14.058.094
Norte	-	-	15.864.454
Sul	-	-	27.386.891
Semiárido	100%	-	22.598.318
Brasil	11,9%	88,1%	190.755.799

Fonte: Adaptado do IBGE(2010).

As regiões áridas e semiáridas apresentam algumas características comuns. Dentre as principais, Conti & Schroeder (2013) destacam: deficiência hídrica e precipitações pluviométricas imprevisíveis, aridez do clima, fatores de degradação ambiental, uso

inadequado dos recursos naturais e da terra pela agricultura, mineração e pecuária. Ao mesmo tempo que tais regiões apresentam características similares, também apresentam diferenças. De acordo com os autores, as principais especificidades são: características ambientais, extensão territorial, biomas, densidade demográfica, formas de apropriação dos recursos naturais e forma como seus habitantes culturalmente vivem e desenvolvem as atividades que garantem sua reprodução social nesses locais.

2.2 Clima e vegetação

Segundo Barbosa (2010), o semiárido é composto, em sua maior parte, pela Caatinga, sendo este o único bioma exclusivamente brasileiro e que apresenta enorme variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e endemismo. A diversidade constitui-se de cerca de 12 tipos diferentes de Caatingas, que se destacam pela adaptação ao *habitat* semiárido. A vegetação é constituída de espécies lenhosas, cactáceas, bromeliáceas e pequenas herbáceas, geralmente, com espinhos e caducifólias. Inclui, ainda, pelo menos, uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas, sendo rica em espécies. Até o ano de 2010 haviam 932 espécies de plantas vasculares registradas, sendo que 380 eram endêmicas e 20 gêneros pertencentes a 42 famílias. Além da vegetação, registra-se, ainda, a existência de 185 espécies de peixes (57% de endemismo), 154 de répteis e anfíbios, 348 de aves (4,3% de endemismo) e 148 espécies de mamíferos. Neste cenário, a vegetação que mais se destaca é o cactus, que já tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores (LONE *et al.*, 2009; SBRISSA & MELO, 2012; entre outros).

De acordo com Lone *et al.* (2009), a Coroa-de-Frade (*Melocactus zehntneri*) é definida como cacto globoso, com espinhos duros e longos, que na fase adulta desenvolve uma estrutura discóide em seu ápice, denominada cefálio, que é uma estrutura de floração com espinhos modificados, e que, normalmente, pode se apresentar com coloração avermelhada. Sbrissa & Melo (2012) relataram que devido à uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas, esta vegetação sobrevive em lugares adversos, tais como: intensa radiação solar, temperaturas elevadas e ambientes pobres em nutrientes e com pouca disponibilidade de água. Pois, segundo os autores, devido a estas características funcionais e estruturais, os mesmos são capazes de consumir e perder uma quantidade mínima de água armazenada.

Outra vegetação típica de regiões desérticas é a Babosa (*Aloe Vera*), que, para Parente *et al.* (2013), consegue sobreviver em *habitats* hostis, diferentemente de muitas vegetações. Além disso, é uma vegetação perene, cujo tronco sustenta uma espécie de bulbo que

desabrocha aproximadamente cinquenta folhas suculentas, cerosas, carnudas, de coloração esverdeada, com margem serrada e levemente espinhosa, cujo formato lembram lanças e crescem numa formação de roseta.

No que se refere às variações climáticas, de acordo com Oyama & Nobre (2003), em um estudo sobre seus impactos na estabilidade dos biomas predominantes no Brasil, o bioma Caatinga encontra-se entre os mais vulneráveis num cenário de aquecimento global, colocando a Região Nordeste do Brasil em estado de alerta, já que tal vulnerabilidade representa um forte fator de pressão para a desertificação na região. Além deste fator, há, ainda, as atividades antrópicas de remoção da cobertura vegetal da Caatinga para a produção de carvão vegetal que contribuem para a pressão de aridificação.

Conti & Schroeder (2013) destacam que outra característica do semiárido brasileiro é o déficit hídrico, embora não signifique falta de água, já que é o semiárido mais chuvoso do planeta. O que ocorre é que as chuvas são irregulares no espaço e no tempo e a quantidade de chuva é menor que o índice de evaporação. Há, ainda, a ocorrência de secas ao longo dos anos conforme pode ser visto na Tabela 4. Cabendo às famílias se adaptarem a essas condições, captando e armazenando a água para garantir segurança hídrica no período de estiagem.

Tabela 4 - Anos de seca no Nordeste brasileiro, nos últimos quatro séculos, atualizados até 2009.

Século XVII	Século XVIII	Século XIX	Século XX	Século XXI
1603	1711	1804	1900	2001
1614	1721	1809	1902	2002
1692	1723-24	1810	1907	
	1736-37	1816-17	1915	
	1744-46	1824-25	1919	
	1754	1827	1932-33	
	1760	1830-33	1936	
	1772	1845	1941-44	
	1776-77	1877-79	1951	
	1784	1888-89	1953	
	1790-94	1891	1958	
		1898	1970	
			1979-80	
			1981	
			1982-83	
			1986-87	
			1991-92	
			1997-98	

Fonte: Magalhães *et al.* (1988).

Segundo Kayano & Andreoli (2009), a região semiárida brasileira é uma das principais áreas na América do Sul onde os sinais de variabilidade intrasazonal são mais evidentes. Conti & Schroeder (2013) apontam que a insuficiência de chuvas, as elevadas temperaturas e altas taxas de evaporação influenciam fortemente as demais condições naturais e sociais desse

meio, influenciando diretamente os recursos hídricos, os solos, a paisagem, a vegetação e a multiplicidade de espécies. Além disso, há a histórica concentração da terra e da água, que favoreceu a dominação política, que se baseou no autoritarismo, paternalismo e clientelismo. Os autores afirmam que, para certos governantes, a seca era entendida como um problema que limita o desenvolvimento regional e que é responsável pela pobreza e pelos baixos índices de desenvolvimento humano apresentados na região. O que culminou com a fundamentação da denominada 'indústria da seca', na qual, não se buscava entender a semiaridez desde as suas origens e as múltiplas formas de conviver com o semiárido, por meio de tecnologias voltadas para este fim, mas buscavam a resolução dos problemas por meio de medidas ineficientes.

Marengo (2006) ressalta que, devido as alterações climáticas, o Brasil será bastante impactado no que tange os recursos hídricos, piorando a situação do Nordeste, que já apresenta problemas de escassez hídrica. O autor cita que a disponibilidade hídrica *per capita*, atualmente, na região é insuficiente em estados como Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Rio Grande do Norte, e, ainda, há um outro agravante que são as variações regionais, que tornam a situação ainda mais insustentável para a população local.

Para agravar ainda mais a situação, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change - IPCC*) concluiu, no seu Terceiro Relatório de Avaliação TAR (IPCC, 2001), que a temperatura média da atmosfera tem aumentado em $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante o século XX. Os modelos globais do IPCC têm mostrado que entre 1900 e 2100 a temperatura global pode aquecer entre 1,4 e $5,8^{\circ}\text{C}$, o que representa um aquecimento mais rápido do que aquele detectado no século XX e que, aparentemente, não possui precedentes durante, pelo menos, os últimos 10.000 anos.

Conforme Marengo *et al.* (2011), vêm ocorrendo aumentos de temperatura associados à mudança de clima decorrente do aquecimento global. Tal fato, pode ser comprovado pelo aumento de mais de 3°C em cidades como Vitória de Santo Antão – PE, ao passo que o resto do planeta o aumento foi em torno de $0,4^{\circ}\text{C}$. O autor comenta que o aumento se deve, em parte, às mudanças climáticas decorrentes da emissão de gases estufa e também à urbanização crescente. O autor destaca, ainda, que as chuvas estão se tornando raras, mas que chegam com intensidade capaz de destruir cidades inteiras.

Diante deste cenário, Salazar *et al.* (2007) alertam que a Caatinga, até o final do Século XXI, pode dar lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas ou de deserto, com predominância de cactáceas. Por sua vez, Marengo *et al.* (2011) afirmam que os extremos climáticos intensos associados à degradação do solo, poderiam levar à aceleração do processo

de desertificação no semiárido, possibilitando a ocorrência de secas mais prolongadas e intensas e, que poderia elevar ainda mais o grau de vulnerabilidade e exposição das populações que habitam esta área, sobretudo os mais carentes. Os autores ainda alertam que tais mudanças climáticas no Brasil ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água e que as altas temperaturas, altas taxas de evaporação, a falta de chuva ou pouca chuva pode levar a uma grande competição pelos recursos hídricos, prejudicando ainda mais as pessoas mais vulneráveis que ali residem e de onde retiram sua própria subsistência por meio da agricultura, o que acarretará uma maior dificuldade de manter-se por este meio e, ainda, poderá acarretar o êxodo rural ou a ida para lugares onde possa ser desenvolvida a agricultura irrigada.

Portanto, faz-se necessário que haja uma compreensão maior do clima e a conseqüente adaptação ao mesmo. É necessário que se crie mecanismos e condições para que a população se adapte de forma inteligente às condições adversas que a natureza está oferecendo por meio das condições climáticas. É preciso que se estudem tecnologias voltadas para o semiárido e, mais que tudo, que as mesmas, caso obtenham êxito, sejam aplicadas de maneira coerente e eficiente.

2.3 Variáveis Climáticas e Saúde

Em um estudo sobre a urbanização em um bairro de Dubai, por meio de simulação utilizando o ENVI-met (*software*) que tem a capacidade de calcular a dinâmica microclimática de estruturas urbanas, Taleb & Abu-Hijleh (2013) concluíram que as configurações das estruturas na cidade desempenham um papel significativo nas variações de temperatura. E que o vento, ao passar pelas estruturas, elimina grandes flutuações de temperatura, reduzindo a ocorrência de focos de calor, distribuindo melhor a temperatura ao longo do local. E ainda concluíram que o alinhamento das edificações com o sol não é tão significativo, mas sim em termos da direção do vento.

Lucena *et al.* (2013) fizeram o mapeamento do campo térmico na região metropolitana do Rio de Janeiro e levaram em consideração tanto as características do uso da terra quanto as atmosféricas, que contribuem para um melhor entendimento sobre a ilha de calor urbana. Eles definiram três mapas térmicos usando imagens de satélite TM- Landsat5 por três eventos de inverno escolhidos para as décadas de 1980, 1990 e 2000, respectivamente. E obtiveram como resultado uma concentração de núcleos mais quentes em áreas centrais urbanas e também na

região suburbana. Os locais com temperaturas mais baixas correspondem a áreas de vegetação que são longe da parte central da região metropolitana.

Baughman&Arens (1996 *apud* SOOKCHAIYA, MONYAKUL & THEPA, 2010) citaram que estudos e pesquisas epidemiológicas sugerem que a umidade relativa tem um efeito direto sobre a membrana da célula que está relacionada com a respiração, a contração, inflamações dos tecidos do nariz, gripe e febre e também tem um efeito indireto sobre o surgimento de alergias e doenças respiratórias, juntamente com a existência de doenças causadas por fungos, protozoários, ácaros, bactérias e vírus. Arundelet *al.* (1986 *apud* SOOKCHAIYA, MONYAKUL & THEPA, 2010) relataram que a maioria dos efeitos adversos da umidade relativa do ar à saúde seriam minimizados pela manutenção dos seus níveis entre 40 e 60%.

Sobral (2005) realizou um estudo onde foi mapeada a distribuição da ilha de calor na cidade de São Paulo e comparou três áreas amostradas. Foram coletados dados de mortalidade e morbidade para avaliar se os mesmos eram influenciados pelo excesso de temperatura. Foi encontrada uma correlação entre a intensidade da ilha de calor e as taxas anuais de mortalidade associadas a doenças cardiovasculares e respiratórias. A análise dos dados de mortalidade diárias e dados de temperatura diárias do ar, no entanto, levou à conclusão de que, apesar da evidência da ilha de calor na mortalidade e internações hospitalares, não havia um aumento de temperatura padrão específico que poderia ser considerado como a principal causa de riscos à saúde (SOBRAL, 2005).

Pantavouet *al.* (2011) calcularam quatro índices biometeorológicos: Sensação Atual (ASV), Método Ginovi de Sensação Térmica (TS), Índice de Desconforto (DI) e Índice de Carga de Calor (HL). Para estes cálculos, os mesmos utilizaram dados de medições de temperatura ambiente, temperatura do terreno circundante, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento e radiação solar obtidos a partir da estação do Observatório Nacional de Atenas. Os dados são referentes ao ano de 2007 (ano em que foram observadas altas temperaturas do ar), e que foi registrado um grande número diário de pacientes em unidades de emergências de clínicas cardiológicas de quatro hospitais públicos de Atenas e que provavelmente podem ter sido afetados pelo calor. Os resultados revelaram altos valores dos índices de DI e HL. A correlação foi mais forte com o DI em comparação com TS, ASV e HL.

Abro (1994) analisou as técnicas de arrefecimento passivo e concluiu que o projeto arquitetônico com ênfase nas variáveis de conforto térmico é a melhor forma de reduzir o

custo da energia nas edificações e que um projeto adequado pode ser o primeiro passo de defesa para atenuar o clima. As construções devem ser concebidas de acordo com o clima local para reduzir a necessidade de aquecimento ou de arrefecimento por meio de energia mecânica, e se possível, dispor de conforto térmico de forma mais natural possível.

Tiwari, Upadhyay & Raí (1994) realizaram um estudo comparando várias técnicas de resfriamento passivo e concluíram que o resfriamento evaporativo é a melhor técnica para minimizar o fluxo de calor através do telhado que pode ser obtido através de jardim no telhado e que a ventilação através da janela só deve ser permitida durante o período noturno, se necessário.

2.4 Telhados verdes

Há indícios de que os telhados verdes são mais antigos do que se pensa e podem datar de aproximadamente 600 a.C., por exemplo, os jardins suspensos da Babilônia já apresentavam um tipo de cobertura que em muito lembra os telhados verdes conhecidos atualmente. De acordo com Osmundson (1999 *apud* FERRAZ, 2012), telhado verde é um espaço aberto, plantado, com o propósito de proporcionar satisfação ao homem e melhorias ambientais, e, que seja separado da superfície por uma edificação ou qualquer outra estrutura. Nas últimas décadas, de acordo com Ferraz (2012), os mesmos ganharam mais notoriedade, sendo a Alemanha um grande exemplo de país que utiliza essa técnica. No Brasil, há indícios que o Palácio Gustavo Capanema no Rio de Janeiro (atualmente a sede do MEC) tenha tido o primeiro telhado verde brasileiro e que teria sido idealizado pelo arquiteto Lúcio Costa, por volta do ano de 1930. Para o autor, nos dias atuais, a utilização dos mesmos, embora de modo incipiente, está se tornando uma prática promissora, haja visto à aplicação dos mesmos em estados como Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde há leis de incentivo à construção de coberturas vegetadas nas capitais destes estados.

No estado de Pernambuco, um fato importante ganhou notoriedade, sobretudo no município de Recife, com a publicação da Lei Municipal nº 18.112 (RECIFE, 2015) que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado verde” e a construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e que dá outras providências, onde a mesma, já em seu primeiro artigo trata da obrigatoriedade da instalação de telhados verdes

para os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m² de área de coberta.

Há um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste que desde o ano de 2007 realiza pesquisa com os telhados verdes, tanto com a qualidade da água quanto com o desempenho térmico. Portanto, os estudos desta tecnologia inserida no âmbito do semiárido representa um grande avanço nas pesquisas relacionadas à inserção da mesma no contexto regional.

2.4.1 Classificação

Os telhados verdes fornecem muitos benefícios aos locais onde os mesmos estão instalados e além disso, o responsável pela instalação do mesmo deverá levar em consideração a capacidade da carga máxima, a manutenção, a seleção da vegetação, o substrato e o orçamento, no caso de um projeto em fase de elaboração. Caso a estrutura já exista, o tipo de telhado verde escolhido deverá estar de acordo com a carga que a cobertura existente irá suportar.

De acordo com a IGRA (2015), os telhados verdes podem ser divididos em três tipos conforme os critérios que estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de telhados e suas principais características de acordo com a Associação Internacional de Telhados Verdes (2015).

	Tipo de telhado verde		
	Extensivo	Semi-Intensivo	Intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Comunidade de Plantas	Musgo, Sedum, Ervas e Gramas	Gramas, Ervas e Arbustos	Gramado ou Perenes, Arbustos e Árvores
Acumulação da altura	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm
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	Telhado Verde Projetado	Parque como jardim

Fonte: Adaptado de IGRA (2015).

2.4.2 Benefícios

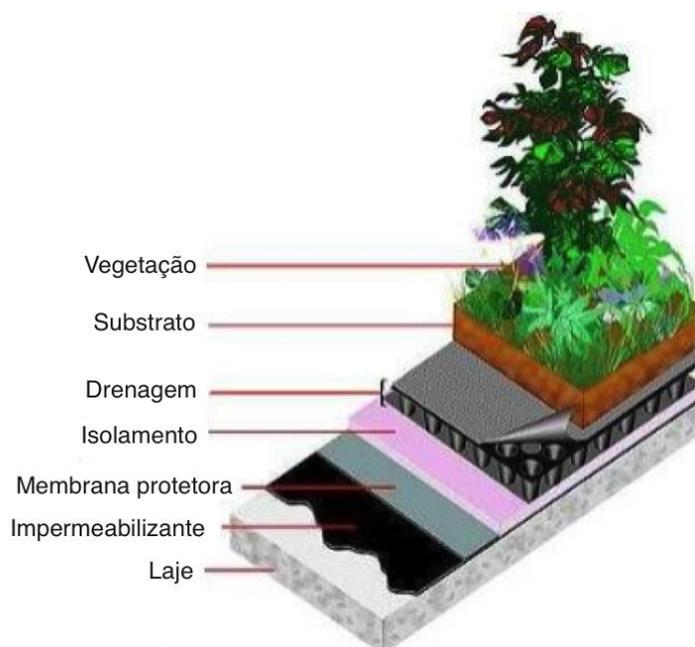
De acordo com Cardoso & Vecchia (2013) e IGRA (2015), alguns benefícios dos telhados verdes são: servir de *habitat* para pássaros e insetos, resgatando um pouco da natureza para a cidade; diminuir os níveis de ruídos externos no interior da edificação devido a sua estrutura no teto; aumento da vida útil da cobertura devido à sua proteção contra fatores adversos tais como insolação e intempéries; retenção de parte da água das chuvas, minimizando enchente, sobretudo, quando as chuvas são de baixa intensidade; possibilidade

de reutilização da água armazenada pelo sistema tanto para irrigação da própria vegetação quanto para outros usos menos nobres, como descarga nos vasos sanitários, por exemplo; diminuição dos níveis de poluição do ar devido à filtragem de partículas de poeira e fumaça; uso do espaço para recreação e lazer, sobretudo, quando se trata de um telhado verde intensivo; diminuição dos efeitos das ilhas de calor urbanas e regulação térmica dos ambientes através da evapotranspiração e conseqüente conforto térmico.

2.4.3 Componentes do sistema construtivo

O sistema construtivo de um telhado verde exige a organização e implementação de algumas camadas (Figura 2) cujas funcionalidades estão descritas a seguir.

Figura 2 - Componentes de um telhado verde.



Fonte: Oliveira (2009).

- Laje ou outro suporte estrutural, que deve ser dimensionada considerando-se a carga média a ser instalada sobre ela (considerando os elementos que compõem um telhado verde);
- Impermeabilização, cuja função é proteger a laje ou outro suporte estrutural contra infiltrações;

- Camada drenante, cuja função é dar vazão ao excesso de água no solo e que pode ser constituída por britas, seixos, argila expandida ou elementos à base de poliestireno (por não ser higroscópico absorve pequenas quantidades de água).
- Meio filtrante, cuja função é evitar o arraste de partículas do solo pela ação da água, fato que pode comprometer o sistema de drenagem devido a obstrução;
- Camada de solo, ou substrato, cuja espessura deve variar de acordo com a tipologia e as espécies a serem plantadas;
- Camada de vegetação, que deve ser a mais adaptada possível às condições climáticas do local onde será instalado. O ideal é que sejam utilizadas espécies nativas, observando-se alguns condicionantes: clima, tipo de solo, estrutura de suporte e tipo de manutenção (irrigação, fertilização).

2.4.4 Estudos de caso – desempenho térmico

2.4.4.1 Experimentais

Teemusk&Mander (2010) analisaram o regime de temperatura de um telhado verde e um telhado sod (um tipo escandinavo tradicional de telhado verde coberto com sod em cima de várias camadas de casca de bétula, que é um gênero de árvores da família *Butelaceae*, em suave declive com placas do telhado de madeira) comparados com um telhado de membrana betuminosa modificada e um telhado de chapa. “Este estudo mostrou que ambas as coberturas verdes e telhados de sod são capazes de reduzir a influência da variação de temperatura sobre o telhado da base” (TEEMUSK & MANDER, 2010).

Lee, Kim & Lee (2014) avaliaram os efeitos das ilhas de calor urbano na Coréia do Sul, nas cidades de Seul, Daegu, Pohange examinaram as estratégias de mitigação e os benefícios térmicos dos telhados verdes. E com base na especificidade de cada cidade, concluíram que não há regra para se saber qual parâmetro é mais importante no controle da formação das ilhas de calor urbano. De acordo com os autores, os telhados verdes fornecem o resfriamento do ambiente desenvolvido e reduz o efeito das ilhas de calor das superfícies construídas. De acordo com Raza (1995 *apud* LEE, KIM & LEE, 2014), a vegetação pode absorver a radiação solar, que é convertida em energia por meio da transpiração e fotossíntese.

Cortés &Castillo (2011) realizaram estudo visando estimar e comparar casas na Colômbia que utilizavam diferentes tipos de hortaliças na construção dos telhados verdes afim

de minimizar os efeitos das ilhas de calor. Conforme Rowe (2011), as plantas utilizadas capturam carbono em seus tecidos. Segundo os autores, os resultados da investigação permitiram determinar que a implementação de telhados verdes atenua a temperatura ambiente dentro da casa em aproximadamente 3°C em comparação com a casa teste.

Theodosiou (2003) investigou a simulação de energia nos edifícios por meio de modelos matemáticos e chegou à conclusão que o parâmetro mais importante quando se considera a vegetação, é a densidade da mesma, que no modelo estudado era representada pelo Índice de Área Foliar (IAF). De acordo com o modelo analisado, a transpiração e o sombreamento são influenciados por esse índice e isso proporciona grande parte do resfriamento de um telhado verde já que as folhas protegem a superfície da camada de solo contra a irradiação solar. Ele ainda constatou que há uma grande influência na umidade relativa já que um ambiente seco aumenta a capacidade de evapotranspiração e refrigeração.

Hodo-Abalo, Banna&Zeghmatti (2012) desenvolveram um modelo para avaliar o potencial de resfriamento dos telhados verdes. Esse estudo foi realizado considerando as condições climáticas do Togo na África. E chegaram à conclusão que a evapotranspiração e ganho de calor são funções do índice de área foliar, que é o parâmetro mais importante quando se considera a densidade das folhas. Ficou evidente que a densidade da folhagem e consequentemente a seleção do tipo de vegetação influenciam significativamente na eficiência térmica da vegetação dos telhados verdes. Verificou-se ainda que um maior índice de área foliar reduz a penetração do fluxo solar, estabiliza os valores flutuantes e reduz a temperatura no interior.

Permpituck&Namprakai (2012) desenvolveram um estudo sobre telhados verdes, onde utilizaram um programa de simulação de energia afim de determinar os efeitos dos mesmos no consumo de energia elétrica anual. A pesquisa teve como objetivos: examinar o efeito de algumas variáveis sobre a transferência de energia no edifício. As variáveis investigadas foram: a massa de solo e o tipo de grama. Como resultados, os autores obtiveram o seguinte: a massa de solo pode reduzir a transferência de calor; a parte superior do telhado com uma profundidade de 0,10 m do solo poderia atingir 46,24% a menos de transferência de calor do que o telhado exposto, e da cobertura do solo com uma profundidade de 0,20 m poderia atingir 93,96% menos transferência de calor do que o telhado exposto; o consumo anual de energia da parte superior do telhado com uma profundidade de solo de 0,10 m foi 14,53% menor do que a do telhado exposta, e a cobertura com uma profundidade do solo de 0,20 m alcançaria 20,65% menos de transferência de calor do que o telhado exposto.

Liu *et al.* (2012) realizaram um estudo em plantas a serem utilizadas em telhados verdes extensivos onde foi analisado a fisiologia, resistência e efeitos reguladores térmicos ambientais. Os resultados mostraram que plantas que resistem à seca, se deve ao fato de mecanismos fisiológicos, tais como a folha suculenta, cutículas de superfície, substâncias mucilaginosas, pêlos ou espinhos e o metabolismo ácido das crassuláceas. Com relação à redução da temperatura constatou-se que está relacionado com a altura da planta e que quanto mais alta, melhor é a redução. E que plantas com folhas verdes tem mais efeitos na redução de temperatura que as roxo-avermelhadas. Já Raimondo *et al.* (2015) afirmaram que a “escolha apropriada do substrato é a chave para o sucesso de instalações em ambientes áridos”. Devido à pouca profundidade de substrato, altas temperaturas, irradiação e exposição ao vento, tudo isso torna imprescindível que se escolha uma vegetação adequada.

Peng & Jim (2013) investigaram os impactos da instalação de telhados verdes na temperatura do ar e no conforto térmico humano em cinco bairros residenciais em Hong Kong. Foram analisados tanto para telhados verdes intensivos quanto para os extensivos. Os resultados mostraram que os efeitos do resfriamento não se restringem apenas aos telhados mas também no chão, melhorando o clima do bairro. Os telhados verdes extensivos reduziram a temperatura do ar por 0,4 – 0,7° C e os intensivos em 0,5 – 1,7° C, com efeitos máximos em locais com baixo crescimento e mais abertos. Então, os autores concluíram que a instalação em grande escala para os telhados verdes poderia trazer refrigeração em todo o bairro, mitigar o efeito da ilha de calor urbano e fornecer ambiente térmico mais confortável para os residentes urbanos. Já Darkwa, Kokogiannakis & Suba (2012) concluíram que “a temperatura média do diferencial de 3,3° C foi alcançado entre as superfícies do telhado externo e internos durante o período de verão em julho”.

Cardoso & Vecchia (2013) realizaram uma pesquisa sobre conforto térmico de telhados verdes em comparação com outros sistemas de coberturas tradicionais, onde foram instalados termopares para medir as temperaturas internas. Os resultados mostraram que o telhado verde tem mais dificuldade para realizar troca de calor entre o ambiente interior e exterior e que o valor máximo para a temperatura interna do ar foi inferior à temperatura máxima do ar exterior.

Figueroa & Schiler (2009) realizaram estudo onde analisaram células testes para telhados verdes na região semiárida do sul da Califórnia, EUA e chegaram aos seguintes resultados: a célula teste de telhado verde manteve a temperatura inferior cerca de 5° C mais

frio do que uma célula de telhado convencional durante os dias de temperatura mais quentes. Os autores ainda afirmaram que a superfície do telhado verde, mesmo quando não está completamente protegido pelas plantas, tinha menos flutuação de temperatura de superfície em dias quentes e ensolarados do que um telhado convencional e, por conseguinte, menores temperaturas inferiores. “Quanto ao fluxo diário de calor através da superfície do telhado, foi demonstrado que o telhado verde supera o telhado de referência, reduzindo, por conseguinte, a procura de energia por dia” (FIORETTI *et al.*, 2010). De acordo com Liu & Baskaran (2003), “os telhados verdes são mais eficazes na redução do ganho de calor do que a perda de calor”.

Morais & Roriz (2005) avaliaram e compararam o comportamento térmico de um protótipo de telhado verde que foi submetido às condições climáticas da região de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil. As medições foram feitas em duas fases: as condições de inverno e verão. Foram avaliados um telhado verde e outro convencional e a sua contribuição como protetores térmicos. A partir dos dados registrados, o telhado verde conservou-se mais estável e resistente às oscilações térmicas diárias.

Mattos (2015) investigou o comportamento térmico dos telhados verdes situados na zona rural do município de Caruaru – PE, Brasil, onde foram coletados dados de temperaturas superficiais das paredes, temperatura interna do ar e umidade do ar. O sistema de monitoramento instalado internamente contou, no total, com 12 pontos distintos de medições. Cada espaço dispunha de um sensor de temperatura e umidade instalado no teto e três sensores de temperatura instalados nas paredes, cada um locado a 1,5 m do piso (ponto médio da parede). Além das variáveis coletadas internamente, variáveis ambientais externas foram adquiridas, durante os dias de análise da pesquisa. Estas, foram obtidas através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET por meio da sua rede de estações meteorológicas automáticas. Como resultado obteve que o ambiente coberto com telha cerâmica (convencional) obteve maiores amplitudes quando comparados aos telhados verdes, que apresentaram pouca variação de temperatura ao longo do dia. A maior diferença entre a amplitude interna e externa aos ambientes estudados foi de 11,3°C e a maior diferença entre as variações internas de temperatura entre um telhado verde e o convencional foi de 3,1°C. Ambas aconteceram no dia 25/08/2015 (dia com maior amplitude externa) para o telhado com Babosa. Para os demais telhados a maior diferença entre amplitude interna e externa também ocorreu nessa data e foram de 9,8°C e 8,2°C para ambiente com Coroa-de-Frade e com telhado convencional, respectivamente. Os telhados verdes apresentaram menores variações

ao longo do dia, diminuíram as temperaturas internas, assim como a amplitude de variação destas.

2.4.4.2 Modelagem

Barrio (1998) apresentou um modelo matemático, para analisar os telhados verdes, com uma representação simplificada e concluiu que os mesmos não funcionam como dispositivos de refrigeração e sim como de isolamento, reduzindo o fluxo de calor desde que: as plantas tenham boa distribuição de folhas principalmente na horizontal, os solos sejam leves, pouco peso e com grande capacidade de campo, que é benéfico para o isolamento (difusividade térmica do solo reduzida com o aumento da umidade do solo), contribuindo para o desenvolvimento das plantas. Vários estudos vêm sendo realizados em várias partes do mundo com o intuito de investigar o desempenho térmico dos telhados verdes. Na Tabela 6 são citados alguns estudos e as principais conclusões a que chegaram os pesquisadores no que se refere ao desempenho térmico dos mesmos, no Brasil e no mundo, respectivamente.

Tabela 6 - Estudos, no mundo, sobre telhados verdes: desempenho térmico (continua).

Localidade (Continente Cidade Estado/País)	Conclusões sobre telhados verdes	Fonte de informação	
América do Sul	São Carlos, SP – Brasil	Tem mais dificuldade para realizar troca de calor entre o ambiente interior e exterior. O valor máximo para a temperatura interna do ar foi inferior à temperatura máxima do ar exterior	Cardoso & Vecchia (2013)
	São Carlos, SP, Brasil	Em comparação a um telhado convencional, mostrou-se mais estável e resistente às oscilações térmicas diárias	Morais & Roriz (2005)
	Caruaru, PE, Brasil	Maior diferença entre as variações internas de temperatura entre um telhado verde e o convencional foi de 3,1°C	Mattos (2015)
Ásia	Seul, Daegu, Pohang, e Incheon, Coréia do Sul	Fornecem o resfriamento do ambiente e reduzem o efeito das ilhas de calor	Lee, Kim & Lee (2014)
	Hong Kong, China	Resfriamento do chão. Os extensivos reduziram a temperatura do ar de 0,4 – 0,7°C e os intensivos de 0,5 – 1,7°C	Peng & Jim (2013)
	Taichung, Taiwan	A redução da temperatura está relacionada com a altura da planta e plantas com folhas verdes tem mais efeitos na redução da temperatura que as folhas roxo-avermelhadas.	Liu <i>et al.</i> (2012)
	Ningbo, China	Durante o período de verão no mês de julho, verificou-se uma diferença de 3,3°C entre a temperatura interna e externa	Darkwa, Kokogiannakis & Suba (2012)
	Nova Délhi, Índia	O resfriamento evaporativo é a melhor técnica para minimizar o fluxo de calor através do telhado	Tiwari, Upadhyay & Rai, (1994)

Tabela 6- Estudos, no mundo, sobre telhados verdes: desempenho térmico (conclusão).

Localidade (Continentes Cidade Estado/País)		Conclusões sobre telhados verdes	Fonte de informação
África	Togo	A evapotranspiração e ganho de calor são funções do índice de área foliar e que a seleção do tipo de vegetação influencia significativamente na eficiência térmica dos telhados verdes	Hodo-Abalo, Banna&Zeghmati (2012)
América	Soacha, Colômbia	Atenuou a temperatura interna dos ambientes em 3°C em comparação com a célula teste	Cortés &Castillo (2011)
	Califórnia, Estados Unidos	A célula teste manteve a temperatura inferior cerca de 5°C mais frio do que uma célula de telhado convencional durante os dias de maior temperatura	Figueroa &Schiler (2009)
Europa	Tartu, Estônia	São capazes de reduzir a influência da variação sobre o telhado base	Teemusk&Mander (2010)
	Tessalônica, Grécia	Quando se considera a vegetação, o parâmetro mais importante é a densidade da mesma que está relacionada ao Índice de Área Foliar	Theodosiu (2003)

2.5 Desempenho térmico de edificações e exigências humanas

2.5.1 O organismo humano e a termorregulação

Devido à enorme capacidade de adaptação dos seres humanos, é que os mesmos têm se estabelecido nos mais remotos locais do planeta, enfrentando situações climáticas extremamente adversas como o calor seco do Saara, úmido da Amazônia e até o clima extremamente gelado da Groelândia (RORIZ, 2008). Esse processo de adaptação, entretanto, não tem sido fácil, pois, sucessivas gerações vêm aprendendo lentamente como sobreviver em cada um desses climas tão diferentes. Como exemplo, pode-se fazer uma comparação das vestimentas, das habitações e dos costumes típicos destes povos a fim de perceber o quão notáveis têm sido esses esforços. Lamberts, Dutra & Pereira (2014) ressaltam que a arquitetura vernacular tem ensinado inúmeros princípios, dentre eles, o de aproveitar as características desejáveis do clima enquanto se evitavam as indesejáveis. E que, ao longo da história, em várias partes do mundo, há muitos exemplos que corroboram com esses princípios. Ainda que o homem possua a incrível capacidade de se adaptar ao meio, ao se considerar o clima, o conforto térmico humano encontra-se dentro de estreitos limites de condições ambientais. É importante ressaltar a diferença entre conforto ambiental e conforto

térmico. Os autores definem conforto ambiental como sendo um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo. Lambert *et al.* (2016) afirmam que conforto térmico se refere ao estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou frio, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente, ou seja, quando há instabilidade no balanço térmico.

De acordo com Roriz (2008), o corpo humano consome a energia dos alimentos ingeridos a fim de realizar qualquer trabalho, sendo esse processo chamado de metabolismo. Sobre o metabolismo, Lambert *et al.* (2016) comentam que é o processo de produção de energia interna, com a utilização do oxigênio, a partir de elementos combustíveis orgânicos, promovendo a queima de calorias. Porém, quando o corpo, está em repouso, há ainda atividades sendo exercidas pelo mesmo, tais como, circulação sanguínea, batimentos cardíacos, etc. Sendo essa atividade mínima denominada de metabolismo basal.

Lambert *et al.* (2016) afirmaram que ao tratar do conforto térmico para a sensação humana, acaba-se entrando no campo da subjetividade e depende de fatores físicos (trocas de calor com o meio), fatores fisiológicos (alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica) e fatores psicológicos (que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo).

Roriz (2008) destaca que o corpo humano funciona como uma máquina de baixa eficiência mecânica, sendo que, apenas 20% da energia consumida é aproveitada em trabalho, e o restante é transformado em calor. Portanto, quanto mais intenso for a atividade física desenvolvida maior será a quantidade de calor produzido. Frota & Schiffer (2012) afirmam que tanto o calor produzido quanto o dissipado dependem da atividade que o indivíduo desenvolve, e, que em repouso absoluto – metabolismo basal –, o calor dissipado pelo corpo, cedido ao ambiente, é de cerca de 75 W.

De acordo com Roriz (2008), ao longo de um dia típico, o metabolismo de um trabalhador braçal poderia ser estimado assim:

- | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|
| • 8 horas de sono a 85 W | | 680 W |
| • 6 horas sentado a 110 W | | 660 W |
| • 2 horas de serviço leve a 200 W | | 400 W |

- 8 horas de trabalho pesado a 350 W 2800 W
- Total em 24 horas: 4540 W

No entanto, o homem é um animal homeotérmico, que para estar com saúde é necessário manter a temperatura interna por volta dos 37°C, suportando poucas variações acima e abaixo desse valor. Frota & Schiffer(2012) afirmam que esses limites são entre 36,1 e 37,2°C, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. Tais variações podem causar vários danos e até serem letais (RORIZ, 2008; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

De acordo com Frota & Schiffer(2012), mesmo a termorregulação sendo a forma natural de controle de perdas de calor pelo organismo, tal meio representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda da potencialidade de trabalho. Os autores ainda afirmam que o organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade.

Lambertset *al.* (2016) afirmam que, no verão, existem dificuldades do organismo em eliminar o calor devido à alta temperatura do meio. Dando origem a vasodilatação, que por sua vez, aumenta o volume de sangue, acelerando o ritmo cardíaco e provocando a transpiração. Já para o frio, há dificuldades para manter o calor devido à baixa temperatura do meio, originando, assim, a vasoconstrição. Esta, por sua vez, provoca a diminuição do volume sanguíneo e do ritmo cardíaco. O arrepio e o tiritar provocam atividade, gerando calor. Frota & Schiffer (2012) comentam sobre o organismo humano experimentar diariamente por uma fase de fadiga (catabolismo) e por uma fase de repouso (anabolismo). E que o catabolismo, sob o ponto de vista fisiológico, envolve três tipos de fadigas: i) física, muscular, resultante do trabalho de força; ii) termo-higrométrica, relativa ao calor ou ao frio; e iii) nervosa, particularmente visual e sonora. Elas ressaltam que a fadiga física faz parte do processo normal de metabolismo e a fadiga termo-higrométrica é resultante do trabalho excessivo do aparelho termorregulador, pela existência de condições ambientais desfavoráveis, no tocante à umidade do ar, e a temperatura do ar, tanto com relação ao frio quanto ao calor.

Sobre a medição da temperatura do ar, a altura de instalação dos sensores, de acordo com a norma ISO 7726 (ISO, 1998), que trata dos instrumentos e do procedimento de medição de valores físicos do ambiente térmico, em ambientes considerados homogêneos, a

pode ser representada por uma única leitura. Nesta situação, segundo Barbosa, Weiller&Lamberts (2007), a medida de 1,10 m do nível do piso é representativa tanto do usuário que se mantém sentado como daquele em pé.

2.5.2 Variáveis de interesse térmico

Lambert *et al.* (2016) comentam que o calor dissipado através de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente envolve: trocas secas (condução, convecção e radiação), denominado calor sensível e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente, e trocas úmidas (evaporação), denominado calor latente e envolve mudanças de fase – o suor (líquido) passa para o estado gasoso através da evaporação. Os autores dividem as variáveis de conforto térmico em variáveis ambientais e variáveis humanas. Sendo as variáveis humanas (metabolismo gerado pela atividade física e resistência térmica oferecida pela vestimenta) e as variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar). Além dessas variáveis, há outras como sexo, idade, raça, peso, altura, hábitos alimentares entre outras, que podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser consideradas.

Frota & Schiffer (2012) comentam sobre a relação entre vestimenta e conforto térmico, onde a primeira se apresenta como uma barreira para as trocas de calor mantendo uma camada, por menor que seja, de ar parado. No clima seco, as mesmas podem manter a umidade proveniente do organismo pela transpiração, assim a vestimenta funciona como uma espécie de isolante térmico, mantendo junto ao corpo, uma camada de ar mais ou menos aquecido, conforme seja mais ou isolante, dependendo, ainda, do seu ajuste ao corpo e da porção do corpo que é coberta. E que tais benefícios são em função do tipo de tecido, da fibra e do ajuste ao corpo. Os autores relatam que algumas variáveis climáticas que caracterizam uma região e que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos são: a oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade do céu, a predominância de época e o sentido dos ventos e índices pluviométricos. Os valores dessas variáveis se alteram para os distintos locais da Terra em função da influência de alguns fatores como distribuição de terras e mares, revestimento e relevo do solo, circulação atmosférica, latitude e altitude.

Lambert *et al.* (2016) citam que o microclima está diretamente relacionado à escala da edificação e de seu entorno imediato, sofrendo influências pelas consequências das outras escalas climáticas e também pela interferência direta na propriedade onde se encontra a

edificação. Os autores descrevem o papel das variáveis ambientais que estão relacionadas ao conforto térmico e que são abordadas neste trabalho, como sendo:

- Temperatura do ar – a principal variável do conforto térmico, sendo que a sensação deste conforto se baseia na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, complementada pelos outros mecanismos termorreguladores. A diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente provoca a movimentação do ar, chamada de convecção natural: a parte mais quente torna-se mais leve e sobe enquanto a mais fria, desce, proporcionando uma sensação de resfriamento do ambiente.
- Umidade relativa do ar – normalmente o ar, a uma determinada pressão e temperatura, contém uma certa quantidade de vapor de água. Porém, o mesmo pode chegar ao valor máximo, sendo chamado de saturado. Ao ultrapassar esse limite, ocorre a condensação, no qual o vapor que se excede passa ao estado líquido, e provoca o aumento da temperatura da superfície onde ocorre a condensação. Todos esses processos dão lugar a uma forma de transferência de calor bem particular, o corpo perderá calor por evaporação, que será ganho por aquele no qual se produz a condensação. A intervenção na perda de calor por evaporação se dá pela velocidade e umidade do ar.

De acordo com Lamberts, Dutra & Pereira (2014), as variáveis climáticas são quantificadas em estações meteorológicas e descrevem as características gerais em termos de sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitações. Os autores afirmam, ainda, que o conhecimento destas variáveis é fundamental para o projeto de edificações mais suficientes em termos de consumo de energia, e, sobretudo, mais adequadas ao conforto do seu ocupante. Dentre as variáveis climáticas, a seguir, serão destacadas àquelas utilizadas nesta pesquisa.

- Radiação solar – Roriz (2008) afirma que a radiação solar é a quantidade de energia térmica (W/m^2) proveniente do Sol que atinge a superfície da Terra, e, é o principal determinante do clima pois influencia a umidade e a temperatura do ar, provoca vento, proporciona o ciclo das chuvas, etc. Frota & Schiffer (2012) afirmam que a maior influência da radiação solar é na distribuição da temperatura do globo e que as quantidades da mesma variam em função da época do ano e da latitude, e que é melhor elucidado quando se examina o movimento aparente do Sol em relação à Terra. Com relação à edificação, Lamberts *et al.* (2016) comentam

que a transferência de calor por radiação pode ser dividida em cinco principais partes: radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu (onda longa), radiação térmica emitida pelo edifício (onda longa), radiação solar direta (onda curta), radiação solar difusa (onda curta), radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno (onda curta);

- Umidade do ar – Frota & Schiffer (2012) explicam que a umidade atmosférica é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas, e que, como definição de umidade absoluta, tem-se que é o peso do vapor de água contido em uma unidade de volume de ar (g/m^3), e a umidade relativa é a relação da umidade absoluta com a capacidade máximo do ar de reter vapor d'água, àquela temperatura. O que implica dizer que a umidade relativa é um percentual da umidade absoluta de saturação. Lambert *et al.* (2016) comentam que a umidade do ar é influenciada por, além da vegetação e do ciclo hídrico, topografia e ocupação urbana. Os autores afirmam que a ocupação e pavimentação excessiva provoca uma carência de vegetação que acarreta uma redução da umidade relativa do ar, que por sua vez, pode alterar o regime de chuvas da cidade e sua cobertura de nuvens.
- Temperatura do ar – Lambert *et al.* (2016) ressaltam que a temperatura do ar não é consequência da ação direta dos raios solares, pois o ar é transparente a todos os comprimentos de ondas eletromagnéticas. O processo ocorre indiretamente: a radiação do sol atinge o solo, sendo e após a absorção de parte da mesma, e posteriormente, transformada em calor. Nesse caso, a temperatura do solo será aumentada, e, por convecção, aquecerá o ar. Os autores reforçam que a temperatura do ar será em função de um balanço energético que pode ser intervindo por: i) perdas por evaporação, convecção e radiação; ii) condutividade e capacidade térmica do solo que determinam a transmissão de calor por condução; e iii) radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora. Para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como a umidade local e o vento (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).
- Velocidade dos ventos – Frota & Schiffer (2012) comentam que, em escala global, o fator determinante principal das direções e características dos ventos é a distribuição sazonal das pressões atmosféricas. E que essas variações ocorrem, dentre outros fatores, pelo esfriamento e aquecimento dos mares e terras, pelo

gradiente de temperatura no globo e pelo movimento de rotação da terra. Os autores ainda comentam que, em escala local, as correntes de ar sofrem influência das diferenças de temperaturas causadas por diversos revestimentos do solo e da vegetação e, também, da topografia. Lambertset *al.* (2016) afirmam, ainda, que a nível local, as edificações da cidade também desviam, distribuem ou canalizam os ventos urbanos. E que, portanto, a ocupação das cidades deve atentar para as principais direções do vento na região, a fim de aproveitar ou evitá-los.

- Precipitação – Roriz (2008) define precipitação como sendo a intensidade das chuvas caídas em determinado intervalo de tempo (hora, dia, mês ou ano), e é medida em milímetros de altura. Frota &Schiffer (2012) afirmam que a precipitação, provém, em grande parte, das massas de ar úmido em ascensão, esfriadas rapidamente por contato com massas de ar mais frias.

2.5.3 Normas brasileiras

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos por vários pesquisadores, baseando-se nas variáveis que influenciam no conforto térmico, em ambientes condicionados ou não. As principais normas e guias de referência aos estudos estão descritas a seguir.

No Brasil, tem-se a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), que dispõe sobre as instalações de ar-condicionado, sistemas centrais e unitários. Os parâmetros estipulados nesta parte desta Norma definem o ambiente térmico em que uma maioria de 80% ou mais das pessoas, de um grupo homogêneo em termos de atividade física e tipo de roupa usada, é suscetível de expressar satisfação em relação ao conforto térmico. Ainda, se aplica a pessoas adultas, em boa saúde, que estejam no recinto há mais de 15min. Esta Norma especifica ainda os parâmetros do ambiente interno (temperatura, umidade relativa e velocidade média do ar) que proporcionam conforto térmico aos ocupantes de recintos providos de ar-condicionado para o verão e o inverno (Tabela 7).

Tabela 7 - Limites estabelecidos para garantir o conforto térmico (NBR 16401-2).

Estação do clima	Temperatura	Umidade Relativa	Velocidade média do ar
Verão	23,0 a 26,0°C	35%	0,20 m/s*
	22,5 a 25,5°C	65%	0,25 m/s**
Inverno	21,5 a 24°C	30%	
	21,0 a 23,5°C	60%	

*Distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%).

**Distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

E a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), que dispõe sobre os requisitos gerais das edificações habitacionais e estabelece os critérios de desempenho, sendo aplicada a edifícios de até cinco pavimentos, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento. Esta Norma, elaborada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil, está dividida em seis partes, que trata, cada uma delas dos seguintes requisitos: gerais; para os sistemas estruturais; para os sistemas de pisos internos; para os sistemas de vedações verticais internas e externas; para os sistemas de cobertura; e para os sistemas hidrossanitários. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) diz que, caso a cidade não conste nas tabelas de seu anexo, pode-se utilizar os dados climáticos da cidade mais próxima, dentro da mesma região climática, com altitude de mesma ordem e grandeza.

Na análise do atendimento da edificação às exigências dos usuários, devem ser considerados, a partir dos critérios estabelecidos para cada um deles, os requisitos mínimos de desempenho (M), os quais devem ser considerados e atendidos em todos os casos. Para incentivar a melhoria da qualidade das edificações, são estabelecidos níveis mais elevados do que o mínimo, denominados de intermediário (I) e superior (S) a serem atendidos (Tabela 8).

Tabela 8 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M (mínimo)	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I (intermediário)	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^\circ \text{C})$
S (superior)	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ \text{C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^\circ \text{C})$

$T_{i,max}$: é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,max}$: é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{i,min}$: é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$: é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

2.5.4 Normas internacionais

A nível mundial tem-se algumas normas que são utilizadas para estudos de conforto térmico:

AISO 7730(ISO, 2005), cujo objetivo é apresentar um método para prever a sensação térmica e o grau de desconforto (insatisfação térmica) das pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e especificar as condições ambientais aceitáveis para o conforto. Aplica-se a homens e mulheres saudáveis e foi originalmente, baseado em estudos de indivíduos norte-americanos e europeus, mas também está de acordo com estudos recentes de indivíduos japoneses e espera-se que seja aplicada com boa aproximação em muitas partes do mundo. Aplica-se a pessoas expostas a ambientes internos onde o objetivo é atingir o conforto térmico, ou ambientes internos, onde desvios moderados de conforto possam ocorrer.

AISO 7726 (ISO, 1998) que especifica as características mínimas dos instrumentos de medição de grandezas físicas que caracterizam um ambiente, bem como os métodos para medir as quantidades físicas deste ambiente. Ela não pretende definir um índice geral de conforto ou estresse térmico, mas simplesmente padronizar o processo de gravação de informações que levem à determinação de tais índices. Outras Normas Internacionais dão detalhes sobre os métodos que fazem uso das informações obtidas em conformidade com esta norma. Esta Norma é usada como referência estabelecendo:

- a) especificações para fabricantes e usuários de instrumentos para medir as quantidades físicas do ambiente;
- b) um contrato escrito entre as duas partes para a medição dessas quantidades.

E aplica-se à influência de ambientes quentes, moderados, confortáveis ou frios nas pessoas.

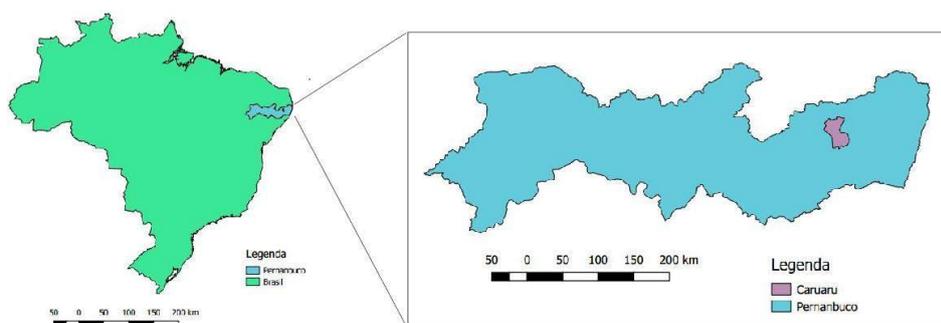
A ASHRAE Standard 55(ASHRAE, 2013) que especifica as combinações de fatores térmicos ambientais internos e fatores pessoais que irão produzir condições ambientais térmicas aceitáveis para a maioria dos ocupantes no interior do espaço. Os fatores ambientais abordados nesta Norma são temperatura, radiação térmica, umidade e velocidade do ar; e fatores pessoais como atividades e vestimenta. Pretende-se, com essa Norma, que todos os critérios sejam aplicados em conjunto, já que o conforto no ambiente interno é complexo e está sujeito a interação de todos os fatores que são abordados. Esta norma especifica as condições do ambiente térmico aceitável para adultos saudáveis no equivalente da pressão atmosférica a altitudes de até 3000 m (10.000 pés) em espaços interiores projetado para ocupação humana por períodos não inferiores a 15 min. Esta norma não contempla fatores ambientais não térmicos como a qualidade do ar, acústica e iluminação ou outros espaços contaminados biologicamente, quimicamente ou fisicamente que possam afetar o conforto ou a saúde.

3 METODOLOGIA DO TRABALHO

3.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido utilizando a estrutura física do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), que se situa no povoado de Malhada de Pedras, zona rural de Caruaru – PE (Agreste Pernambucano). O município de Caruaru, Figura 3, possui uma área de aproximadamente 920,611 km², com relevo composto por vales profundos e estreitos dissecados, clima semiárido quente com temperatura média anual em torno de 24° C e por apresentar índice pluviométrico abaixo de 800mm tem um risco de seca maior que 60% e possui uma taxa de aridez de até 0,5 (MEDEIROS *et al.*, 2012).

Figura 3 - Município de Caruaru.



Fonte: O Autor (2016).

Segundo a CPRM (2005), o município de Caruaru está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, que é formada por maciços e outeiros altos, cuja altitude varia entre 650 a 1.000 metros. De acordo com o documento, o município ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte, possuindo um relevo com vales profundos e estreitos dissecados. No que tange à fertilidade dos solos, o autor comenta que é bastante variada com certa predominância de média para alta e a vegetação é formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica, próprias das áreas agrestes. O documento ainda cita que a área é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo. O clima é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco. O autor destaca que a estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro e que, além disso, o município encontra-se inserido nos domínios das Bacias Hidrográficas dos Rios Ipojuca e Capibaribe. Seus principais tributários são: o Rio Capibaribe e os riachos: Tabocas, Caiçara, Borba, da Onça,

Olho d'Água, Mandacaru do Norte, Carapotós, São Bento, Curtume e Taquara. Todos os cursos d'água no município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico.

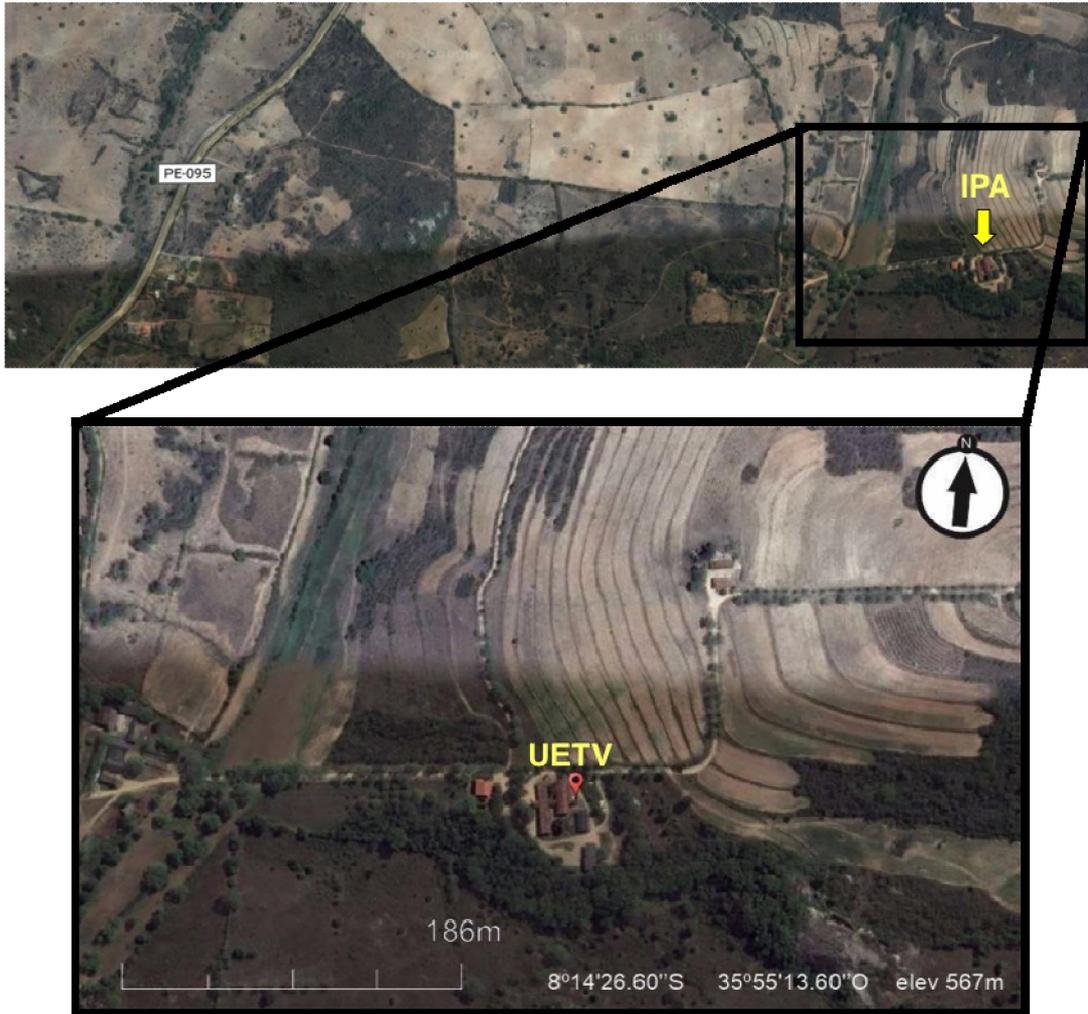
O município de Caruaru está localizado na região semiárida do nordeste brasileiro e, segundo Souza (2005), onde as precipitações médias anuais são muito irregulares e há grande variabilidade espacial, os impactos da escassez hídrica são ainda maiores. Nesta região, as médias de precipitações pluviométricas que, em geral, variam de 200 a 700 mm por ano, não são tão pequenas quando comparadas com outras regiões semiáridas do mundo (CABRAL & SANTOS, 2007), porém a evaporação é da ordem de 2.000 mm/ano e chega a representar 92% do volume precipitado anual médio. Estudos realizados no semiárido estimam que cerca de 40% das águas acumuladas em reservatórios superficiais se perde com a evaporação (SUASSUNA, 2002). Mesmo considerando a ocorrência periódica de chuvas e a possibilidade de armazenamento de água para uso no período de estiagem, a população destas localidades ainda convive com insolação média de 2.800 h/ano, e umidade relativa do ar média em torno de 50%. As temperaturas muito elevadas, em torno de 26°C, com pequena variação interanual, inspiram uma situação de maior cuidado referente ao calor.

De acordo com dados da Prefeitura de Caruaru (CARUARU, 2016), o município destaca-se como o mais importante pólo econômico, médico-hospitalar, acadêmico, cultural e turístico do Agreste, sendo também famosa por sua tradicional feira livre. A cidade abriga um dos mais importantes entrepostos comerciais do Nordeste e tem no Alto do Moura o Maior Centro de Artes Figurativas da América Latina.

3.2 Descrição da estrutura existente

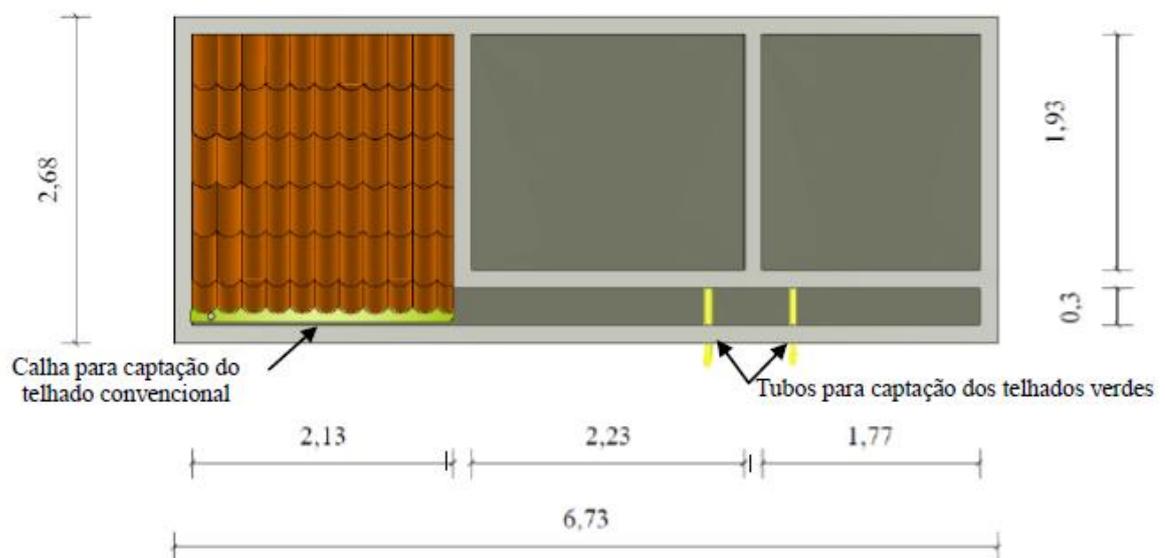
Na Figura 4 vê-se o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), onde foi implantada a Unidade Experimental de Telhados Verdes (UETV), que compreende uma edificação cedida pela administração geral do IPA, onde em 2007, foram implantados dois telhados verdes com vegetações distintas, e foram delimitadas três áreas de dimensões aproximadas (cerca de 4 m²), conforme esquema apresentado na Figura 5. A parte cedida para as pesquisas faz parte da estrutura física utilizada diariamente nas rotinas de trabalho da instituição, no entanto, durante o período desta pesquisa, os espaços foram desocupados, até a conclusão das medições. Abaixo dos três telhados utilizados na pesquisa funcionam dois banheiros (sendo que um já estava desativado) e um depósito.

Figura 4 - Localização do IPA e da rodovia PE 095 (trecho de Caruaru), com destaque para a UETV.



Fonte: Adaptado do Google Earth(2016).

Figura 5 - Disposição e dimensões, em m, dos três telhados em estudo.



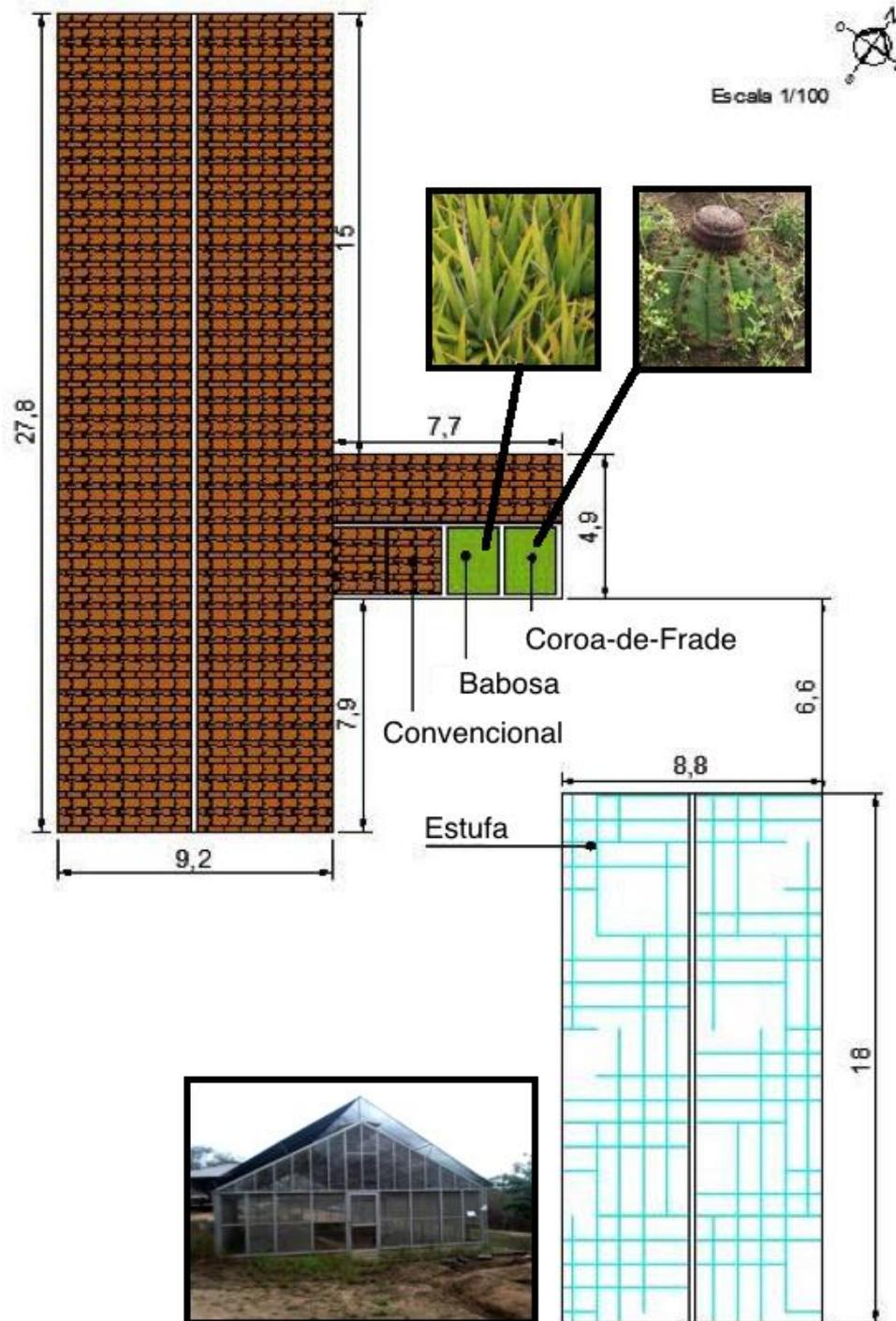
Fonte: Barros (2013).

A UETV desde sua implantação, como dito anteriormente, vem sendo utilizada para pesquisas que englobam: resistência das vegetações, balanço hídrico, capacidade de retenção e a variação térmica dos ambientes abaixo dos telhados. Durante a etapa de escolha do local onde seria instalado a estrutura dos telhados verdes, segundo Mattos (2015), optou-se pelo IPA pelos seguintes motivos: a reciprocidade de interesse científico demonstrada pela gerência local e a disponibilidade de técnicos especializados. A primeira configuração da UETV consistia de cobertura vegetal do tipo gramínea Grama-de-Burro e o cactus Coroa-de-Frade, conforme descrito por Farias (2012). Após a conclusão da pesquisa de Farias (2012), devido a alguns problemas de infiltração nas lajes, foi refeita a impermeabilização, e optou-se por substituir a Grama-de-Burro pela Babosa, por ser bastante comercializada e por suas diversas características medicinais, conforme Lima (2013).

Com relação à exposição solar, com exceção do ambiente com telhado com Coroa-de-Frade em que duas paredes estão expostas diretamente à incidência de raios solares, nos demais casos (telhado convencional e telhado com Babosa), apenas uma parede se encontra nestas condições, conforme Figura 6.

Santos *et al.* (2009) descreveram o seguinte detalhamento construtivo da UETV: alvenaria de tijolos cerâmicos e lajes nervuradas com blocos cerâmicos. No que se refere à ventilação, em cada ambiente interno (abaixo do respectivo telhado) existe uma abertura na parede com blocos cerâmicos vazados (cobogó) de 8 cm de largura e 6 cm de altura. O ambiente com Coroa-de-Frade possui o cobogó com 40 furos, e os ambientes com Babosa e Convencional possuem cobogós com 64 furos cada. Há ainda uma tela no cobogó do ambiente com Coroa-de-Frade e uma tela em metade dos furos no ambiente com Babosa. Os ambientes possuem pé-direito máximo com 3,30 m, com declividade de 20% e pé-direito mínimo com 2,90 m. No telhado, Lima (2013), comenta que se executou a impermeabilização da laje, sendo realizado, logo em seguida, um teste de estanqueidade, e após o teste, foi instalada uma manta multifunção *BidimDrennage*, que de acordo com o autor, compreende um elemento geocomposto que é capaz de realizar três funções: drenante (capta e conduz as águas de infiltração/percolação), filtrante (impede o carreamento das partículas de solo/substrato) e coletora (conduz a água drenada para a saída do sistema, que composto pelo conjunto ducto-calha, até o tonel de armazenamento. O autor ainda comenta que os telhados verdes possuem uma camada de substrato (areia, argila e húmus/esterco) de 10 cm e mais as vegetações. Próximo a estrutura existe uma estufa com pé-direito máximo com 5,00 m, com declividade de 65% e pé-direito mínimo com 2,15 m.

Figura 6 - Localização da UETV no IPA.



Fonte: O Autor (2016).

Pelo fato dos telhados verdes estarem localizados no clima semiárido, fez-se necessária a escolha de vegetações típicas do bioma caatinga, visando facilitar sua adaptação devido à resistência frente a altas temperaturas e a escassez hídrica, típica do semiárido brasileiro. Assim sendo, a configuração da UETV estudada nesta pesquisa é composta de Coroa-de-Frade e Babosa, respectivamente Figuras 7a e 7b.

Figura 7 - Vegetações utilizadas no experimento.

(a) *Melocactuszehtneri*.



(b) *Aloe Vera*.



Fonte: Mattos (2015).

3.3Aquisição de dados

O período de coleta de dados foi de 08 de outubro de 2015 a 28 de abril de 2016, perfazendo um período de seis meses e contabilizando duzentos e quatro dias.

3.3.1 Dados externos à UETV

Os dados externos (temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação), foram coletados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e são mostrados no Apêndice B deste documento. Os dados foram obtidos por meio da rede de estações meteorológicas automáticas. Segundo nota técnica emitida pelo INMET, a estação coleta as informações meteorológicas representativas da área de minuto em minuto, e a cada hora os dados são integralizados e disponibilizados. De acordo com nota técnica, para temperatura, umidade e radiação, a amostragem é feita a cada 5 segundos, e o valor “instantâneo” usado nos relatórios meteorológicos é a média de um minuto (de 12 valores de amostragem). Para o vento, a amostragem é uma vez por segundo e os relatórios usam valores médios de 10 minutos. Ainda de acordo com a nota técnica, para a cidade de Caruaru, a Plataforma de Coleta de Dados(PCD), cuja localização é mostrada na Figura 8. Segundo Mattos (2015), a distância entre a localização dos telhados verdes e esta PCD é de aproximadamente 7,5 km.

Figura 8 - Localização da Estação Meteorológica (marcador) do INMET.



Fonte: Adaptado Google Earth (2016).

3.3.2 Dados internos à UETV

Antes do dia 08 de outubro foram utilizadas algumas medições para servirem de ajuste nos equipamentos. Os mesmos foram calibrados pelo fabricante e esta calibração tem validade até abril de 2016. A verificação da temperatura e umidade interna do ar (sensor teto) e temperatura superficial das paredes foi realizada usando diferentes aparelhos. Para as medições no teto foi utilizado o *Datalogger* IP-747RH, e as medições nas paredes utilizou-se o *Escort iMINI MX-IN-S-8-L*. A Figura 9 ilustra os aparelhos utilizados no experimento e suas características são detalhadas nas Tabelas 9 e 10. Todos os aparelhos foram programados para coletar as variáveis internas analisadas, de forma simultânea e instantânea a cada 30 minutos. Os aparelhos fornecem os dados de medição instantânea, ou seja, os valores no exato momento em que o aparelho está medindo. Já que a configuração fica ao cargo de quem irá manusear os equipamentos, decidiu-se configurá-los com esta frequência, visando auxiliar na análise da variabilidade ao longo do dia.

Figura 9 - Aparelhos utilizados no experimento.(a) *Datalogger IP-747RH.*(b) *Datalogger Escort iMINI.*

Fonte: O Autor (2015).

Tabela 9 - Configuração do sensor de temperatura e umidade datalogger IP-747RH.

Sensor	Faixa	Resolução	Precisão
Temperatura	-40 ≈ -10 e 40 ≈ 70°C	0,1°C	± 2°C
	-10 ≈ 40°C	0,1°C	± 1°C
Umidade	0 ≈ 20 e 80 ≈ 100%	0,1%	± 5%
	20 ≈ 40 e 60 ≈ 80%	0,1%	± 3,5%
	40 ≈ 60%	0,1%	± 3%

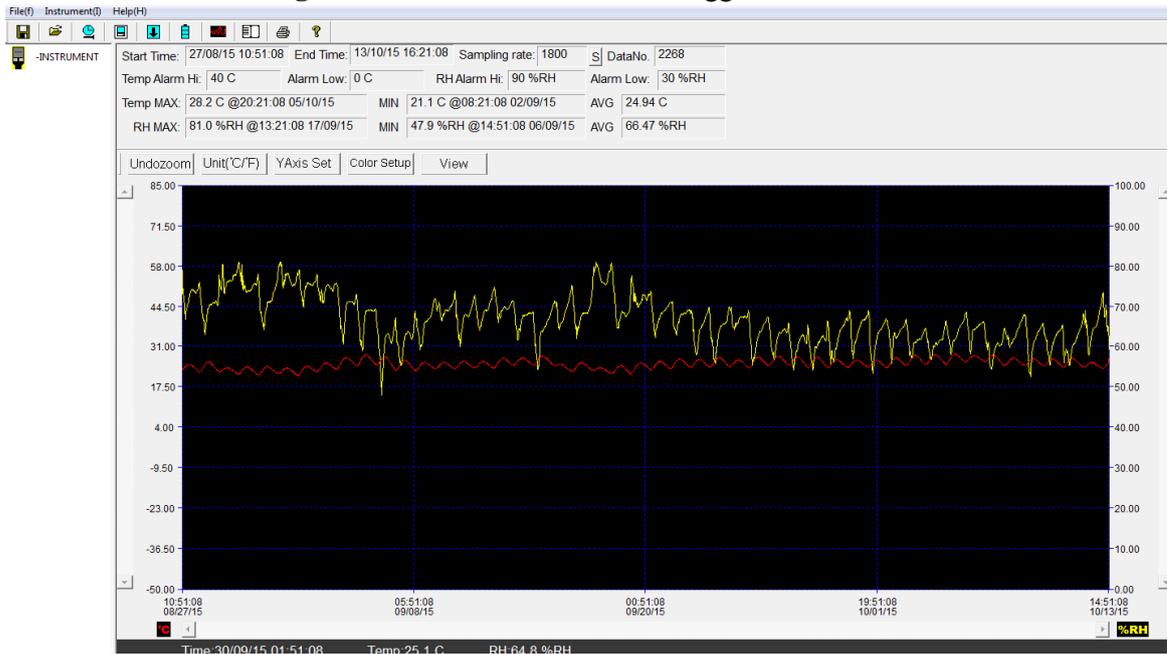
Tabela 10 - Configuração do sensor de temperatura datalogger Escort iMINI MX-IN-S-8-L.

Variável	Valor
Resolução	0,5° C
Precisão	± 0,5° C
Memória	1.868 amostras
Intervalo de registro	1 – 255 min
Temperatura ambiente	- 40° C – 70° C
Umidade ambiente	< 80% UR

Legenda: min = minutos | UR = umidade relativa.

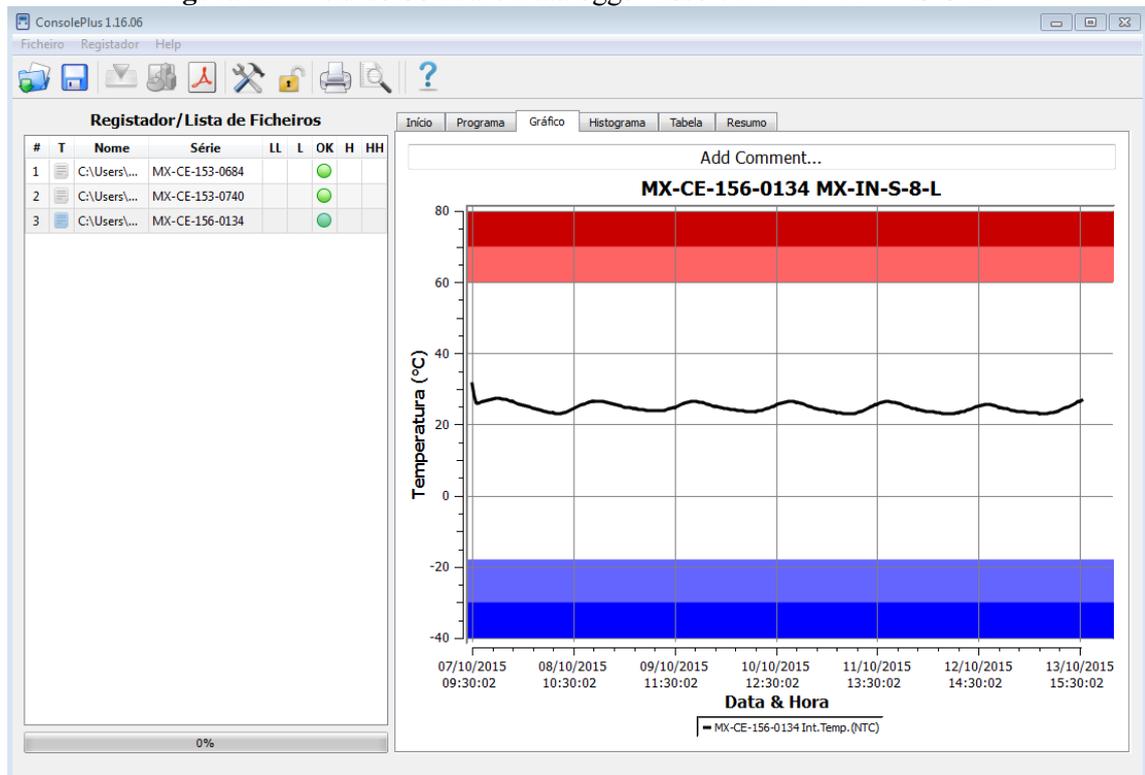
A programação dos aparelhos bem como a leitura e o descarregamento dos dados foram realizados no computador através dos *softwares* de cada equipamento. Os aparelhos foram conectados ao computador através de um cabo USB. Os dados do experimento foram coletados quinzenalmente dos aparelhos com visitas *in loco*, armazenados em planilhas eletrônicas e posteriormente, tratados. Os dados extraídos dos aparelhos, através de *softwares*, são fornecidos em forma de gráficos e tabelas (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Tela do Software Datalogger IP-747RH.



Fonte: *Print screen do Software.*

Figura 11 - Tela do Software Datalogger Escort iMINI MX-IN-S-8-L.

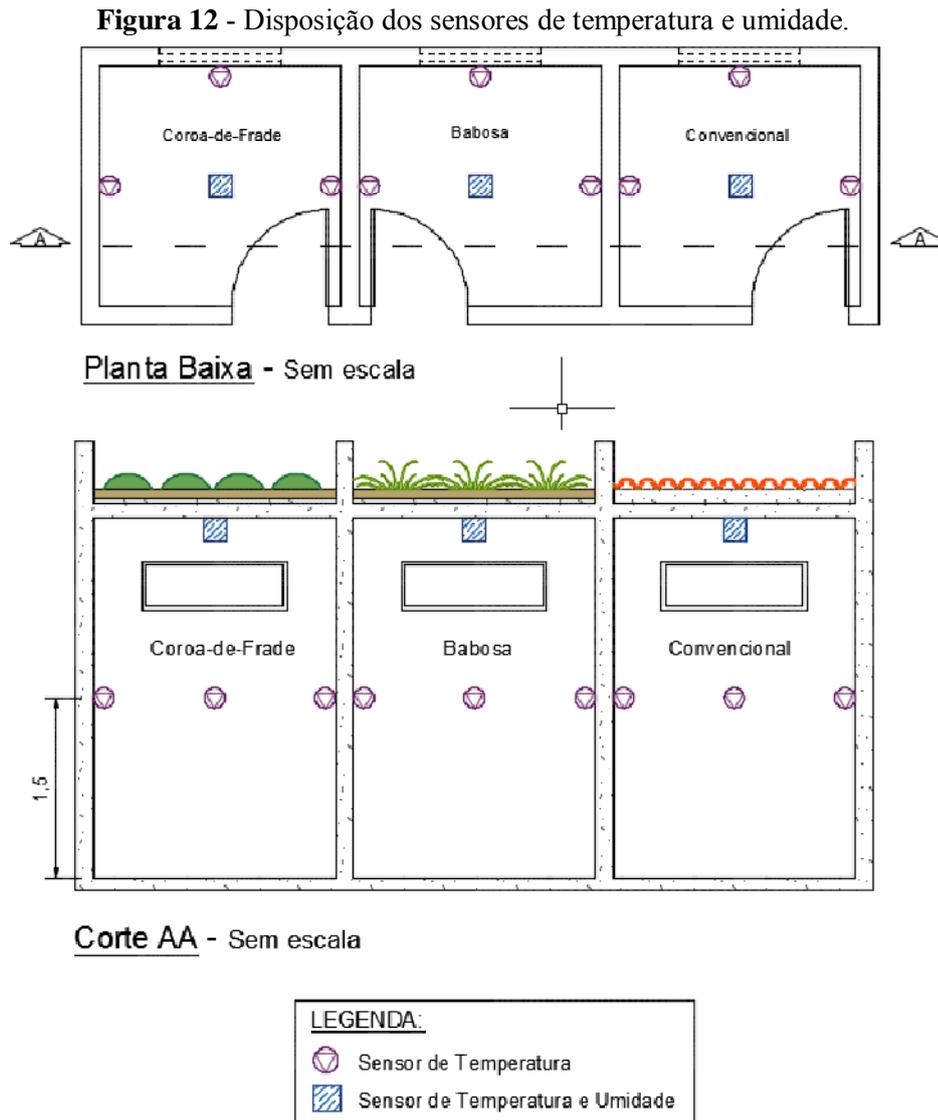


Fonte: *Print screen do Software.*

O experimento foi realizado durante o verão. Foram instalados os *dataloggers* Escort iMini (temperatura) nas paredes internas dos cômodos a uma altura de 1,5 m do piso, visando garantir as mesmas condições em todos os ambientes já que o ambiente abaixo do telhado

convencional se encontra com as paredes recobertas com azulejos até esta altura. Os sensores IP-747RH (temperatura e umidade) foram instalados no teto de cada um dos cômodos. A Figura 12 mostra o esquema de disposição dos aparelhos.

Todos os dados internos coletados estão apresentados nas Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4 que se encontram no Apêndice A.



Fonte: Mattos (2015).

3.3.3 Processamento dos dados

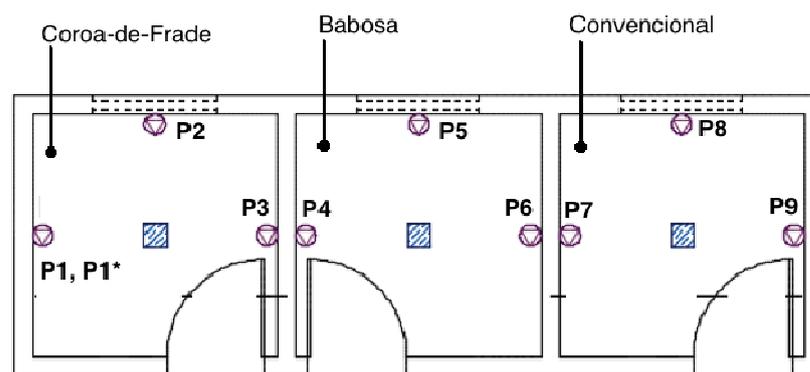
Os dados internos de temperatura superficial das paredes, provenientes do *Software Escort iMINI MX-IN-S-8-L* são fornecidos no formato *Portable Document Format* (PDF), e foram organizados, em agrupamentos diários, em planilhas eletrônicas. Os dados de

temperatura superficial do teto e umidade já são fornecidos em planilhas eletrônicas, e, foram apenas organizados junto aos outros dados, a fim de facilitar seu entendimento, tratamento e elaboração dos gráficos utilizados neste trabalho. Para os dados externos foram separados a cada uma hora, pois o INMET fornece os dados horários.

3.3.4 Variáveis investigadas

Foram instalados os aparelhos Escort iMini MX-IN-S-8-L, um em cada uma das três paredes de cada ambiente, sendo que no ambiente com Coroa-de-Frade teve mais um aparelho instalado. Sobre a altura de instalação dos mesmos, considerando as recomendações da norma ISO 7726 (ISO, 1998), todos esses aparelhos foram instalados a 1,5 m do solo e o outro aparelho do ambiente com Coroa-de-Frade foi instalado a 60 cm do solo. Os aparelhos IP-747RH, que medem temperatura e umidade, foram instalados no teto de cada ambiente. Foram denominadas as paredes de P1, P2 e P3, para cada ambiente de modo a facilitar o entendimento. Vale lembrar que as paredes P2 de todos os ambientes estão expostas ao Sol. Além dos valores obtidos diretamente dos sensores, também foi considerada a temperatura ambiente, que corresponde à média aritmética do somatório das quatro medições (três paredes e o teto medidos) em cada ambiente. A disposição dos aparelhos nas paredes e no teto, bem como a identificação das paredes são mostradas na Figura 13.

Figura 13 - Disposição dos sensores nas paredes e teto.



Planta Baixa - Sem escala

LEGENDA:	
	Sensor de temperatura (1,5 m de altura)
	Sensor de temperatura e umidade (teto)
	Sensor de temperatura (0,60 m de altura)

Fonte: Adaptado de Mattos (2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletadas informações diárias de temperatura externa e radiação no período de 8 de outubro de 2015 à 28 de abril de 2016, tendo sido adotado como critério para definição dos dias de análise àqueles em que os valores observados de temperatura foram maiores.

4.1 Análise e seleção de dias de investigação

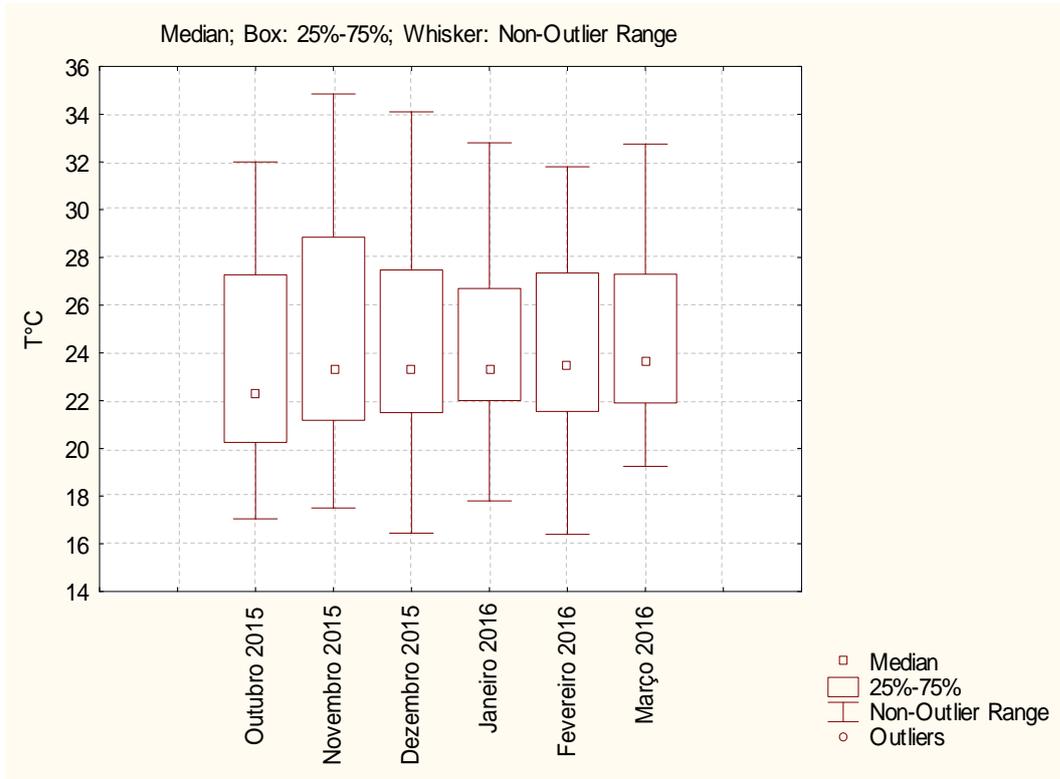
Os dados de temperatura externa e radiação obtidos no período foram organizados mensalmente, por meio do *software Statistica7*, em gráficos do tipo *box plot* barras para visualização dos valores mínimo, médio e máximo. Observou-se que o mês de novembro (Figura 14 e 16) apresentou os maiores valores de temperatura máxima. A partir dos dados diários do mês de novembro (Figuras 15 e 17), observou-se que os menores valores de mediana da temperatura externa foram nos dias 04 e 10/11 e os maiores valores de temperatura externa nos dias 26 e 27/11. A seguir estão apresentados os valores observados nos quatro dias investigados (04, 10, 26 e 27 de novembro de 2015).

4.2 Variáveis climatológicas nos dias investigados

Na Tabela 11 estão apresentados os valores mínimo e máximo, registrados instantaneamente, das variáveis temperatura, umidade, vento e radiação para os quatro dias do período investigado. O dia 26/11 se destaca por apresentar o dia com temperatura mais elevada, 35,90°C registrado às 18 h, e maior amplitude, 14,8°C. O dia 26/11 se destaca, ainda, como o dia em que a umidade apresentou o valor mais baixo, de 21%. Além disso, pôde-se perceber que nos dias mais quentes (26 e 27/11) os ventos atingiram as maiores velocidades. Outro dado interessante a ser ressaltado é que o dia 10/11, que apresentou a maior radiação, foi também o dia que apresentou a menor temperatura dos quatro dias selecionados.

Considerando-se a temperatura média horária, os horários de temperaturas externas mais quentes estão apresentados na Tabela 12.

Figura 14 - Box plot das informações mensais (de 08/10/15 à 28/04/16).
(a) Temperatura externa.



(b) Radiação.

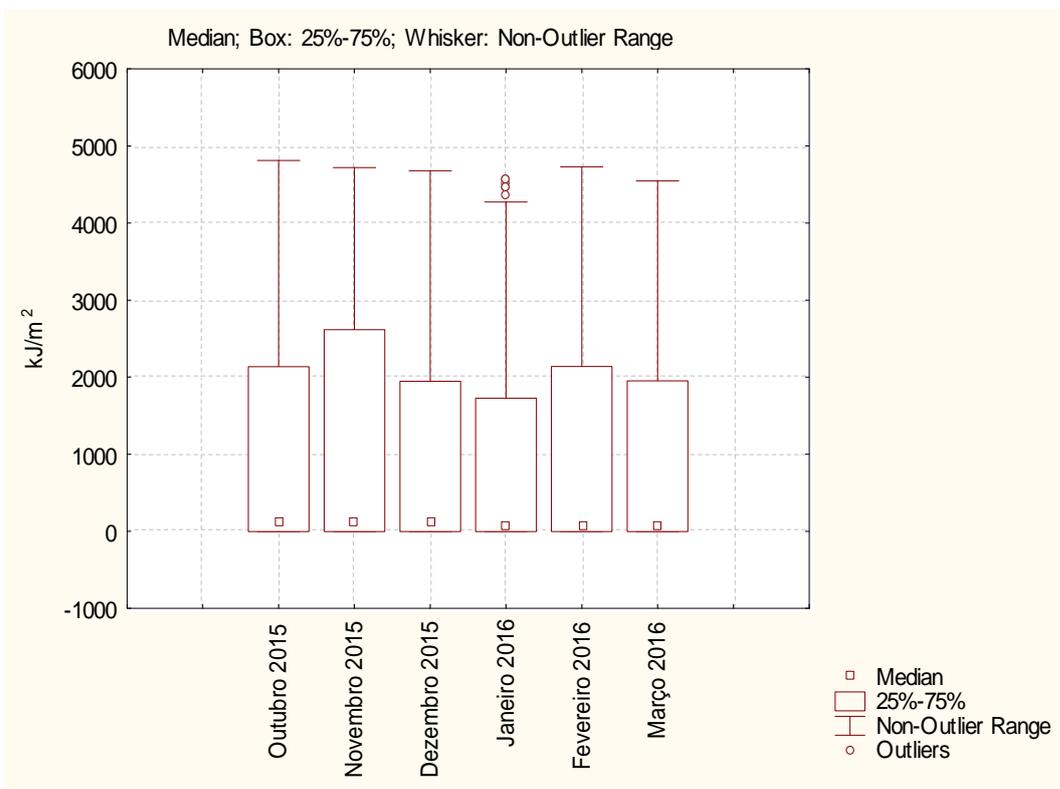
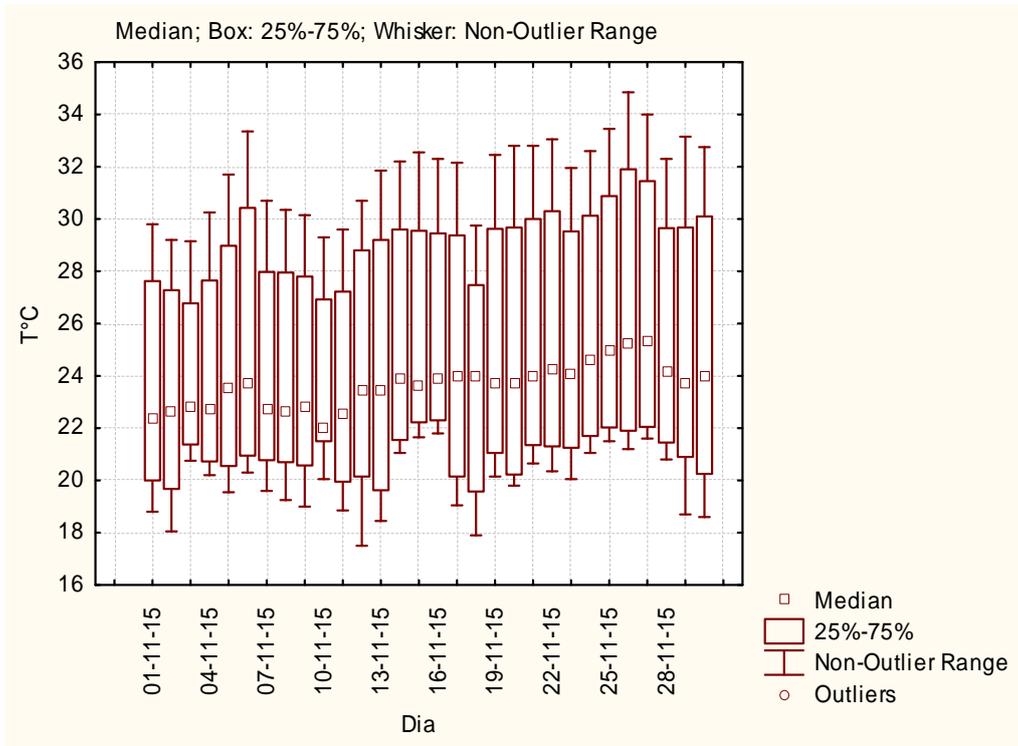


Figura 15 - Box plot das informações diárias de novembro de 2015.
(a) Temperatura externa.



(b) Radiação.

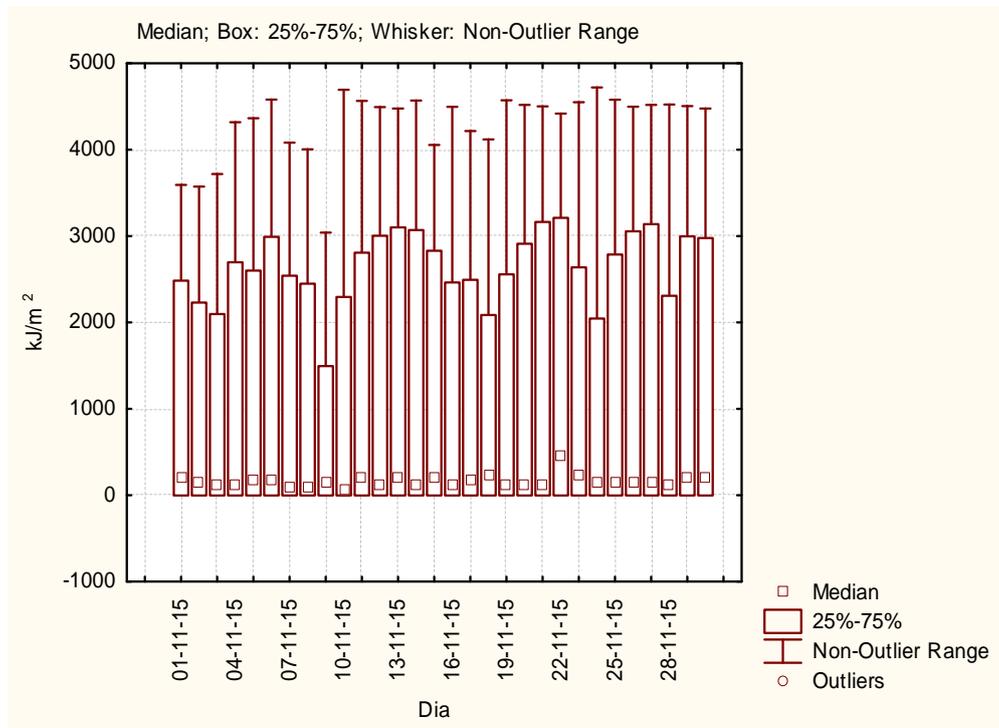
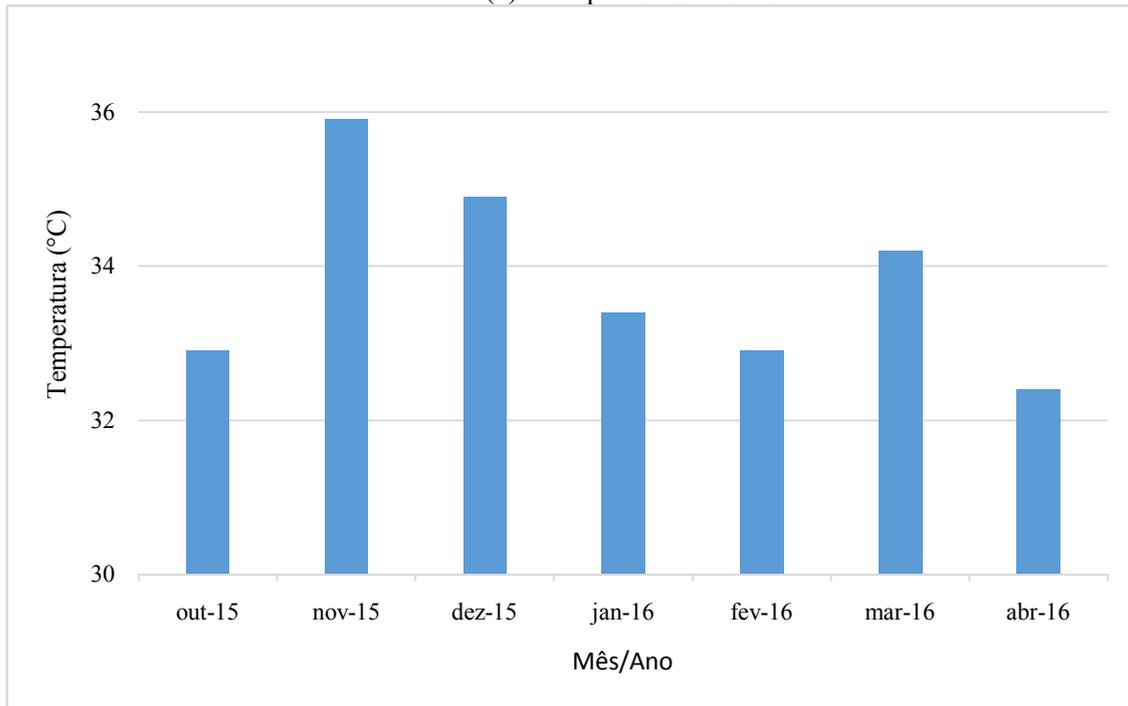


Figura 16 - Informações mensais (de 08/10/15 à 28/04/16).
(a) Temperatura externa.



(b) Radiação.

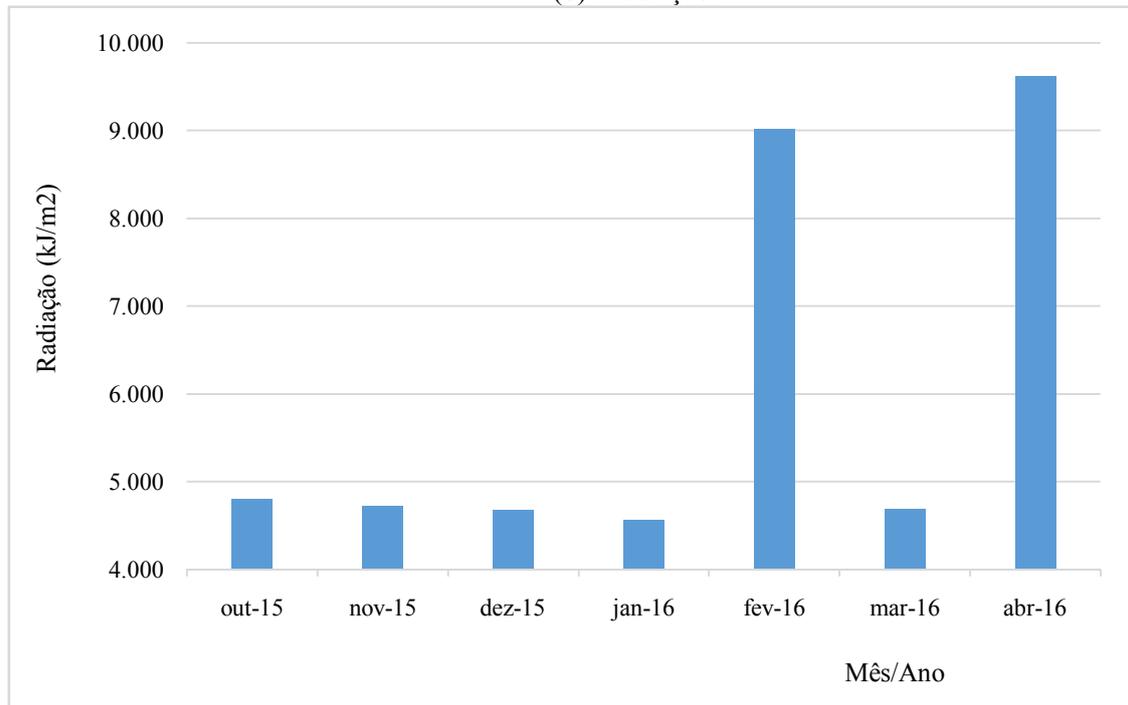
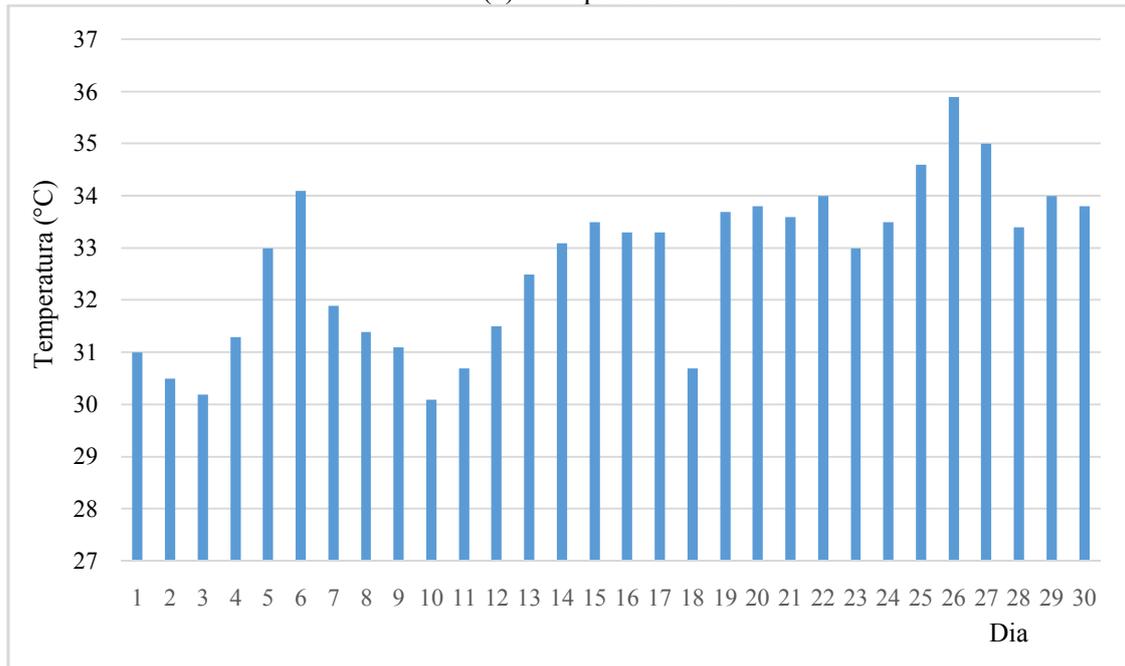


Figura 17 - Informações diárias de novembro de 2015.
(a) Temperatura externa.



(b) Radiação.

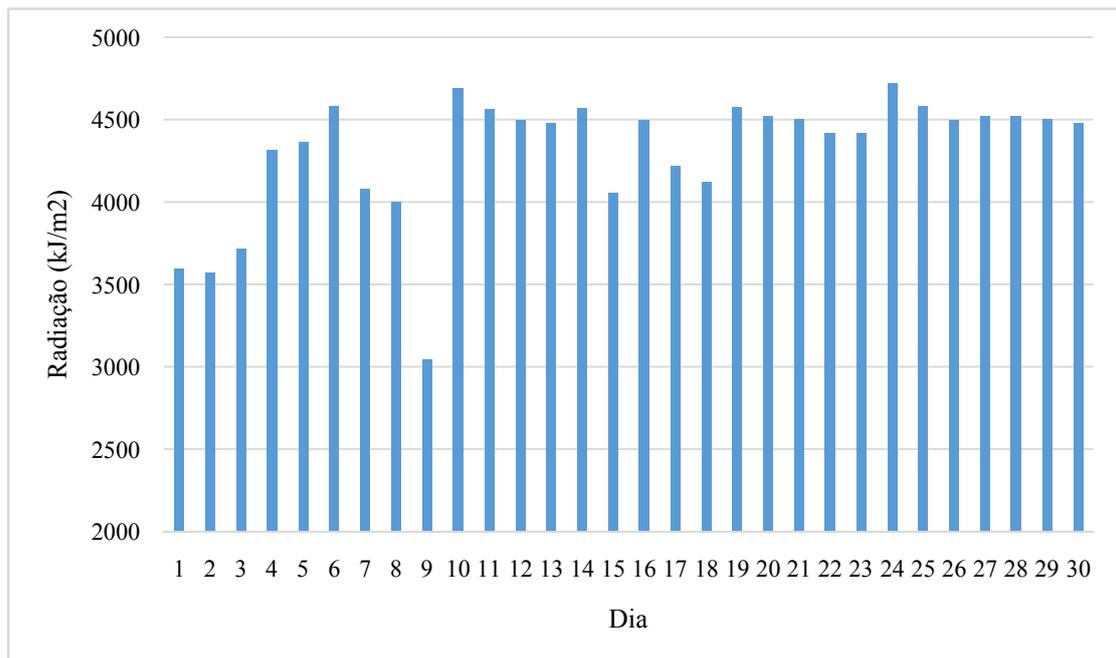


Tabela 11 - Informações climatológicas instantâneas de dias selecionados.

Data	Temperatura (°C)			Umidade (%)		Vento (m/s)		Radiação (kJ/m ²)	
	Min	Máx		Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
04/11	19,60 (04:00)	31,30 (17:00)	11,7	33 (17:00)	87 (04:00)	1,0 (03:00)	5,6 (11:00)	-3,54 (03:00)	4319,00 (15:00)
10/11	19,90 (09:00)	30,10 (17:00)	10,2	38 (18:00)	93 (11:00)	1,5 (09:00)	6,2 (20:00)	-3,52 (22:00)	4694,00 (15:00)
26/11	21,10 (08:00)	35,90 (18:00)	14,8	21 (16:00)	84 (08:00)	0,6 (23:00)	7,6 (21:00)	-3,54 (03:00)	4498,00 (14:00)
27/11	21,40 (07:00)	35,00 (18:00)	13,6	24 (17:00)	84 (09:00)	1,7 (01:00)	8,1 (20:00)	-3,54 (22:00)	4519,00 (15:00)

Tabela 12 - Temperatura externa média horária de dias selecionados – início, fim e pico dos valores mais elevados.

Data	Início		Fim		Pico	
	Temperatura (°C)	Hora	Temperatura (°C)	Hora	Temperatura (°C)	Hora
04/11/15	29,05	15:00	29,25	19:00	30,25	17:00
10/11/15	28,65	15:00	28,60	19:00	29,30	17:00
26/11/15	34,30	16:00	32,35	20:00	34,85	18:00
27/11/15	32,35	15:00	33,45	19:00	34,00	18:00

Os horários em que a temperatura aumentou e diminuiu, praticamente coincidem, com exceção do dia mais quente que foi o dia 26/11, com atraso (no início e no fim) de 1 hora. Com relação ao momento de maior temperatura (pico), observou-se que nos dois dias mais quentes (26 e 27/11), o horário de pico coincidiu tendo ocorrido com atraso de 1 hora. Considerando o comportamento da umidade relativa e da temperatura do ar qualitativamente opostos, assim como era de se esperar, nos horários de maior temperatura ocorreram os menores valores de umidade relativa, sendo que apesar de não coincidirem exatamente os momentos de início e fim do aumento/decaimento, os mesmos se mantiveram próximos. Considerando-se a umidade média horária, os horários de umidade externas mais baixas estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Umidade externa média horária de dias selecionados – início, fim e pico dos valores mais baixos.

Data	Início		Fim		Crítico	
	Umidade (%)	Hora	Umidade (%)	Hora	Umidade (%)	Hora
04/11/15	47,50	14:00	49,50	20:00	35,00	17:00
10/11/15	49,00	15:00	44,50	19:00	41,00	18:00
26/11/15	48,00	13:00	46,00	21:00	23,50	17:00
27/11/15	44,00	13:00	45,00	21:00	26,00	18:00

Considerando-se a radiação média horária, os horários de radiação externas mais altas estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Radiação média horária de dias selecionados.

Data	Início		Fim		Pico	
	Radiação (kJ/m ²)	Hora	Radiação (kJ/m ²)	Hora	Radiação (kJ/m ²)	Hora
04/11/15	1910,00	11:00	1335,00	19:00	4319,00	15:00
10/11/15	2025,00	12:00	1800,00	19:00	4694,00	15:00
26/11/15	1611,00	10:00	1650,00	19:00	4498,00	14:00
27/11/15	2133,00	11:00	1803,00	19:00	4519,00	15:00

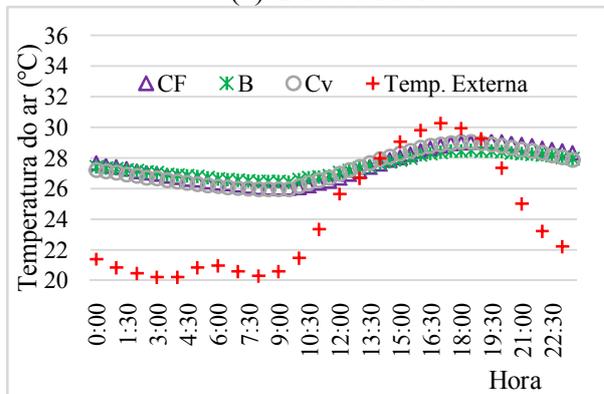
No que se refere à radiação, observou-se que o aumento ocorreu por volta das 11:00 horas e se manteve elevada até as 19:00 horas. O mesmo ocorreu no caso do horário de pico que coincidiu, para todos os dias, com exceção do dia 26/11 (o mais quente) em que o mesmo ocorreu 1 hora antes dos demais dias. Vale ressaltar que o valor máximo de radiação ocorreu no dia 10/11 e não coincidiu com o dia de maior temperatura, dentre os analisados.

4.3 Análise da temperatura interna dos três ambientes

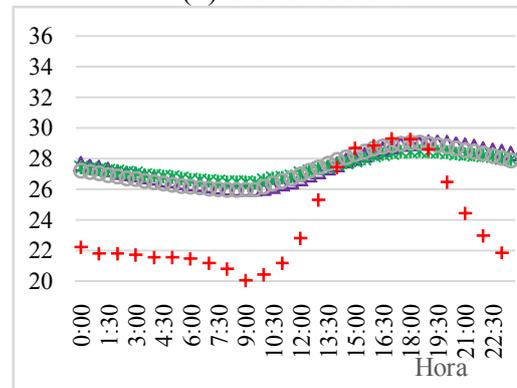
Com relação à temperatura, em termos qualitativos, os valores internos têm o mesmo comportamento da temperatura externa (Figuras 18a, 18b, 18c e 18d).

Figura 18 - Temperatura externa do ar e temperatura ambiente.

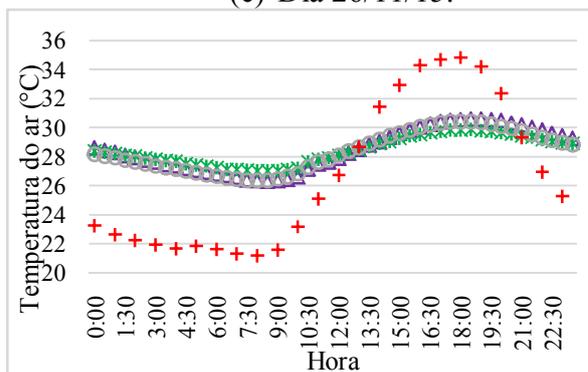
(a) Dia 04/11/15.



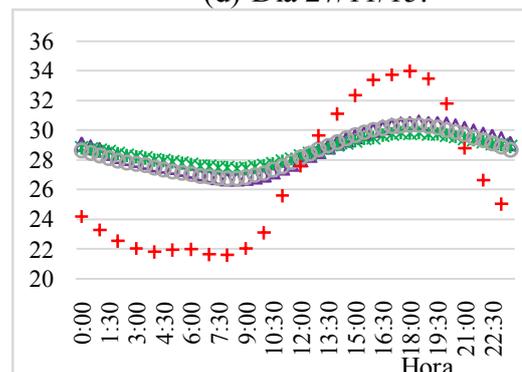
(b) Dia 10/11/15.



(c) Dia 26/11/15.



(d) Dia 27/11/15.



Legenda: CF = Coroa-de-Frade, B = Babosa, Cv = convencional, Temp. = temperatura.

No que se refere à temperatura, na Tabela 15 estão os valores observados em cada um dos ambientes internos nos momentos de temperaturas mais elevadas indicadas na Tabela 11, bem como os respectivos valores máximos. Observa-se que os valores máximos observados internamente (valores de “pico”), são menores que os máximos externos em cada um dos dias observados. Além disso, todos os picos das temperaturas ambientes ocorrem defasados em relação aos picos das temperaturas externas em, pelo menos, 30 minutos. O telhado com Coroa-de-Frade se destaca pela ocorrência do pico de temperatura ocorrer 2h30 após o pico de temperatura externa.

Tabela 15 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).

Telhado	04/11			10/11		
	Pico Text = 30,25 (17:00)			Pico Text = 29,30 (17:00)		
	15:00	19:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	27,96	28,96	29,04 (19:30)	28,00	29,04	29,06 (19:30)
Babosa	27,80	28,48	28,50 (18:30)	27,88	28,48	28,50 (18:30)
Convencional	28,20	28,88	28,95 (17:30-18:00)	28,28	28,98	29,03 (18:00-18:30)

Text = Temperatura externa.

Tabela 15 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (conclusão).

Telhado	26/11			27/11		
	Pico Text = 34,85 (18:00)			Pico Text = 29,30 (17:00)		
	16:00	20:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	30,02	30,46	30,58 (18:30)	29,56	30,44	30,50 (18:30)
Babosa	29,55	29,70	29,90 (18:30)	29,30	29,78	29,85 (17:30 e 18:30)
Convencional	30,08	30,10	30,45 (18:30)	29,70	30,28	30,35 (18:00-18:30)

Text = Temperatura externa.

4.4 Análise da temperatura ambiente (média entre teto e paredes) e da umidade externa

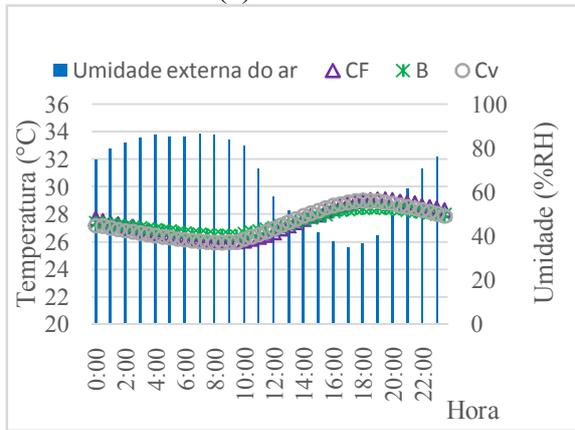
Com relação à temperatura, em termos qualitativos, os valores internos têm o mesmo comportamento quando relacionados à umidade externa (Figuras 19a, 19b, 19c e 19d).

No que se refere à temperatura, os valores observados em cada um dos ambientes internos nos momentos de temperaturas mais elevadas indicadas na Tabela 11, bem como os respectivos valores mais críticos para a umidade externa (Tabela 16), pode-se perceber que os picos observados internamente ocorrem simultaneamente no caso do telhado convencional e com atraso no caso dos telhados verdes. Em quase todos os dias, com exceção do dia 26/11, o pico de temperatura para o telhado convencional coincidiu com o horário mais crítico da umidade externa ao passo que o telhado com Coroa-de-Frade teve um atraso de pelo menos 30 minutos. O telhado com Babosa teve atrasos de, pelo menos 30 minutos também, porém no

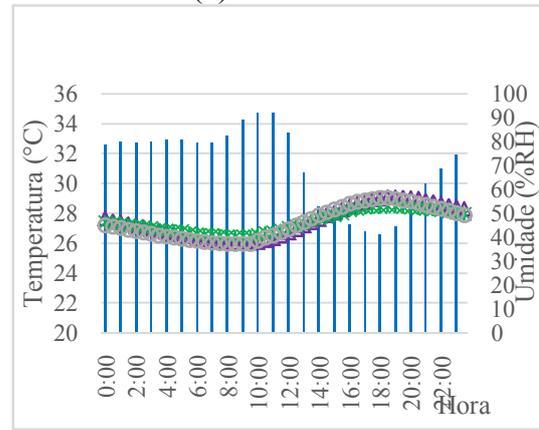
dia 27/11 o pico ocorreu em dois momentos, o primeiro com meia hora de atraso e o segundo meia hora depois deste.

Figura 19 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.

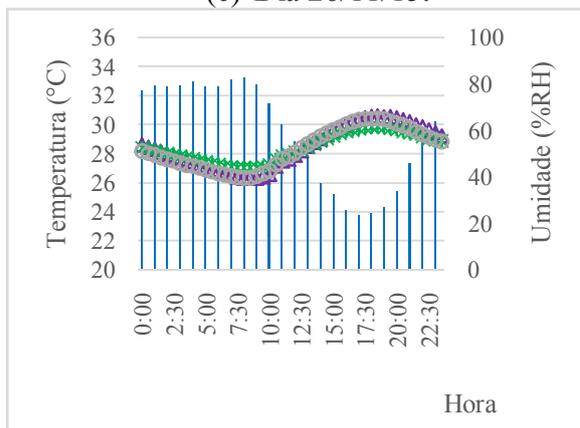
(a) Dia 04/11/15.



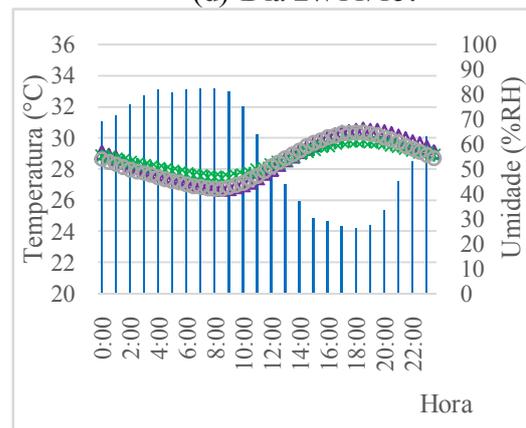
(b) Dia 10/11/15.



(c) Dia 26/11/15.



(d) Dia 27/11/15.



Legenda: CF = Coroa-de-Frade, B = Babosa, Cv = convencional, Temp. = temperatura.

Tabela 16 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).

Telhado	04/11			10/11		
	Crítico Uext = 35,00 (17:00)			Crítico Uext = 41,00 (18:00)		
	15:00	19:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	27,96	28,96	29,04 (19:30)	28,00	29,04	29,06 (19:30)
Babosa	27,80	28,48	28,50 (18:30)	27,88	28,48	28,50 (18:30)
Convencional	28,20	28,88	28,95 (17:30-18:00)	28,28	28,98	29,03 (18:00-18:30)

Uext = Umidade externa.

Tabela 16 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (conclusão).

Telhado	26/11			27/11		
	Crítico Uext = 23,50 (17:00)			Crítico Uext = 26,00 (18:00)		
	16:00	20:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	30,02	30,46	30,58 (18:30)	29,56	30,44	30,50 (18:30)
Babosa	29,55	29,70	29,90 (18:30)	29,30	29,78	29,85 (17:30 e 18:30)
Convencional	30,08	30,10	30,45 (18:30)	29,70	30,28	30,35 (18:00-18:30)

Uext = Umidade externa.

4.5 Análise da temperatura ambiente (média entre teto e paredes) e a velocidade do vento

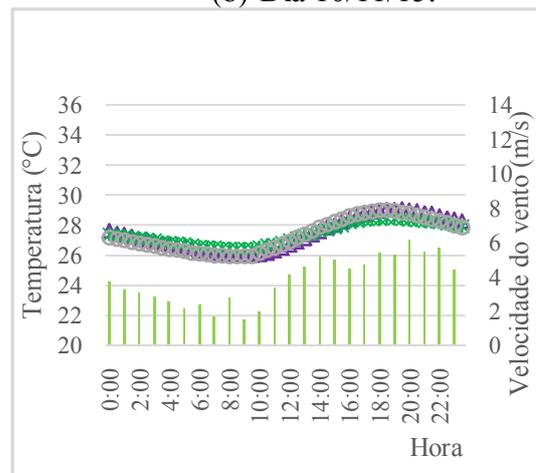
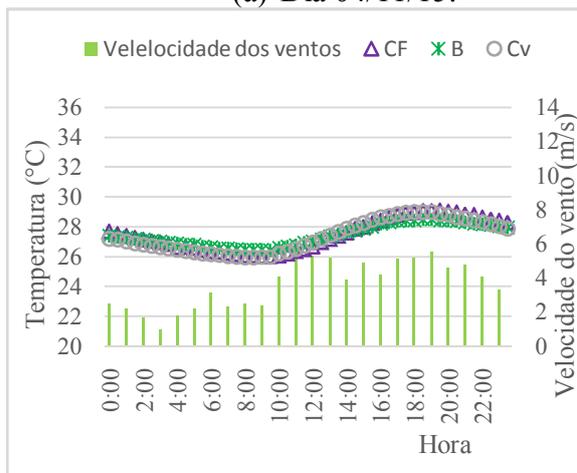
Com relação à temperatura, em termos qualitativos, os valores internos têm os maiores valores quando as velocidades dos ventos estão maiores (Figuras 20a, 20b, 20c e 20d). No entanto, a velocidade do vento tem variações irregulares.

No que se refere à temperatura, apresentam-se na Tabela 17, os valores observados em cada um dos ambientes internos nos momentos de temperaturas mais elevadas indicadas na Tabela 11, bem como os respectivos valores de pico para velocidade do vento. Pôde-se ver que o pico de velocidade dos ventos na maioria dos dias analisados ocorreu após as 20:00 horas, com exceção do dia 04/11. Os picos ocorreram após os horários mais quentes, e novamente, com exceção do dia 04/11 que ocorreu antes do horário mais quente. O dia em que a velocidade do vento atingiu o maior valor (27/11) não coincidiu com o dia de maior temperatura externa (26/11).

Figura 20 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.

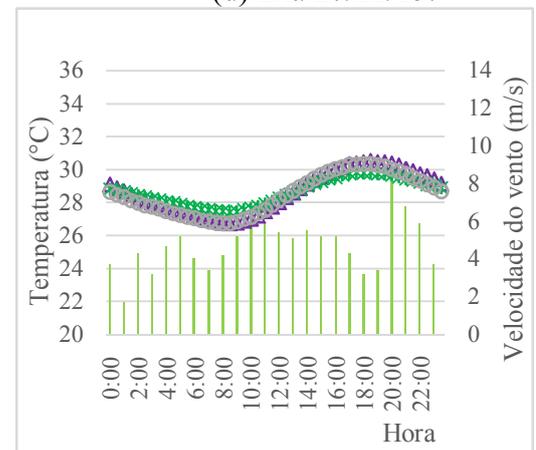
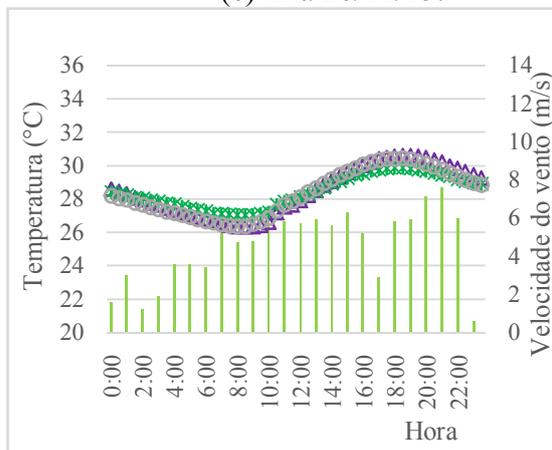
(a) Dia 04/11/15.

(b) Dia 10/11/15.



(c) Dia 26/11/15.

(d) Dia 27/11/15.



Legenda: CF = Coroa-de-Frade, B = Babosa, Cv = convencional, Temp. = temperatura.

Tabela 17 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).

Telhado	04/11			10/11		
	Pico Vvento = 5,6 m/s (11:00)			Pico Vvento = 6,2 m/s (20:00)		
	15:00	19:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	27,96	28,96	29,04 (19:30)	28,00	29,04	29,06 (19:30)
Babosa	27,80	28,48	28,50 (18:30)	27,88	28,48	28,50 (18:30)
Convencional	28,20	28,88	28,95 (17:30-18:00)	28,28	28,98	29,03 (18:00-18:30)

Vvento = Velocidade do vento.

Tabela 17 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (conclusão).

Telhado	26/11			27/11		
	Pico Vvento = 7,6 m/s (21:00)			Pico Vvento = 8,1 m/s (20:00)		
	16:00	20:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	30,02	30,46	30,58 (18:30)	29,56	30,44	30,50 (18:30)
Babosa	29,55	29,70	29,90 (18:30)	29,30	29,78	29,85 (17:30 e 18:30)
Convencional	30,08	30,10	30,45 (18:30)	29,70	30,28	30,35 (18:00-18:30)

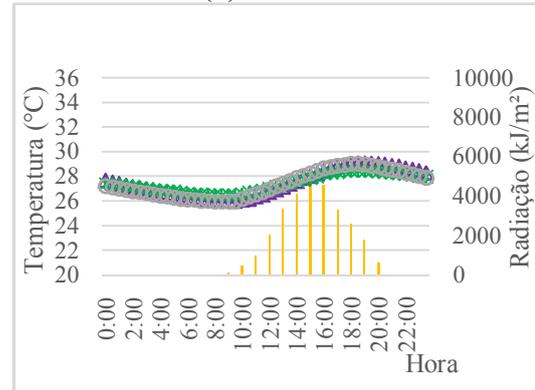
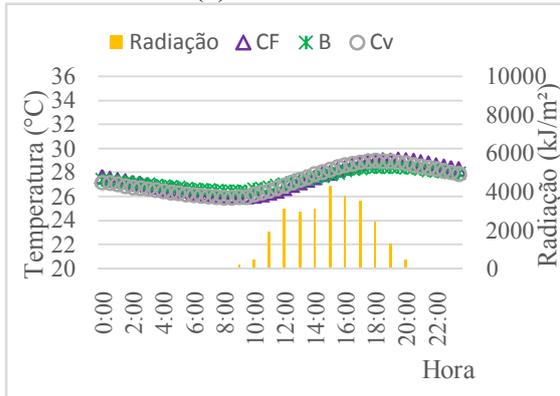
Vvento = Velocidade do vento.

4.6 Análise da temperatura ambiente (média entre teto e paredes) e a radiação

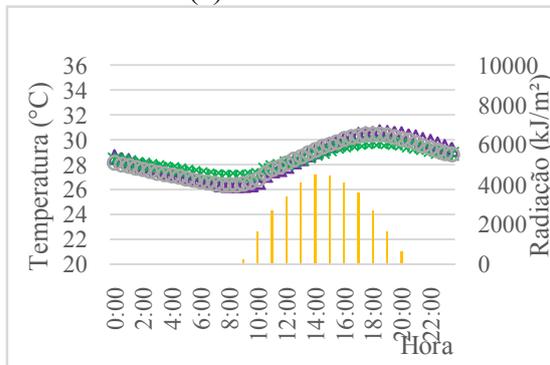
Com relação à temperatura, em termos qualitativos, os valores internos têm uma relação com a radiação (Figuras 21a, 21b, 21c e 21d). As temperaturas começam a subir com o acréscimo da radiação, e quando a radiação vai reduzindo também ocorre a redução da temperatura. Como deveria se esperar a relação entre estas variáveis.

No que se refere à temperatura, apresentam-se na Tabela 18, os valores observados em cada um dos ambientes internos nos momentos de temperaturas mais elevadas indicadas na Tabela 11, bem como os respectivos valores máximos. Observa-se que os valores de pico ocorrem com uma defasagem de pelo menos duas horas e meia depois do pico de radiação. O telhado com Coroa-de-Frade se destaca pelo fato do pico ocorrer, na maioria dos dias, com quatro horas e meia de atraso, com exceção do dia 26/11. Além disso, no dia 26/11 os três telhados apresentaram o pico de temperatura interna quatro horas e meia depois do pico de radiação.

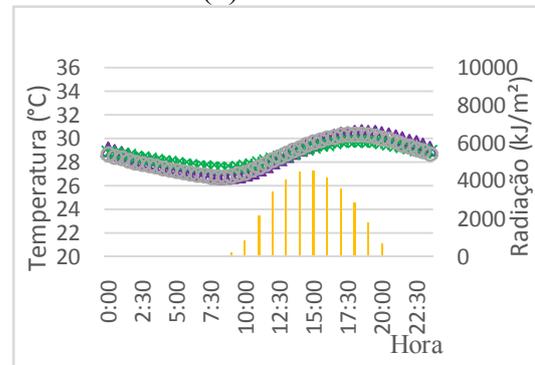
Figura 21 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.
(a) Dia 04/11/15. (b) Dia 10/11/15.



(c) Dia 26/11/15.



(d) Dia 27/11/15.



Legenda: CF = Coroa-de-Frade, B = Babosa, Cv = convencional, Temp. = temperatura.

Tabela 18 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (continua).

Telhado	04/11			10/11		
	Pico Rsolar = 4319,00 kJ/m ² (15:00)			Pico Rsolar = 4694,00 kJ/m ² (15:00)		
	15:00	19:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	27,96	28,96	29,04 (19:30)	28,00	29,04	29,06 (19:30)
Babosa	27,80	28,48	28,50 (18:30)	27,88	28,48	28,50 (18:30)
Convencional	28,20	28,88	28,95 (17:30-18:00)	28,28	28,98	29,03 (18:00-18:30)

Rsolar = Radiação solar.

Tabela 18 - Temperatura ambiente (°C) de dias selecionados (conclusão).

Telhado	26/11			27/11		
	Pico Rsolar = 4498,00 kJ/m ² (14:00)			Pico Rsolar = 4519,00 kJ/m ² (15:00)		
	16:00	20:00	Pico (hora)	15:00	19:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	30,02	30,46	30,58 (18:30)	29,56	30,44	30,50 (18:30)
Babosa	29,55	29,70	29,90 (18:30)	29,30	29,78	29,85 (17:30 e 18:30)
Convencional	30,08	30,10	30,45 (18:30)	29,70	30,28	30,35 (18:00-18:30)

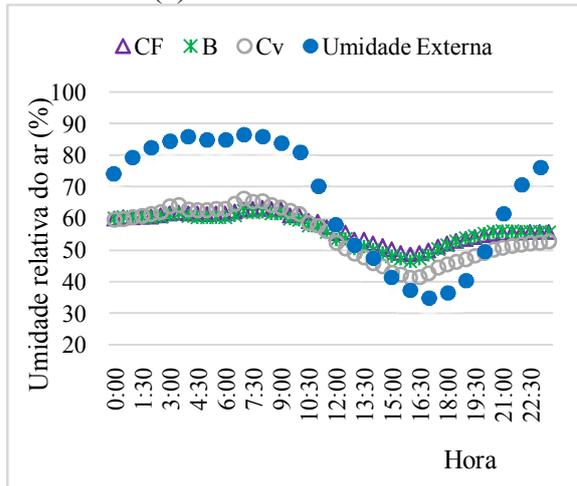
Rsolar = Radiação solar.

4.7 Análise da umidade interna no teto e a umidade externa

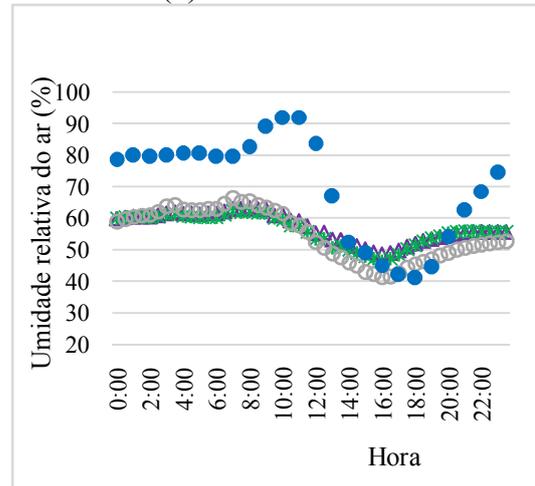
Com relação à umidade no teto, em termos qualitativos, os valores internos têm o mesmo comportamento quando relacionados à umidade externa (Figuras 22a, 22b, 22c e 22d).

Figura 22 - Umidade externa e umidade no teto dos ambientes.

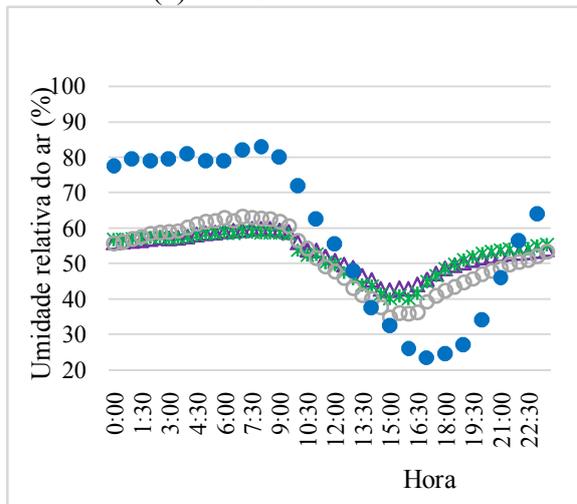
(a) Dia 04/11/15.



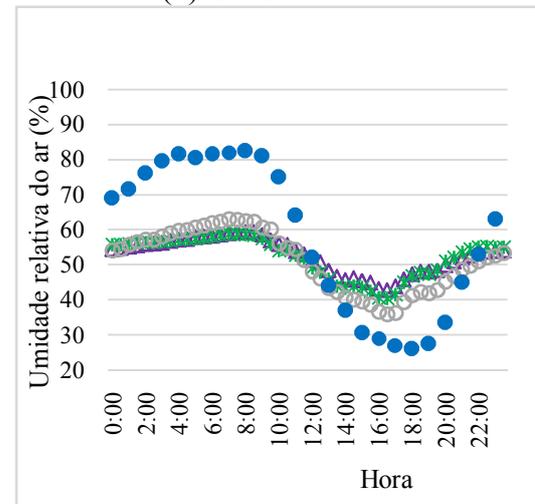
(b) Dia 10/11/15.



(c) Dia 26/11/15.



(d) Dia 27/11/15.



Legenda: CF = Coroa-de-Frade, B = Babosa, Cv = convencional, Temp. = temperatura.

No que se refere à umidade, os valores observados em cada um dos ambientes internos nos momentos de umidade mais baixas indicadas na Tabela 11, os valores da umidade externa estão em intervalos próximos em que a mesma apresentou os menores valores (Tabela 19). Observa-se que os valores internos mais críticos, em todos os dias, ocorreram antes, pelo menos uma hora, do que os valores mais críticos externos. O telhado com Coroa-de-Frade se destaca pelo fato de no dia 10/11 ter apresentado uma umidade interna crítica com duas horas

e meia de antecedência antes do valor crítico externo. Nos demais dias, praticamente, os valores críticos internos coincidiram entre si com relação ao horário de ocorrência.

Tabela 19 - Umidade no teto (%) de dias selecionados (continua).

Telhado	04/11			10/11		
	Crítico Uext = 35,00 (17:00)			Crítico Uext = 41,00 (18:00)		
	13:00	18:00	Pico (hora)	13:00	20:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	53,10	52,00	48,50 (16:00)	53,90	52,00	49,60 (15:30)
Babosa	50,60	51,50	46,50 (16:00)	50,60	51,50	46,90 (16:00)
Convencional	48,90	45,50	41,30 (16:00)	49,10	45,50	41,50 (16:30)

Uext = Umidade externa.

Tabela 19 - Umidade no teto (%) de dias selecionados (continua).

Telhado	26/11			27/11		
	Crítico Uext = 23,50 (17:00)			Crítico Uext = 26,00 (18:00)		
	11:30	18:30	Pico (hora)	12:00	20:00	Pico (hora)
Coroa-de-Frade	52,10	49,50	42,40 (15:00)	51,20	49,80	42,70 (16:30)
Babosa	50,40	49,90	40,20 (15:00 e 16:00)	49,20	51,00	40,50 (16:30)
Convencional	49,20	43,60	34,90 (15:00)	48,20	45,20	36,00 (16:30)

Uext = Umidade externa.

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, pôde-se concluir que o ambiente que apresentou o melhor resultado foi o que possui a vegetação Babosa no telhado, já que o mesmo apresentou a menor flutuação nos valores de temperatura, se mostrando mais estável que o ambiente com telhado convencional, principalmente, e que o ambiente com vegetação Coroa-de-Frade no telhado. Além disso, foi o ambiente que apresentou os valores menores para temperatura quando comparados com os outros dois ambientes.

4.8 Comparação com a NBR16.401-2

Apresenta-se neste item a comparação dos dados observados no interior dos ambientes investigados à luz dos limites estabelecidos na NBR 16401-2 (ABNT, 2008) que especifica os parâmetros do ambiente interno que proporcionam conforto térmico aos ocupantes de recintos providos de ar-condicionado (Tabela 7). Apresenta-se na Tabela 20 a situação dos dados coletados (temperaturas ambientes mínimas e máximas diárias, umidade mínima e máxima) com relação ao atendimento dos limites dos parâmetros de conforto térmico estabelecidos nesta Norma.

Tabela 20 - Dados coletados do ambiente abaixo do telhado com Coroa-de-Frade e atendimento aos limites da NBR 16401-2 (ABNT, 2008) (continua).

Data	Temp. (°C)		Atend.* (Sim/Não)	UR (%)	Atend.* (Sim/Não)
	Mín.	Máx.			
04/11/15	26,20	29,30	Não	46,50	Sim
10/11/15	26,00	29,06	Não	48,50	Sim
26/11/15	26,30	30,60	Não	42,40	Sim
27/11/15	26,70	30,50	Não	42,70	Sim

UR = Umidade Relativa | Temp. = Temperatura | Atend. = Atendimento | * NBR 16401-2.

Tabela 20 - Dados coletados do ambiente abaixo do telhado com Babosa e atendimento aos limites da NBR 16401-2 (ABNT, 2008) (continuação).

Data	Temp. (°C)		Atend.* (Sim/Não)	UR (%)	Atend.* (Sim/Não)
	Mín.	Máx.			
04/11/15	26,70	28,70	Não	44,50	Sim
10/11/15	26,43	28,50	Não	46,50	Sim
26/11/15	27,05	29,90	Não	40,20	Sim
27/11/15	27,43	29,85	Não	40,50	Sim

UR = Umidade Relativa | Temp. = Temperatura | Atend. = Atendimento | * NBR 16401-2.

Tabela 20 - Dados coletados do ambiente abaixo do telhado com Convencional e atendimento aos limites da NBR 16401-2 (ABNT, 2008) (conclusão).

Data	Temp. (°C)		Atend.* (Sim/Não)	UR (%)	Atend.* (Sim/Não)
	Mín.	Máx.			
04/11/15	26,00	29,60	Não	39,50	Sim
10/11/15	25,95	29,30	Não	41,30	Sim
26/11/15	26,40	30,50	Não	34,90	Não
27/11/15	26,75	30,35	Não	36,00	Sim

UR = Umidade Relativa | Temp. = Temperatura | Atend. = Atendimento | * NBR 16401-2.

No que se refere à umidade relativa, todos os ambientes atenderam aos valores mínimos estabelecidos pela Norma, com exceção do telhado convencional no dia 26/11. Com relação à temperatura, todos os ambientes não cumpriram a exigência mínima da Norma. Entre os dois telhados verdes, o telhado com Babosa apresentou melhores valores. O telhado convencional sofreu maior influência da temperatura externa. Uma das possíveis causas para os valores do ambiente com Coroa-de-Frade apresentar maior amplitude em comparação ao telhado com Babosa pode ser a presença de duas paredes externas, o que pode influenciar tanto no aumento de temperatura quanto no arrefecimento. Vale ressaltar que a Norma leva em consideração ambientes arejados, com ventilação interna e circulação do ar, e no caso dos ambientes estudados não havia a circulação de ar, ou seja, a situação era mais crítica do que o padrão considerado.

Considerando que para o atendimento da Norma, é necessário que ambos os parâmetros (temperatura e umidade relativa) atendam os limites, pode-se concluir que em nenhum dos casos ocorreu o atendimento.

4.9 Comparação com a NBR 15.575

Apresenta-se neste item a comparação dos dados observados no interior dos ambientes investigados à luz dos limites estabelecidos na NBR 15575-1 (ABNT, 2013), Tabela 8. Atendendo às orientações da Norma, e considerando a mesma região climática, com altitude de mesma ordem e grandeza, foram escolhidas neste trabalho as cidades de Pesqueira e São Caetano pelas proximidades geográficas e de altitude de Caruaru. Logo, a zona considerada, de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2003) foi a 8, não sendo necessário realizar avaliação de desempenho térmico para o inverno, nesta zona. Vale ressaltar que os ambientes analisados não tinham a presença de fontes interna de calor (ocupantes, lâmpadas acesas, outros equipamentos em geral). Apresenta-se a na Tabela 21 a situação dos dados coletados (temperaturas ambientes mínimas e máximas diárias) com relação aos parâmetros de conforto térmico estabelecidos nesta norma.

Tabela 21 - Dados de temperatura (oC) dos ambientes e atendimento aos limites da NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Data	Coroa-de-Frade			Babosa			Convencional		
	Temp. (°C)		Atend.*	Temp. (°C)		Atend.*	Temp. (°C)		Atend.*
	Mín	Máx	(M, I, S)	Mín	Máx	(M, I, S)	Mín	Máx	(M, I, S)
04/11/15	26,20	29,30	M	26,70	28,70	M, I	26,00	29,60	M
10/11/15	26,00	29,06	M	26,43	28,50	M	25,95	29,30	M
26/11/15	26,30	30,60	M, I	27,05	29,90	M, I	26,40	30,50	M, I
27/11/15	26,70	30,50	M, I	27,43	29,85	M, I	26,75	30,35	M, I

Temp. = temperatura |*Atend. = Atendimento |*NBR 15575-1/2013.

De acordo com os resultados da Tabela 21, todos os telhados atenderam ao nível mínimo (M) de aceitação em todos os dias. Para o nível de aceitação intermediário (I), o telhado com Babosa apresentou os melhores resultados, já que em três dias conseguiu tal nível. Este telhado se mostrou mais eficiente que os outros, chegando a atingir o que a Norma preconiza, mesmo quando a temperatura externa foi abaixo dos 30°C. Fato este que não ocorreu com os demais. Visto que os telhados só atenderam ao nível intermediário (I), com

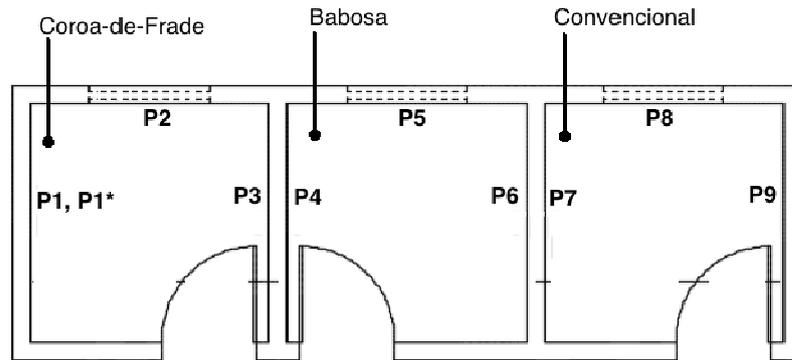
exceção do telhado com Babosa no dia 04/11. Nos dias em que a temperatura externa foi superior a 34°C nenhum dos telhados conseguiu o nível de aceitação superior (S).

4.10 Análise dos dados obtidos durante o período de inverno e verão

Mattos (2015) realizou estudo semelhante, porém utilizou dados do período de inverno. O autor concluiu que entre os telhados verdes, o ambiente com Coroa-de-Frade obteve maior variação de temperatura do que o ambiente com Babosa, apresentando diferença máxima de 1,6°C no dia 22/08/2015, e diferença média variando em torno dos 0,7°C. Em sua pesquisa, o autor afirma que, no período de inverno, nos horários em que a umidade chega aos valores mínimos, a temperatura alcançou valores máximos. Este fato também ocorreu no período de verão. Ainda segundo o autor, os telhados verdes apresentam menores variações de umidade ao longo do dia quando comparados ao telhado convencional e que apresentaram menores variações ao longo do dia, ocorrendo a diminuição das temperaturas internas, assim como a amplitude de variações destas. Todas as conclusões do autor corroboram com os resultados obtidos nesta pesquisa.

4.11 Análise da temperatura superficial interna das paredes e teto em comparação com a temperatura do ar externa.

Visando analisar as temperaturas externa e interna (nas paredes e no teto de um mesmo ambiente) foram comparados seus valores no primeiro dia (dia 04/11) dentre os investigados. Assim sendo, considerando as paredes conforme nomenclatura apresentada na Figura 23, são discutidos os valores dos sensores instalados em cada ambiente (Figura 24), na mesma altura das paredes externas (P2, P5 e P8) (Figura 25), os valores de temperatura (Figura 26) e umidade (Figura 27) no teto, os valores de temperatura em alturas diferentes (0,60 e 1,50 m) na mesma parede (P1* e P1, respectivamente) (Figura 28), os valores de temperatura nas paredes P3 e P4 e P6 e P7 (Figura 29), e em lados equivalentes das paredes internas (P1, P4 e P7, e P3, P6 e P9) (Figura 30).

Figura 23 - Sensores instalados nas paredes investigadas.

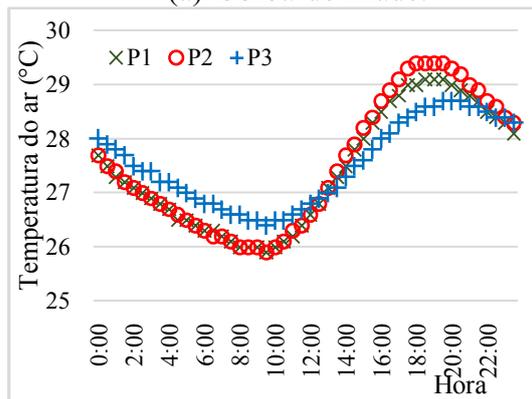
Planta Baixa - Sem escala

LEGENDA:

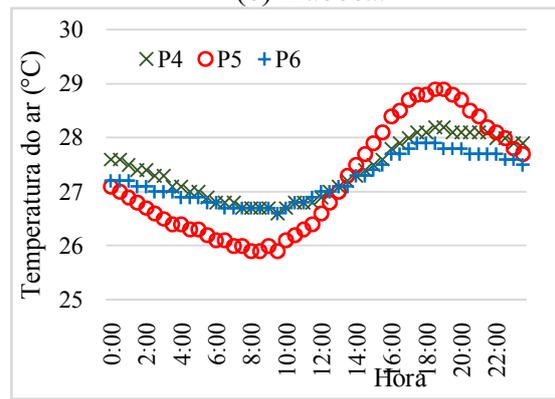
★ Sensor de temperatura (0,60 m de altura)

Figura 24 - Temperatura interna nas paredes.

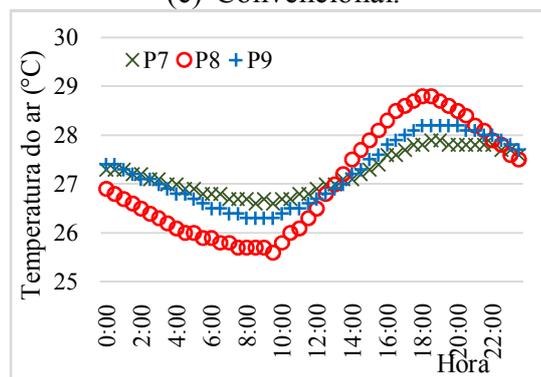
(a) Coroa-de-Frade.



(b) Babosa.



(c) Convencional.



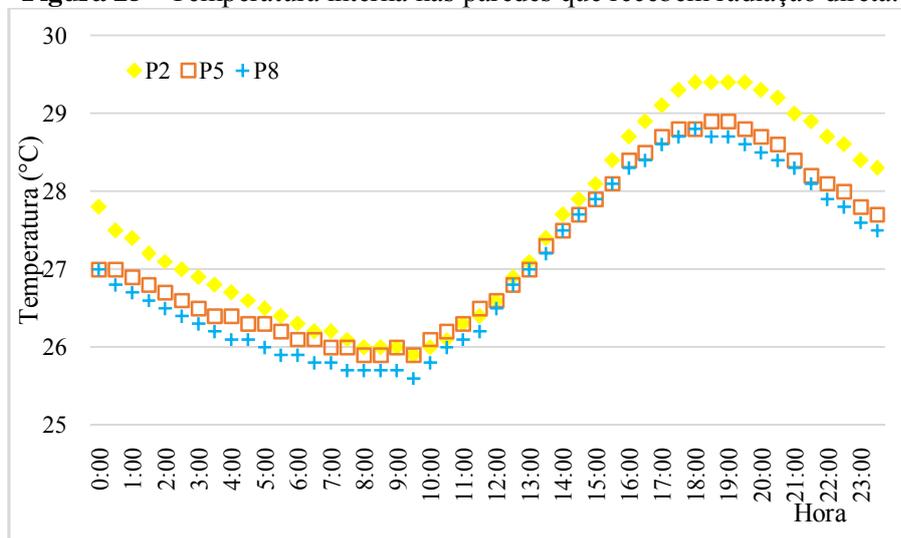
Observação: P2, P5 e P8 são paredes externas.

O ambiente com Coroa-de-Frade foi o que apresentou as maiores temperaturas superficiais em suas paredes, já que o mesmo possui duas paredes que recebem radiação direta, o que pode contribuir para um aumento no ambiente como um todo. Os ambientes com Babosa e o convencional apresentaram resultados semelhantes, não ocorrendo tanta oscilação

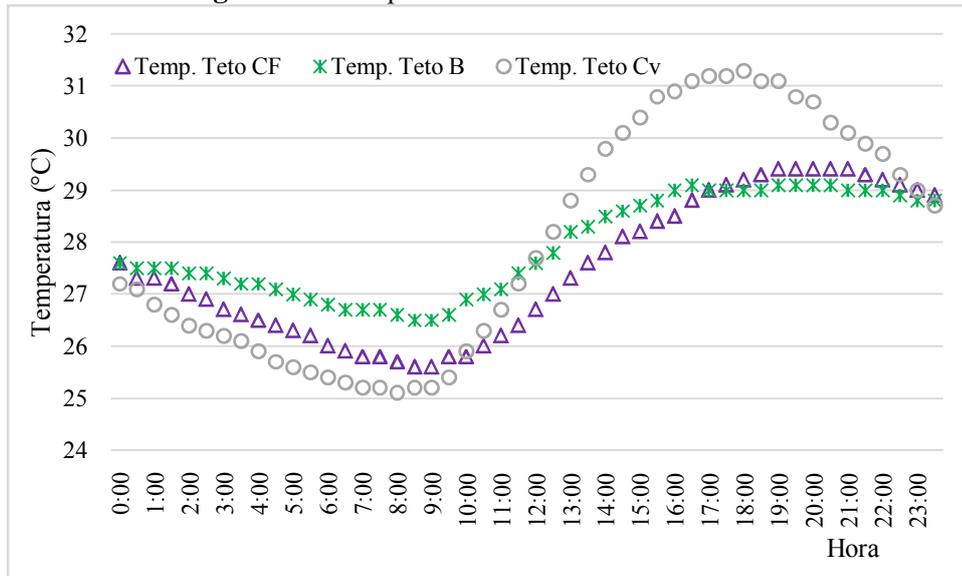
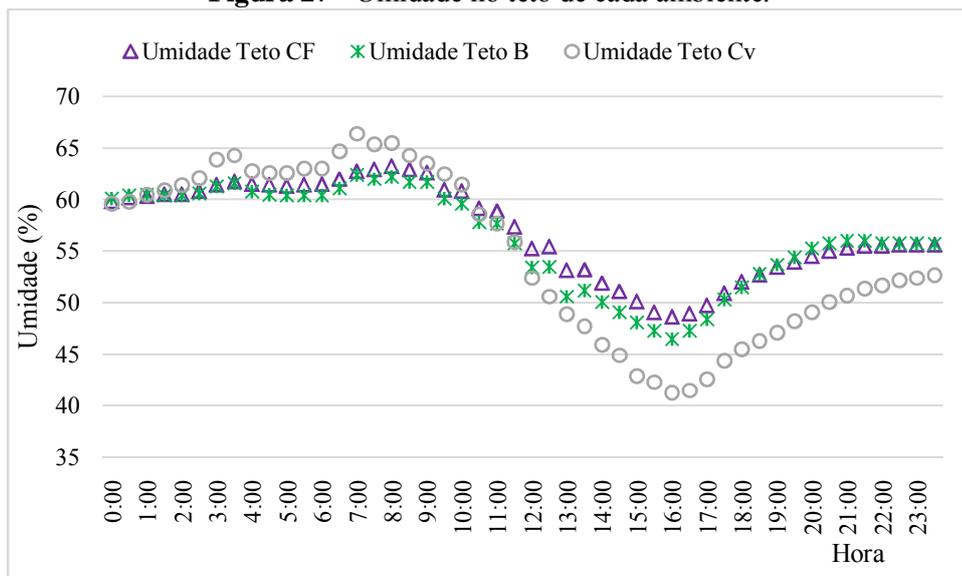
na temperatura, variação máxima de 1°C. Um fato interessante que chama atenção é a temperatura da parede externa do ambiente convencional ter resfriado mais que as outras, e isso pode ter ocorrido pela facilidade que o mesmo tem em trocar calor com o ambiente externo, quando comparado aos ambientes que possuem vegetação, pela disposição dos ambiente no prédio do IPA.

Os sensores das paredes externas (P2, P5, P8)(Figura 25) resultaram, como era de se esperar, na maior variação de temperatura ao longo do dia, já que as mesmas recebem radiação diretamente. O maior valor de amplitude foi observado na parede do ambiente Coroa-de-Frade(P2)seguido pelo Convencional (P5) e pelo Babosa (P8).

Figura 25 - Temperatura interna nas paredes que recebem radiação direta.



Quando se analisam os valores dos sensores instalados nos tetos (Figura 26), o maior valor de amplitude foi observado no ambiente do convencional chegando aos extremos valores de temperaturas mínima e máxima no dia (amplitude de 6,2°C), além disso, o mesmo resfria e aquece bem mais rápido. Neste caso, fica evidente que o conjunto (substrato + vegetação) funcionam de forma mais eficiente no isolamento da temperatura observada logo abaixo da cobertura (laje). Com relação a umidade (Figura 27), a mesma atinge os maiores e menores valores no ambiente com telhado convencional, o que evidencia que os telhados verdes não isolam apenas a temperatura como contribuem para uma menor oscilação nos valores de umidade. E entre os ambientes com telhado com vegetação, o ambiente com Babosa apresentou valores ligeiramente menores que o ambiente com Coroa-de-Frade.

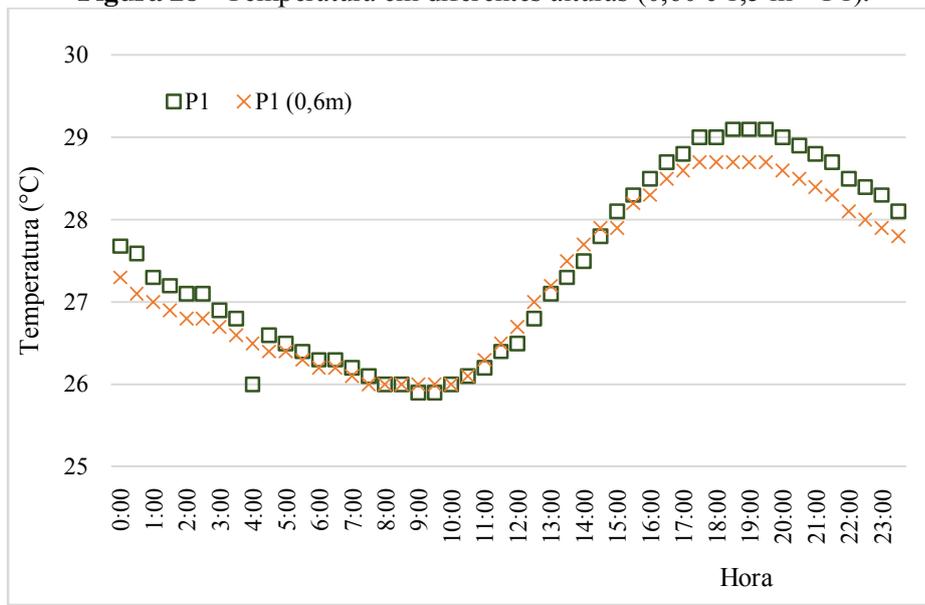
Figura 26 - Temperatura no teto de cada ambiente.**Figura 27 - Umidade no teto de cada ambiente.**

Em relação aos sensores instalados em diferentes alturas, P1* a 0,6 m e P1 a 1,5 m (Figura 28), observou-se que os mesmos são muito próximos boa parte do tempo. Os valores diferem a partir das 17:00 horas até às 05:00 horas da manhã. Mas não chega a ser uma diferença tão significativa. Tal diferença pode ser influenciada pela topografia do local, e pela localização da estrutura.

Entretanto, ao analisar minuciosamente os dados diários verifica-se que essa temperatura é inferior a partir de um certo horário da manhã (pode ser em função da radiação direta nas paredes P1 e P2) e no final da tarde até o início da manhã seguinte a temperatura na

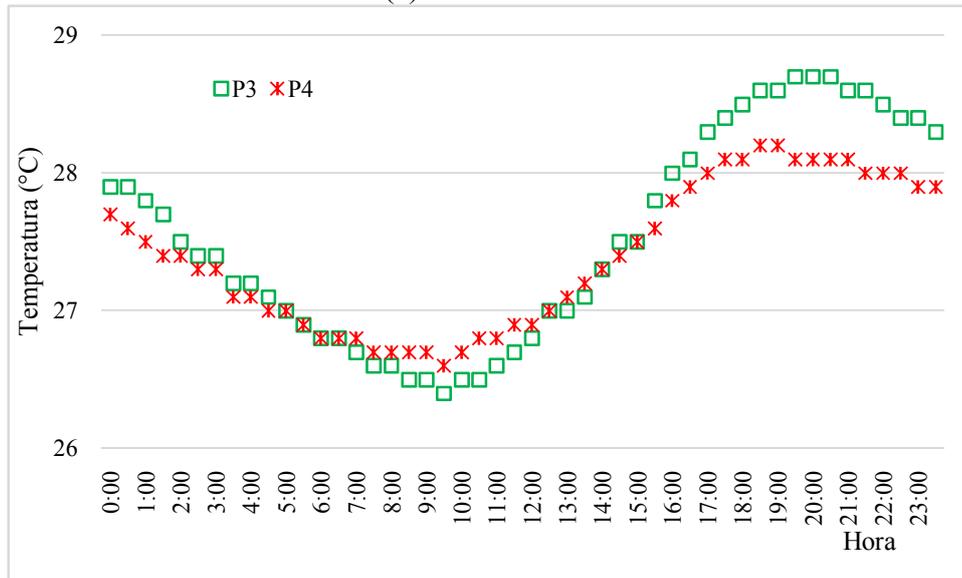
parede P3 é maior, podendo ser devido à dissipação da temperatura acumulada em virtude da radiação durante o dia, e o fato de não ter influência da temperatura externa, que à noite cai e influencia diretamente nas paredes P1 e P2.

Figura 28 - Temperatura em diferentes alturas (0,60 e 1,5 m – P1).

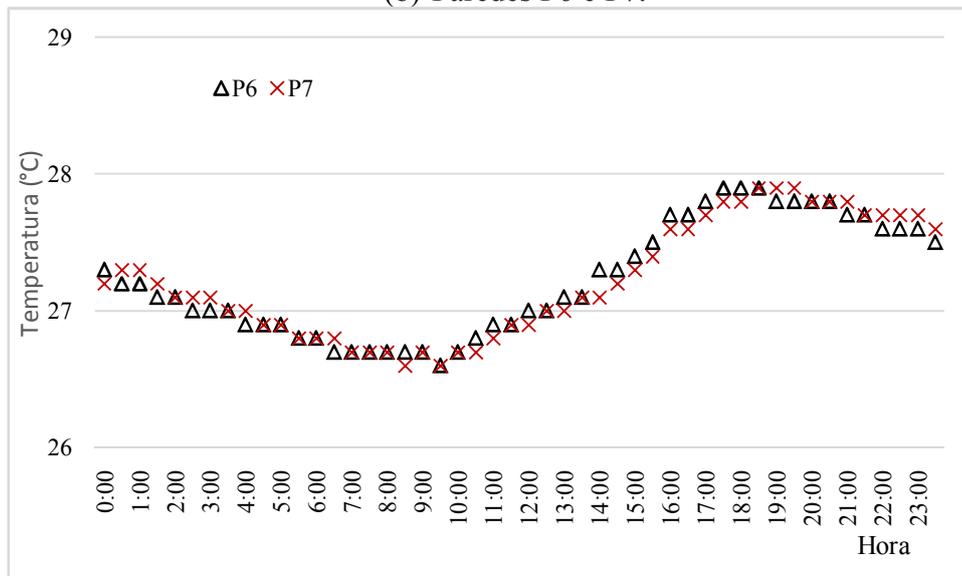


As paredes P3 e P4 apresentaram valores maiores que as paredes P6 e P7 (Figura 29), isso pode ser pelo fato de ter havido transferência de calor do ambiente com Coroa-de-Frade para o de ambiente com Babosa por meio das paredes P3 e P4, já que se trata de uma parede em comum. Sendo que a parede P3 ainda apresentou maiores valores de temperatura que a parede P4, isso ocorreu devido ao fato deste ambiente ter apresentado os maiores valores em virtude das outras duas paredes receberem radiação direta. Com relação as paredes P6 e P7 as duas apresentaram valores muito próximos, com amplitude máxima pouco mais de 1°C. Sendo que a parede P7 foi a que apresentou os menores valores de temperatura, estando a mesma (deste lado) mais distante do ambiente mais quente (Coroa-de-Frade). Nestes casos fica claro haver uma transferência de calor no sentido da parede P1 para P7.

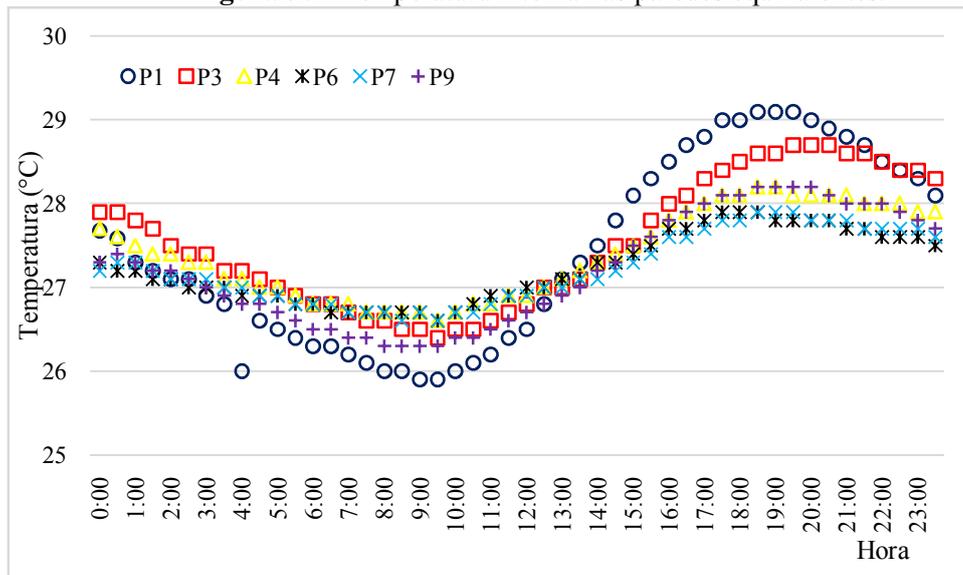
Figura 29 - Temperatura interna nas paredes que não recebem radiação direta.
(a) Paredes P3 e P4.



(b) Paredes P6 e P7.



Com relação as paredes equivalentes (Figura 30), a que apresentou os maiores valores de temperaturas foi P1 que pertence ao ambiente com Coroa-de-Frade, assim como a parede P3 que também pertence a esse mesmo ambiente. Pode ter havido a interferência das paredes P1 e P2 nos valores da parede P3, já que o ambiente com Coroa-de-Frade foi o que apresentou os valores de temperatura ambiente (média de paredes e teto) maiores. Com relação as outras paredes, pode-se perceber que quanto mais internas as mesmas, menores são os seus valores, ou seja, quanto mais se distanciam do ambiente com Coroa-de-Frade (que apresenta duas paredes expostas a radiação solar) menores são os seus valores de temperatura superficiais.

Figura 30 - Temperatura interna nas paredes equivalentes.

A parede P3 de Coroa-de-Frade apresentou valores inferiores a parede P1 do mesmo telhado, o que é compreensível já que a mesma não recebe radiação solar direta. Mas vale ressaltar que as paredes P6 e P9 apresentaram valores inferiores à parede P3 de Coroa-de-Frade. A parede P9 do convencional apresentou valores superiores a parede P6 do telhado Babosa, isso pode ser explicado pelo fato que há uma porta ao lado da parede P9 do convencional e isso pode provocar uma maior incidência da radiação solar nesta parede, já que durante o dia todo a mesma permanece aberta para circulação dos funcionários.

Com esta análise, pôde-se perceber que o ambiente com telhado Coroa-de-Frade pode estar sendo prejudicado pelo fato do mesmo possuir duas paredes que estão susceptíveis as variáveis climáticas. O ambiente com telhado convencional também pode estar recebendo radiação extra em uma de suas paredes, mesmo que seja por um curto período de tempo, já que há uma porta ao lado da mesma, que fica aberta durante todo o dia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados entre o dia 08 de outubro de 2015 à 28 de abril de 2016, relativos às medições dos três ambientes estudados, permitiram analisar o comportamento térmico de ambos e identificar um padrão de comportamento térmico durante o período de verão.

Esperava-se que os telhados verdes apresentassem um desempenho térmico melhor em comparação ao telhado convencional. Tal fato foi comprovado, sobretudo, com o ambiente com telhado com Babosa. O ambiente com telhado com Coroa-de-Frade não apresentou resultados tão significativos, e, tal fato, pode ser devido ao fato que o mesmo ambiente apresenta duas paredes que sofrem incidência solar, ao passo que, os demais ambientes apresentam apenas uma parede, cada, nesta condição.

Comprovou-se que os telhados verdes promovem maior isolamento térmico da edificação em relação ao telhado convencional, pois os mesmos apresentaram temperatura interna menor que a temperatura externa quando da hora mais quente do dia, e a temperatura interna maior que a temperatura externa quando da hora mais fria do dia. O telhado convencional apresentou essa mesma situação quando comparado à temperatura externa, porém quando comparado aos telhados verdes, o mesmo apresentou maiores flutuações nos valores de temperatura e umidade.

Pôde-se comprovar que tanto a temperatura interna quanto a umidade interna são mais influenciadas pela temperatura e umidade externas do que pela radiação e pelo vento. Essas duas últimas, nesses dias pesquisados, não apresentaram uma correlação, já que os horários de maiores radiações não coincidiram com os horários que os ventos atingiram as maiores velocidades.

Ao se comparar os dados desta pesquisa com a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), verificou-se que todos os ambientes atenderam aos valores mínimos estabelecidos por esta Norma para a variável umidade, porém, para a temperatura os ambientes não cumpriram a exigência mínima, portanto, não atenderam a esta Norma.

Ao se comparar os dados desta pesquisa com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), constatou-se que todos os ambientes atenderam ao nível Mínimo. E que o ambiente com Babosa se destaca por ter sido o único a atender em três dias o nível Intermediário.

Pôde-se ainda constatar que o comportamento dos telhados verdes no período de verão e inverno são bem parecidos, no entanto, os telhados verdes mostraram-se mais eficientes quando a temperatura externa ultrapassa os 34°C.

Portanto, conclui-se que, os telhados verdes inseridos no semiárido, apresentam um significativo desempenho térmico, e que, com mais pesquisas, as pessoas sejam encorajadas a utilizarem essa técnica na região, tendo em vista a quantidade de benefícios dos mesmos.

6 TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa abre campo para outras pesquisas correlacionadas, visando ampliar o conhecimento que se tem a respeito deste sistema de telhados e exploração mais aprofundada das suas potencialidades.

São sugestões para contribuições futuras:

- Estudos complementares sobre o desempenho térmico dos telhados verdes;
- Estudos de desempenho térmico com telhados verdes do tipo intensivo;
- Estudo do potencial dos telhados verdes em reduzir os efeitos das ilhas de calor;
- Estudo sobre o potencial dos telhados verdes na diminuição dos níveis de ruído no interior da edificação;
- Estudo sobre o potencial dos telhados verdes na produção de oxigênio e dióxido de carbono
- Estudo sobre o potencial dos telhados verdes na provável economia de energia do sistema de resfriamento do ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações ó Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575: Edificações habitacionais ó Desempenho ó Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16401-2: Instalações de ar-condicionado ó Sistemas centrais e unitários ó Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.** Rio de Janeiro, 2008.

ABRO, R, S.. Recognition of Passive Cooling Techniques. **Renewable Energy**, v. 5, Part II, p.1143-1146, 1994.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for HumanOccupancy.** Nova Iorque, 2013.

BARBOSA, A. G..**Sociedade civil na construção de políticas de convivência com o semiárido.** Recife: ASA, 2010.

BARBOSA, M. J.; WEILLER, G. C. B.; LAMBERTS, R..Disposição dos equipamentos para medição da temperatura do ar em edificações. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, 7 (3), 89-108, jul./set., 2007.

BARRIO, E, P.. Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. **Energy andBuildings**, 27, 179-193, 1998.

BARROS, E. S.; **Telhado Verde em Clima Semiárido: Diferentes Contribuições Conforme as Estações Chuvosa e Seca.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, Caruaru – PE, 65 p., 2013.

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M..**Capítulo 3 ó ÁguaSubterrânea no Nordeste Brasileiro.** Em: O uso sustentável dos recursos hídricos em regiõessemi-áridas. Editora Universitária, Recife – PE, 1 ed., p. 65-104, 2007.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F..Thermal Behavior of Green Roofs Applied to Tropical Climate. **JournalofConstructionEngineering**, 2013, 1-7, 2013.

CARUARU – Prefeitura do município de Caruaru. 2016. Sobre Caruaru. In: <http://www.caruaru.pe.gov.br/sobre-caruaru>. Acessado em: 20/06/2016.

CONTI, I. L., SCHROEDER, E. O (organizadores)..**Estratégias de Convivência com o Semiárido Brasileiro**: Textos e Artigos de Alunos(as) Participantes /. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FAURGS /REDEgenteSAN / Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade – IABS / Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento – AECID / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS / Editora IABS, Brasília-DF, Brasil – v.1 , 208 p., 2013.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JÚNIOR, L. A. J.; ARAÚJO, J. L. P..**A região semiárida brasileira**. Parte do livro, Cap. 1, p. 21-48. 2011.

CORTÉS, C. F.; CASTILLO, C. A. D..Mejora de las condiciones de habitad y del cambio climático a partir de ecotechos extensivos. Estudio de caso: barrio La Isla, Altos de Cazucá, Soacha, Cundinamarca. **Cuadernos de Vivienda y Urbanismo**, Colômbia, 4, (8), julho-dezembro 2011.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Estado de Pernambuco**: Diagnóstico do Município de Caruaru. Recife: CPRM/PRODEEM, set. 2005.

DARKWA, J.; KOKOGIANNAKIS, G.; SUBA, G.. Effectiveness of an intensive green roof in a sub-tropical region. **Buinding Serv. Eng. Res. Techonol.**, v. 0 (0), p.1-16, 2012.

DEMING, D.. Climatic warming in North America: analysis of borehole temperatures. **Science**, 268, 1576-1577, 1995.

EDMONDS, I.; SMITH, G.. Surface reflectance and conversion efficiency dependence of technologies for mitigating global warming. **Renewable Energy**, 36, 1343-1351, 2011.

FARIAS, M. M. M. W. E. C..**Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFPE, 115 p., Caruaru – PE, 2012.

FERRAZ, I. L. **O Desempenho Térmico de um Sistema de Cobertura Verde em Comparação ao Sistema Tradicional de Cobertura com Telha Cerâmica**. 2012. Dissertação de Mestrado, Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil, 150 p, 2012.

FIGUEROA, M.; SCHILLER, M.. Green Roof Performance: Passive design implications in Los Angeles, California. In: Conference on Passive and Low Energy Architecture, 26th, 2009, Quebec City. **Anais.**, Canada, 6p., 2009.

FIORETTI, R.; PALL, A.; LANZA, L, G.; PRINCIPI, P..Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. **BuildingandEnvironment**, 45, 1890-1904, 2010.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 8ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 244 p.,2007.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**: o clima da camada de ar junto ao solo. 3.ed. Lisboa: Fundação CalousteGulbenkian,556p., 1961.

HODO-ABALO, S.; BANNA, M.; ZEGHMATI, B..Performance analysis of a planted roof as a passive cooling technique in hot-humid tropics. **Renewable Energy**, 39, 140-148, 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011), Cidades@. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=260410>>. Acesso em: 10 de junho de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 317 P., 2010.

IGRA - International Green RoofAssociation. Disponível em: <http://www.igra-world.com/index.php>. Último acesso em: 14 jun. 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acessoem: 14 jun. 2016.

IPCC -INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2001a: Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report. *Cambridge Univ. Press*. 2001.

International Organization for Standardization. **ISO 7730: Moderate thermal environments ó determination of the PMV e PPD índices and specification of the conditions for thermal comfort.** International Standard, 52 p. 2005.

International Organization for Standardization. **ISO 7726: Thermal environments: Instruments and methods for measuring physical quantities.** International Standard, 51p. 1998.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. **Variabilidade decenal e multidecenal**, In: Cavancanti, I.; FERREIRA, N.; SILVA, M. G. J. da; DIAS, M. A. F. S. (ed.). *Tempo e Clima no Brasil*, Oficina de Textos, São Paulo, p. 375-383, 2009.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 3 ed. 382 p. 2014.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C.; BATISTA, J. O.; MARINOSKI, D. L.; NARANJO, A.; DUARTE, V. C. P. *Desempenho térmico de edificações*: Apostila do curso de Engenharia Civil, ECV 5161. 4 edição. Florianópolis: UFSC, 239p. 2016.

LEE, J. S.; KIM, J. T.; LEE, M. G. Mitigation of urban heat island. Effect and green roofs. **Indoor and Built Environment**, 23 (1), 62-69, 2014.

LIMA, G. C. O. **Avaliação do Desempenho de Telhados Verdes: Capacidade de Retenção Hídrica e Qualidade da Água Escocada.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru – PE, 128 p., 2013.

LIU, K.; BASKARAN, B. Thermal performance of green roofs through field evaluation. **Proceedings** for the First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards and Trade Show, 2003, Chicago, 1-10 2003.

LIU, T. C.; SHYU, G. S.; FANG, W. T.; LIU, S. Y.; CHENG, B. Y. Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. **Energy and Buildings**, 47, 180-188, 2012.

LONE, A. B.; TAKAHASHI, L. S. A.; FARIA, R. T.; DESTRO, D. Desenvolvimento Vegetativo de *Melocactus bahiensis* (Cactaceae) sob Diferentes Níveis de Sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, 56, (2), 199-203, 2009.

LUCENA, A. J.; ROTUNNO FILHO, O. C. R.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F.; XAVIER, L. N. R. Urban climate and clues of heat islands events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. **TheorApplClimatol**, 111, 497-511, 2013.

MAGALHÃES, A.; FILHO, H. C.; GARAGORRY, F.; GASQUES, J. G.; MOLION, L. C.; NETO M.; NOBRE, C. A.; PORTO, E.; REBOUÇAS, O.: 1988: The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil. In: Parry, M.; Carter, T.; Konijn, N. (ed.) The impact of climate variations on agriculture. v.2. Assessments in semi-arid regions. Amsterdam: **Kluwer Academic Publishers**, 277-304, 1988.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI.** Biodiversidade. Brasília: MMA, v. 1. 201 p. 2006.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro.** In: Medeiros, S. S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. O.; Paz, V. P. da S. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas, Campina Grande: INSA. p. 383-422, 2011.

MATTOS, C. S.; **Desempenho Térmico de um Telhado Verde inserido em Região Semiárida.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, Caruaru – PE, 68 p., 2015.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. H. *Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro.* INSA. Campina Grande - PB, 2012.

MORAIS, C.; RORIZ, M.. Thermal Performance of Green Roof in the City of São Carlos (SP), Southeast of Brazil. Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22nd, 2005, Beirut. **Anais..**, Lebanon, p. 87-92, 2005.

NORDELL, B.. Thermal pollution causes global warming. **Global and Planetary Change**, 38, 305-312, 2003.

NORDELL, B.; GERVET, B.. Global energy accumulation and net heat emission. **International Journal of Global Warming**, 1, 373-391, 2009.

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 87 p, 2009.

OYAMA, M. D., C. A. NOBRE..A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. **Geophysical Research**30(23), 2199, 2003.

PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; MAVRAKIS, A.; SANTAMOURIS, M..Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens. **BuindingandEnvironment**, 46, 339-344, 2011.

PARENTE, L. M. L.; CARNEIRO, L. M.; TRESVENZOL, L. M. F.; GARDIN, N. E..Aloe Vera: Características Botânicas, Fitoquímicas e Terapeuticas. **Arte Médica Ampliada**, [S. l.], 33 (4), 160-164, 2013.

PENG, L, L, H.; JIM, C, Y..Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation. **Energies**, 6, 598-618, 2013.

PERMPITUCK, S.; NAMPRAKAI, P.. The energy consumption performance of roof lawn gardens in Thailand. **Renewable Energy**, 40, 98-103, 2012.

RAIMONDO, F.; TRIFILÒ, P.; LO GULLO, M, A.; ANDRI, S.; SAVI, T.; NARDINI, A..Plant performance on Mediterranean green roofs: interaction of species-specific hydraulic strategies and substrate water relations. **AOB Plants**, 007, 2015.

RECIFE. **Lei Nº 18.112** - que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. 12 de janeiro de 2015.

RORIZ, M..**Conforto e Desempenho Térmico de Edificações**. Apostila do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil: UFSC, 63 p. 2008.

ROWE, D. B.. Green roofs as a means of pollution abatement. **Environmental Pollution**, 159, 2100-2110, 2011.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D.; Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America, **Geophysics Research Letter**, 34, L09708, 2007.

SANTOS, S. M.; MARINHO, E. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, C. M. M.; ARAÚJO, T. F.; BARROS, E. S. Estudo da qualidade da água de um telhado verde no agreste pernambucano. In: **Anais do XIV World WaterCongress**. Porto de Galinhas, PE: 2011. Em meio digital, 13 p.

SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ARAÚJO FILHO, P. F.; CABRAL, J. J. S. P.; ARAÚJO, T. F.. Determinação da utilidade do uso de telhado verde no Agreste Pernambucano. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, **Anais..**, Recife – PE, 10 p., 2009.

SANTOS, P. T. S. **Balanço Hídrico em Teto com Cobertura Vegetal no Semiárido Pernambucano**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 86 p., 2011.

SBRISSA, F. C.; MELO, A. G. C.. Caracterização Morfológica e Conservação de *Arthrocereus odoratus* F. Ritter. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça –SP, ano X, 20 (1), 19-28, 2012.

SCHWARZ, N.; SCHLINK, U.; FRANCK, U.; GROßMAN, K.. Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators – An application for the city of Leipzig (Germany). **Ecological Indicators**, 18, 693-704, 2012.

SEYBOTH, K.; BEURSKENS, L.; LANGNISS, O.; SIMS, R. E. H.. Recognising the potential for renewable energy heating and cooling. **Energy Policy**, v. 36, 2460 – 2463, 2008.

SHAKUN, D. J.; CLARK, P. U.; HE, F.; MARCOTT, S. A.; MIX, A. C.; LIU, Z.; OTTOBLIESNER, B.; SCHMITTNER, A.; BARD, E.. Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation. **Nature**, 484, 49-54, 2012.

SOBRAL, H. R.. Heat island in São Paulo, Brazil: Effects on health. **Critical Public Health**, 15(2), 147-156, junho, 2005.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 286 p. 2000.

SOOKCHAIYA, T.; MONYAKUL, V.; THEPA, S.. Assessment of the thermal environment effects on human comfort and health for the development of novel air conditioning system in tropical regions. **Energy and Buildings**, 42, 1692-1702, 2010.

SOUZA, L.A.P.. Segurança Alimentar e Água no Semi-Árido. Em: V Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina – PI, **Anais...**, meio digital, 4 p., 2005.

SUASSUNA, J. **A pequena e média aqüedagem no semi-árido nordestino: uso da água na produção de alimentos**. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/text/textrop.html>> Acesso em 10 ago. 2002.

TALEB, D.; ABU-HIJLEH, B.. Urban heat islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE. **Renewable Energy**, 50, 747-762, 2013.

TEEMUSK, A.; MANDER, Ü.. Temperature regime of planted roofs compared with conventional roofing systems. **Ecological Engineerign**, 36, 91-95, 2010.

THEODOSIOU, T, G.. Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique. **Energy and Buildings**, 35, 909-917, 2003.

TIWARI, G, N.; UPADHYAY, M.; RAI, S, N.. A Comparison of Passive Cooling Technique. **BuldingandEnvironment**, 29 (1), 21-31, 1994.

APÊNDICE A

Este Apêndice contém as Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4, citadas no texto, se referem aos dados internos obtidos nesta pesquisa. Todos os dados se referem aos dias 04, 10, 26 e 27 de novembro de 2015.

Tabela A.1 – Dados internos dia 04-11-15.

Hora	Coroa-de-Frade								Babosa						Convencional					
	Temperatura (°C)					Umidade (%)			Temperatura (°C)				Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)	
	P1	P1*	P2	P3	Teto	(P1+P1*+P2+P3+Teto)/5	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto	
00:00	27,68	27,30	27,80	27,90	27,60	27,66	59,90	27,70	27,00	27,30	27,70	27,43	60,10	27,20	27,00	27,30	27,20	27,18	59,00	
00:30	27,59	27,10	27,50	27,90	27,30	27,48	60,30	27,60	27,00	27,20	27,60	27,35	60,40	27,30	26,80	27,40	27,10	27,15	59,80	
01:00	27,30	27,00	27,40	27,80	27,30	27,36	60,40	27,50	26,90	27,20	27,60	27,30	60,50	27,30	26,70	27,30	26,80	27,03	60,50	
01:30	27,20	26,90	27,20	27,70	27,20	27,24	60,50	27,40	26,80	27,10	27,50	27,20	60,40	27,20	26,60	27,20	26,60	26,90	60,90	
02:00	27,10	26,80	27,10	27,50	27,00	27,10	60,50	27,40	26,70	27,10	27,40	27,15	60,40	27,10	26,50	27,20	26,50	26,83	61,10	
02:30	27,10	26,80	27,00	27,40	26,90	27,04	60,80	27,30	26,60	27,00	27,40	27,08	60,60	27,10	26,40	27,10	26,30	26,73	62,10	
03:00	26,90	26,70	26,90	27,40	26,70	26,92	61,40	27,30	26,50	27,00	27,30	27,03	61,30	27,10	26,30	27,00	26,20	26,65	63,90	
03:30	26,80	26,60	26,80	27,20	26,60	26,80	61,80	27,10	26,40	27,00	27,20	26,93	61,60	27,00	26,20	26,90	26,10	26,55	64,30	
04:00	26,00	26,50	26,70	27,20	26,50	26,58	61,50	27,10	26,40	26,90	27,20	26,90	60,80	27,00	26,10	26,80	25,90	26,45	62,80	
04:30	26,60	26,40	26,60	27,10	26,40	26,62	61,40	27,00	26,30	26,90	27,10	26,83	60,50	26,90	26,10	26,80	25,80	26,40	62,60	
05:00	26,50	26,40	26,50	27,00	26,30	26,54	61,30	27,00	26,30	26,90	27,00	26,80	60,40	26,90	26,00	26,70	25,60	26,30	62,60	
05:30	26,40	26,30	26,40	26,90	26,20	26,44	61,40	26,90	26,20	26,80	26,90	26,70	60,40	26,80	25,90	26,60	25,50	26,20	63,00	
06:00	26,30	26,20	26,30	26,80	26,00	26,32	61,50	26,80	26,10	26,80	26,80	26,63	60,40	26,80	25,90	26,50	25,40	26,15	63,00	
06:30	26,30	26,20	26,20	26,80	25,90	26,28	62,00	26,80	26,10	26,70	26,70	26,58	61,10	26,80	25,80	26,50	25,30	26,10	64,70	
07:00	26,20	26,10	26,20	26,70	25,80	26,20	62,80	26,80	26,00	26,70	26,70	26,55	62,40	26,70	25,80	26,40	25,20	26,03	66,40	
07:30	26,10	26,00	26,10	26,60	25,80	26,12	62,90	26,70	26,00	26,70	26,60	26,50	62,00	26,70	25,70	26,40	25,20	26,00	65,30	
08:00	26,00	26,00	26,00	26,60	25,70	26,06	63,20	26,70	25,90	26,70	26,60	26,48	62,20	26,70	25,70	26,30	25,10	25,95	65,50	
08:30	26,00	26,00	26,00	26,50	25,60	26,02	62,90	26,70	25,90	26,70	26,50	26,45	61,70	26,60	25,70	26,30	25,20	25,95	64,30	
09:00	25,90	26,00	26,00	26,50	25,60	26,00	62,60	26,70	26,00	26,70	26,50	26,48	61,70	26,70	25,70	26,30	25,20	25,98	63,50	
09:30	25,90	26,00	25,90	26,40	25,80	26,00	60,90	26,60	25,90	26,60	26,60	26,43	60,10	26,60	25,60	26,30	25,40	25,98	62,50	
10:00	26,00	26,00	26,00	26,50	25,80	26,06	60,80	26,70	26,10	26,70	26,90	26,60	59,60	26,70	25,80	26,40	25,90	26,20	61,50	
10:30	26,10	26,10	26,10	26,50	26,00	26,16	59,10	26,80	26,20	26,80	27,00	26,70	57,80	26,70	26,00	26,40	26,30	26,35	58,60	
11:00	26,20	26,30	26,30	26,60	26,20	26,32	58,90	26,80	26,30	26,90	27,10	26,78	57,70	26,80	26,10	26,50	26,70	26,53	57,70	
11:30	26,40	26,50	26,40	26,70	26,40	26,48	57,30	26,90	26,50	26,90	27,30	26,90	55,80	26,90	26,20	26,60	27,20	26,73	55,80	
12:00	26,50	26,70	26,60	26,80	26,70	26,66	55,20	26,90	26,60	27,00	27,60	27,03	53,40	26,90	26,50	26,70	27,70	26,95	52,40	
12:30	26,80	27,00	26,90	27,00	27,00	26,94	55,40	27,00	26,80	27,00	27,80	27,15	53,50	27,00	26,80	26,80	28,20	27,20	50,60	
13:00	27,10	27,20	27,10	27,00	27,30	27,14	53,10	27,10	27,00	27,10	28,20	27,35	50,60	27,00	27,00	26,90	28,80	27,43	48,90	
13:30	27,30	27,50	27,40	27,10	27,60	27,38	53,20	27,20	27,30	27,10	28,30	27,48	51,20	27,10	27,20	27,00	29,30	27,65	47,60	
14:00	27,50	27,70	27,70	27,30	27,80	27,60	51,90	27,30	27,50	27,30	28,50	27,65	50,10	27,10	27,50	27,20	29,80	27,90	45,90	
14:30	27,80	27,90	27,90	27,50	28,10	27,84	51,10	27,40	27,70	27,30	28,60	27,75	49,10	27,20	27,70	27,30	30,10	28,08	44,90	
15:00	28,10	27,90	28,10	27,50	28,20	27,96	50,10	27,40	27,80	27,30	28,70	27,80	48,10	27,20	27,80	27,40	30,40	28,20	42,90	
15:30	28,30	28,20	28,40	27,80	28,40	28,22	49,00	27,60	28,10	27,50	28,80	28,00	47,30	27,40	28,10	27,60	30,80	28,48	42,30	
16:00	28,50	28,30	28,70	28,00	28,50	28,40	48,50	27,80	28,40	27,70	29,00	28,23	46,50	27,60	28,30	27,80	30,90	28,65	41,30	
16:30	28,70	28,50	28,90	28,10	28,80	28,60	48,90	27,90	28,50	27,70	29,10	28,30	47,30	27,60	28,40	27,90	31,10	28,75	41,50	
17:00	28,80	28,60	29,10	28,30	29,00	28,76	49,70	28,00	28,70	27,80	29,00	28,38	48,40	27,70	28,60	28,00	31,20	28,88	42,60	
17:30	29,00	28,60	29,30	28,40	29,10	28,88	50,90	28,10	28,80	27,90	29,00	28,45	50,30	27,80	28,70	28,10	31,20	28,95	44,40	
18:00	29,00	28,60	29,40	28,50	29,20	28,94	52,00	28,10	28,80	27,90	29,00	28,45	51,50	27,80	28,70	28,10	31,20	28,95	45,50	
18:30	29,00	28,60	29,40	28,50	29,30	28,96	52,70	28,20	28,90	27,90	29,00	28,50	52,80	27,80	28,60	28,10	31,10	28,90	46,30	
19:00	29,00	28,60	29,30	28,50	29,40	28,96	53,40	28,20	28,90	27,80	29,00	28,48	53,70	27,80	28,60	28,10	31,00	28,88	47,10	
19:30	29,10	28,70	29,30	28,70	29,40	29,04	53,90	28,10	28,80	27,80	29,10	28,45	54,40	27,80	28,50	28,10	30,80	28,80	48,20	
20:00	29,00	28,60	29,30	28,70	29,40	29,00	54,50	28,10	28,70	27,80	29,10	28,43	55,30	27,80	28,50	28,10	30,70	28,78	49,00	
20:30	28,90	28,50	29,20	28,70	29,40	28,94	55,00	28,10	28,60	27,80	29,10	28,40	55,80	27,80	28,40	28,10	30,30	28,65	50,10	
21:00	28,80	28,40	29,00	28,60	29,40	28,84	55,30	28,10	28,40	27,70	29,00	28,30	56,00	27,80	28,30	28,00	30,10	28,55	50,70	
21:30	28,70	28,30	28,90	28,60	29,30	28,76	55,50	28,00	28,20	27,70	29,00	28,23	56,00	27,70	28,10	28,00	29,90	28,43	51,30	
22:00	28,50	28,10	28,70	28,50	29,20	28,60	55,60	28,00	28,10	27,60	29,00	28,18	55,80	27,70	27,90	28,00	29,60	28,30	51,70	
22:30	28,40	28,00	28,60	28,40	29,10	28,50	55,60	28,00	28,00	27,60	28,90	28,13	55,80	27,70	27,80	27,90	29,30	28,18	52,10	
23:00	28,30	27,90	28,40	28,40	29,00	28,40	55,60	27,90	27,80	27,60	28,90	28,05	55,80	27,70	27,60	27,80	29,00	28,03	52,40	
23:30	28,10	27,80	28,30	28,30	28,90	28,28	55,60	27,90	27,70	27,50	28,80	27,98	55,70	27,60	27,50	27,70	28,70	27,88	52,70	

Tabela A.2 – Dados internos dia 10-11-15.

Hora	Coroa-de-Frade							Babosa						Convencional						
	Temperatura (°C)					Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)		
	P1	P1*	P2	P3	Teto	(P1+P1*+P2+P3+Teto)/5	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto	
00:00	27,70	27,30	27,70	28,00	27,50	27,64	59,90	27,60	27,10	27,20	27,70	27,40	60,00	27,30	26,90	27,40	27,20	27,20	27,20	59,00
00:30	27,50	27,10	27,50	27,90	27,40	27,48	60,30	27,60	27,00	27,20	27,60	27,35	60,40	27,30	26,80	27,40	27,00	27,13	59,80	
01:00	27,30	27,00	27,40	27,80	27,30	27,36	60,40	27,50	26,90	27,20	27,60	27,30	60,50	27,30	26,70	27,30	26,80	27,03	60,50	
01:30	27,20	26,90	27,20	27,70	27,20	27,24	60,50	27,40	26,80	27,10	27,50	27,20	60,40	27,20	26,60	27,20	26,60	26,90	60,90	
02:00	27,10	26,80	27,10	27,50	27,00	27,10	60,50	27,40	26,70	27,10	27,40	27,15	60,30	27,20	26,50	27,10	26,50	26,83	61,10	
02:30	27,00	26,80	27,00	27,40	26,90	27,02	60,80	27,30	26,60	27,00	27,40	27,08	60,60	27,10	26,40	27,10	26,30	26,73	62,10	
03:00	26,90	26,70	26,90	27,40	26,70	26,92	61,40	27,30	26,50	27,00	27,30	27,03	61,30	27,10	26,30	27,00	26,20	26,65	63,90	
03:30	26,80	26,60	26,80	27,20	26,60	26,80	61,80	27,10	26,40	27,00	27,20	26,93	61,60	27,00	26,20	26,90	26,00	26,53	64,30	
04:00	26,70	26,50	26,70	27,20	26,50	26,72	61,50	27,10	26,40	26,90	27,10	26,88	60,80	27,00	26,10	26,80	25,90	26,45	62,80	
04:30	26,50	26,40	26,60	27,10	26,40	26,60	61,40	27,00	26,30	26,90	27,10	26,83	60,50	26,90	26,00	26,80	25,80	26,38	62,60	
05:00	26,50	26,40	26,50	27,00	26,30	26,54	61,30	27,00	26,30	26,90	27,00	26,80	60,40	26,90	26,00	26,70	25,60	26,30	62,60	
05:30	26,40	26,30	26,40	26,90	26,20	26,44	61,40	26,90	26,20	26,80	26,90	26,70	60,40	26,80	25,90	26,60	25,50	26,20	63,00	
06:00	26,30	26,20	26,30	26,80	26,00	26,32	61,50	26,80	26,10	26,80	26,80	26,63	60,40	26,80	25,90	26,50	25,40	26,15	63,00	
06:30	26,30	26,20	26,20	26,80	25,90	26,28	62,00	26,80	26,10	26,70	26,70	26,58	61,10	26,80	25,80	26,50	25,30	26,10	64,70	
07:00	26,20	26,10	26,20	26,70	25,80	26,20	62,80	26,80	26,00	26,70	26,70	26,55	62,40	26,70	25,80	26,40	25,20	26,03	66,40	
07:30	26,10	26,00	26,10	26,60	25,80	26,12	62,90	26,70	26,00	26,70	26,60	26,50	62,00	26,70	25,70	26,40	25,20	26,00	65,30	
08:00	26,00	26,00	26,00	26,60	25,70	26,06	63,20	26,70	25,90	26,70	26,60	26,48	62,20	26,70	25,70	26,30	25,10	25,95	65,50	
08:30	26,00	26,00	26,00	26,50	25,60	26,02	62,90	26,70	25,90	26,70	26,50	26,45	61,70	26,60	25,70	26,30	25,20	25,95	64,30	
09:00	26,00	26,00	26,00	26,50	25,60	26,02	62,60	26,70	26,00	26,70	26,50	26,48	61,70	26,70	25,70	26,30	25,20	25,98	63,50	
09:30	25,90	26,00	25,90	26,40	25,80	26,00	60,90	26,60	25,90	26,60	26,60	26,43	60,10	26,60	25,60	26,30	25,40	25,98	62,50	
10:00	26,00	26,00	26,00	26,50	25,80	26,06	60,80	26,70	26,10	26,70	26,80	26,58	59,60	26,70	25,80	26,40	25,80	26,18	61,50	
10:30	26,10	26,10	26,10	26,50	26,00	26,16	59,10	26,80	26,20	26,80	27,00	26,70	57,80	26,70	26,00	26,50	26,30	26,38	58,60	
11:00	26,20	26,30	26,30	26,60	26,20	26,32	58,90	26,80	26,30	26,80	27,10	26,75	57,70	26,80	26,10	26,50	26,70	26,53	57,70	
11:30	26,40	26,50	26,40	26,70	26,40	26,48	57,30	26,80	26,40	26,90	27,30	26,85	55,80	26,80	26,30	26,60	27,20	26,73	55,80	
12:00	26,60	26,70	26,60	26,80	26,70	26,68	55,20	26,90	26,60	27,00	27,60	27,03	53,40	26,90	26,50	26,70	27,70	26,95	52,40	
12:30	26,80	27,00	26,80	26,90	27,00	26,90	55,40	27,00	26,80	27,00	27,80	27,15	53,50	27,00	26,80	26,80	28,20	27,20	51,20	
13:00	27,10	27,20	27,10	27,00	27,30	27,14	53,90	27,10	27,00	27,10	28,20	27,35	50,60	27,00	27,00	26,90	28,80	27,43	49,10	
13:30	27,30	27,50	27,40	27,10	27,60	27,38	53,80	27,20	27,30	27,10	28,30	27,48	51,20	27,10	27,20	27,00	29,30	27,65	47,90	
14:00	27,50	27,70	27,70	27,30	27,80	27,60	52,00	27,30	27,50	27,30	28,50	27,65	50,40	27,10	27,50	27,20	29,80	27,90	46,10	
14:30	27,80	27,90	27,90	27,50	28,10	27,84	51,60	27,40	27,70	27,30	28,60	27,75	50,20	27,20	27,70	27,30	30,10	28,08	45,00	
15:00	28,00	28,00	28,20	27,60	28,20	28,00	50,80	27,50	27,90	27,40	28,70	27,88	48,60	27,30	27,90	27,50	30,40	28,28	43,10	
15:30	28,30	28,20	28,40	27,80	28,40	28,22	49,60	27,60	28,10	27,50	28,80	28,00	47,70	27,40	28,10	27,60	30,70	28,45	42,50	
16:00	28,50	28,30	28,70	28,00	28,60	28,42	48,70	27,80	28,40	27,70	29,00	28,23	46,90	27,60	28,30	27,80	30,90	28,65	41,60	
16:30	28,70	28,50	28,90	28,10	28,80	28,60	48,90	27,90	28,50	27,70	29,10	28,30	47,80	27,60	28,50	27,90	31,10	28,78	41,50	
17:00	28,80	28,60	29,10	28,30	29,00	28,76	49,70	28,00	28,70	27,80	29,00	28,38	48,50	27,70	28,60	28,00	31,20	28,88	42,60	
17:30	29,00	28,70	29,30	28,40	29,10	28,90	50,90	28,10	28,80	27,90	29,00	28,45	50,30	27,80	28,70	28,10	31,20	28,95	44,40	
18:00	29,00	28,70	29,40	28,50	29,20	28,96	52,00	28,10	28,80	27,90	29,00	28,45	51,50	27,80	28,80	28,20	31,30	29,03	45,50	
18:30	29,10	28,70	29,40	28,60	29,30	29,02	52,70	28,20	28,90	27,90	29,00	28,50	52,80	27,90	28,80	28,20	31,20	29,03	46,30	
19:00	29,10	28,70	29,40	28,60	29,40	29,04	53,40	28,20	28,90	27,80	29,00	28,48	53,70	27,90	28,70	28,20	31,10	28,98	47,10	
19:30	29,10	28,70	29,40	28,70	29,40	29,06	53,90	28,10	28,80	27,80	29,10	28,45	54,40	27,80	28,60	28,20	30,90	28,88	48,20	
20:00	29,00	28,60	29,30	28,70	29,40	29,00	54,50	28,10	28,70	27,80	29,00	28,40	55,30	27,80	28,50	28,20	30,70	28,80	49,00	
20:30	28,90	28,50	29,20	28,70	29,40	28,94	55,00	28,10	28,50	27,70	29,10	28,35	55,80	27,80	28,40	28,10	30,40	28,68	50,10	
21:00	28,80	28,40	29,00	28,60	29,40	28,84	55,30	28,10	28,40	27,70	29,00	28,30	56,00	27,80	28,20	28,10	30,10	28,55	50,70	
21:30	28,70	28,30	28,90	28,60	29,30	28,76	55,50	28,10	28,20	27,70	29,00	28,25	56,00	27,80	28,10	28,00	29,90	28,45	51,30	
22:00	28,50	28,10	28,70	28,50	29,20	28,60	55,60	28,00	28,10	27,70	29,00	28,20	55,80	27,80	27,90	28,00	29,60	28,33	51,70	
22:30	28,40	28,00	28,60	28,40	29,10	28,50	55,60	28,00	28,00	27,60	29,00	28,15	55,80	27,70	27,80	27,90	29,30	28,18	52,10	
23:00	28,30	27,90	28,40	28,40	29,00	28,40	55,60	27,90	27,80	27,60	28,90	28,05	55,80	27,70	27,60	27,80	29,00	28,03	52,40	
23:30	28,10	27,80	28,30	28,30	28,90	28,28	55,60	27,90	27,70	27,50	28,80	27,98	55,70	27,60	27,50	27,70	28,70	27,88	52,70	

Tabela A.3 – Dados internos dia 26-11-2015.

Hora	Coroa-de-Frade							Babosa						Convencional					
	Temperatura (°C)					Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)	
	P1	P1*	P2	P3	Teto	(P1+P1*+P2+P3+Teto)/5	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto
00:00	28,30	28,00	28,40	28,70	29,60	28,60	56,00	28,30	27,80	28,00	29,60	28,43	56,90	28,10	27,60	28,10	29,00	28,20	55,80
00:30	28,10	27,90	28,20	28,50	29,40	28,42	56,10	28,20	27,70	27,90	29,50	28,33	56,90	28,00	27,40	28,00	28,80	28,05	56,10
01:00	28,00	27,70	28,00	28,40	29,30	28,28	56,30	28,20	27,50	27,90	29,40	28,25	57,10	28,00	27,30	27,90	28,60	27,95	57,00
01:30	27,70	27,50	27,80	28,20	29,10	28,06	56,60	28,00	27,30	27,70	29,40	28,10	57,30	27,90	27,10	27,80	28,30	27,78	57,70
02:00	27,60	27,40	27,70	28,10	28,90	27,94	56,90	28,00	27,20	27,70	29,30	28,05	57,50	27,80	27,00	27,70	28,10	27,65	58,60
02:30	27,40	27,20	27,40	28,00	28,80	27,76	57,20	27,90	27,10	27,60	29,10	27,93	57,60	27,80	26,80	27,60	27,90	27,53	58,90
03:00	27,30	27,10	27,30	27,90	28,60	27,64	57,10	27,80	27,00	27,50	29,10	27,85	57,30	27,70	26,70	27,40	27,70	27,38	59,10
03:30	27,10	26,90	27,10	27,70	28,40	27,44	57,20	27,70	26,80	27,60	28,90	27,75	57,40	27,60	26,60	27,30	27,50	27,25	59,30
04:00	27,00	26,80	27,00	27,60	28,30	27,34	57,70	27,60	26,80	27,50	28,90	27,70	57,70	27,60	26,50	27,20	27,40	27,18	60,30
04:30	26,80	26,70	26,80	27,50	28,10	27,18	58,10	27,50	26,60	27,40	28,70	27,55	58,20	27,50	26,40	27,10	27,20	27,05	61,30
05:00	26,70	26,60	26,70	27,30	28,00	27,06	58,50	27,40	26,50	27,30	28,60	27,45	58,60	27,40	26,30	27,00	27,00	26,93	61,90
05:30	26,50	26,50	26,50	27,20	27,80	26,90	58,70	27,30	26,40	27,30	28,50	27,38	58,70	27,30	26,10	26,90	26,80	26,78	62,20
06:00	26,40	26,40	26,40	27,10	27,70	26,80	59,00	27,20	26,30	27,20	28,40	27,28	59,00	27,20	26,00	26,80	26,70	26,68	63,00
06:30	26,30	26,30	26,30	27,00	27,50	26,68	59,20	27,10	26,20	27,00	28,30	27,15	58,70	27,20	25,90	26,70	26,50	26,58	62,20
07:00	26,20	26,20	26,20	26,90	27,40	26,58	59,50	27,10	26,10	27,00	28,30	27,13	59,20	27,10	25,80	26,60	26,40	26,48	63,40
07:30	26,00	26,00	26,00	26,80	27,20	26,40	59,70	27,00	26,10	27,10	28,10	27,08	59,10	27,10	25,70	26,50	26,30	26,40	63,10
08:00	25,90	26,00	25,90	26,70	27,20	26,34	59,70	27,00	26,00	27,10	28,10	27,05	58,90	27,10	25,70	26,50	26,20	26,38	62,80
08:30	25,90	26,00	26,00	26,60	27,10	26,32	59,70	27,00	26,10	27,10	28,00	27,05	58,80	27,00	25,80	26,50	26,20	26,38	62,70
09:00	26,00	26,00	26,00	26,60	27,10	26,34	59,50	27,00	26,10	27,10	28,00	27,05	58,90	27,10	25,90	26,60	26,40	26,50	62,00
09:30	26,10	26,20	26,10	26,70	27,00	26,42	58,80	27,00	26,30	27,20	28,00	27,13	58,40	27,10	26,10	26,70	26,70	26,65	60,60
10:00	26,30	26,40	26,30	26,70	27,30	26,60	56,00	27,10	26,40	27,30	28,10	27,23	53,90	27,10	26,40	26,80	27,10	26,85	56,60
10:30	26,90	27,00	26,90	27,20	27,80	27,16	53,90	27,40	27,00	27,60	28,60	27,65	52,50	27,40	27,00	27,10	27,70	27,30	54,40
11:00	27,40	27,50	27,40	27,50	27,70	27,50	53,70	27,70	27,40	27,80	28,50	27,85	52,70	27,60	27,50	27,40	28,20	27,68	51,70
11:30	27,50	27,80	27,60	27,50	27,80	27,64	52,10	27,70	27,50	27,80	28,80	27,95	50,40	27,60	27,70	27,50	28,60	27,85	49,20
12:00	27,80	28,20	27,90	27,70	27,90	27,90	50,70	27,80	27,80	27,90	29,00	28,13	49,80	27,70	28,00	27,70	29,10	28,13	47,80
12:30	28,20	28,60	28,20	28,00	28,10	28,22	49,60	28,00	28,10	28,00	29,10	28,30	47,60	27,80	28,40	27,90	29,60	28,43	46,10
13:00	28,50	28,90	28,50	28,20	28,40	28,50	48,70	28,10	28,30	28,10	29,40	28,48	45,90	27,90	28,60	28,00	30,20	28,68	43,20
13:30	28,80	29,10	28,90	28,40	28,80	28,80	46,70	28,30	28,60	28,20	29,70	28,70	44,00	28,00	28,90	28,20	30,70	28,95	41,10
14:00	29,10	29,30	29,20	28,60	29,00	29,04	45,40	28,40	28,90	28,40	30,00	28,93	43,80	28,20	29,10	28,40	31,10	29,20	40,10
14:30	29,40	29,60	29,50	28,80	29,30	29,32	42,80	28,60	29,10	28,50	30,10	29,08	41,60	28,30	29,40	28,60	31,50	29,45	37,80
15:00	29,60	29,70	29,80	29,00	29,80	29,58	42,40	28,80	29,40	28,60	30,30	29,28	40,20	28,40	29,60	28,80	31,80	29,65	34,90
15:30	29,90	29,80	30,10	29,20	30,00	29,80	43,00	28,90	29,60	28,70	30,60	29,45	41,00	28,50	29,80	29,00	32,10	29,85	36,20
16:00	30,10	30,00	30,40	29,40	30,20	30,02	42,80	29,00	29,80	28,80	30,60	29,55	40,20	28,70	30,00	29,20	32,40	30,08	35,90
16:30	30,30	30,10	30,60	29,60	30,40	30,20	44,10	29,20	30,00	28,90	30,60	29,68	41,80	28,80	30,20	29,40	32,50	30,23	36,30
17:00	30,50	30,20	30,80	29,80	30,60	30,38	45,60	29,30	30,10	29,00	30,60	29,75	44,90	28,90	30,30	29,50	32,70	30,35	39,30
17:30	30,60	30,20	31,00	29,90	30,60	30,46	47,20	29,40	30,30	29,10	30,60	29,85	46,70	29,00	30,30	29,70	32,70	30,43	41,00
18:00	30,70	30,20	31,00	30,00	30,70	30,52	48,60	29,50	30,30	29,10	30,60	29,88	48,60	29,00	30,30	29,70	32,70	30,43	42,40
18:30	30,70	30,20	31,10	30,10	30,80	30,58	49,50	29,60	30,30	29,20	30,50	29,90	49,90	29,10	30,30	29,80	32,60	30,45	43,60
19:00	30,70	30,10	31,00	30,10	30,90	30,56	50,30	29,50	30,20	29,10	30,50	29,83	51,10	29,10	30,20	29,80	32,50	30,40	44,80
19:30	30,60	30,00	30,90	30,10	31,00	30,52	50,90	29,50	30,10	29,00	30,50	29,78	52,00	29,00	30,00	29,70	32,30	30,25	45,80
20:00	30,50	29,90	30,80	30,10	31,00	30,46	51,70	29,40	29,90	28,90	30,60	29,70	53,00	29,00	29,80	29,60	32,00	30,10	47,10
20:30	30,30	29,80	30,60	30,00	30,90	30,32	52,10	29,30	29,70	28,80	30,50	29,58	53,40	29,00	29,60	29,50	31,80	29,98	48,00
21:00	30,10	29,60	30,40	29,90	30,90	30,18	52,50	29,20	29,50	28,70	30,50	29,48	53,90	28,90	29,30	29,40	31,50	29,78	48,70
21:30	29,90	29,30	30,10	29,80	30,80	29,98	52,70	29,20	29,30	28,60	30,40	29,38	54,10	28,90	29,00	29,20	31,10	29,55	49,80
22:00	29,70	29,10	29,90	29,70	30,70	29,82	52,90	29,00	29,00	28,40	30,40	29,20	54,20	28,80	28,80	29,00	30,80	29,35	50,50
22:30	29,40	29,00	29,60	29,50	30,60	29,62	53,10	28,90	28,80	28,30	30,30	29,08	54,40	28,70	28,50	28,90	30,50	29,15	51,10
23:00	29,20	28,80	29,40	29,40	30,40	29,44	53,50	28,80	28,60	28,30	30,30	29,00	55,10	28,60	28,40	28,80	30,10	28,98	52,20
23:30	29,00	28,50	29,10	29,30	30,30	29,24	54,00	28,80	28,40	28,30	30,20	28,93	55,40	28,60	28,20	28,70	29,90	28,85	53,40

Tabela A.4 – Dados internos dia 27-11-2015.

Hora	Coroa-de-Frade							Babosa						Convencional					
	Temperatura (°C)					Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)		Temperatura (°C)				Umidade (%)	
	P1	P1*	P2	P3	Teto	(P1+P1*+P2+P3+Teto)/5	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto	P1	P2	P3	Teto	(P1+P2+P3+Teto)/4	Teto
00:00	28,80	28,40	28,90	29,10	30,10	29,06	54,40	28,70	28,20	28,30	30,10	28,83	55,70	28,50	28,00	28,50	29,60	28,65	54,10
00:30	28,50	28,20	28,60	28,90	30,00	28,84	54,70	28,60	28,00	28,30	30,10	28,75	55,80	28,40	27,80	28,40	29,30	28,48	54,50
01:00	28,30	28,00	28,40	28,80	29,80	28,66	55,00	28,50	27,90	28,20	30,00	28,65	56,00	28,30	27,60	28,30	29,10	28,33	55,70
01:30	28,10	27,80	28,10	28,60	29,60	28,44	55,40	28,40	27,70	28,20	29,90	28,55	56,30	28,30	27,30	28,10	28,80	28,13	56,60
02:00	27,80	27,60	27,90	28,40	29,50	28,24	55,70	28,30	27,50	28,10	29,80	28,43	56,40	28,20	27,10	28,00	28,60	27,98	57,20
02:30	27,70	27,50	27,70	28,30	29,30	28,10	55,90	28,20	27,40	28,00	29,70	28,33	56,40	28,10	27,00	27,90	28,40	27,85	57,30
03:00	27,60	27,40	27,60	28,20	29,10	27,98	56,20	28,10	27,30	27,90	29,60	28,23	56,60	28,00	27,00	27,80	28,20	27,75	58,20
03:30	27,40	27,30	27,40	28,00	29,00	27,82	56,70	28,00	27,20	27,90	29,50	28,15	56,90	28,00	26,90	27,70	28,00	27,65	59,00
04:00	27,30	27,10	27,30	27,90	28,80	27,68	57,10	27,90	27,00	27,80	29,40	28,03	57,20	27,90	26,70	27,50	27,80	27,48	59,80
04:30	27,20	27,10	27,20	27,80	28,60	27,58	57,30	27,80	27,00	27,80	29,30	27,98	57,40	27,80	26,60	27,40	27,60	27,35	60,00
05:00	27,10	27,00	27,10	27,70	28,50	27,48	57,70	27,80	26,90	27,70	29,10	27,88	57,50	27,70	26,50	27,30	27,50	27,25	60,70
05:30	27,00	26,90	27,00	27,60	28,40	27,38	57,90	27,70	26,80	27,60	29,00	27,78	57,80	27,70	26,40	27,20	27,30	27,15	61,30
06:00	26,80	26,80	26,80	27,50	28,20	27,22	58,10	27,60	26,70	27,60	28,90	27,70	58,20	27,60	26,30	27,10	27,20	27,05	61,90
06:30	26,70	26,60	26,60	27,40	28,10	27,08	58,50	27,50	26,60	27,50	28,80	27,60	58,50	27,50	26,20	27,00	27,00	26,93	62,30
07:00	26,50	26,50	26,50	27,30	27,90	26,94	58,90	27,50	26,50	27,50	28,80	27,58	58,80	27,50	26,10	27,00	26,90	26,88	63,10
07:30	26,40	26,40	26,40	27,10	27,80	26,82	59,10	27,40	26,40	27,50	28,70	27,50	58,80	27,40	26,00	27,00	26,80	26,80	62,90
08:00	26,30	26,40	26,30	27,10	27,60	26,74	59,30	27,40	26,40	27,50	28,60	27,48	58,70	27,40	26,00	26,90	26,70	26,75	62,60
08:30	26,30	26,40	26,30	27,00	27,60	26,72	59,30	27,30	26,40	27,50	28,50	27,43	58,40	27,40	26,10	26,90	26,60	26,75	62,30
09:00	26,40	26,50	26,40	27,00	27,50	26,76	58,60	27,40	26,50	27,50	28,40	27,45	57,50	27,40	26,30	27,00	26,70	26,85	60,70
09:30	26,50	26,60	26,50	27,10	27,60	26,86	56,90	27,40	26,70	27,60	28,50	27,55	55,90	27,50	26,50	27,10	26,90	27,00	60,20
10:00	26,70	26,80	26,80	27,10	27,60	27,00	55,70	27,50	26,90	27,60	28,50	27,63	54,20	27,50	26,80	27,10	27,10	27,13	56,20
10:30	26,90	27,10	27,00	27,30	27,60	27,18	55,60	27,60	27,10	27,70	28,60	27,75	54,50	27,50	27,00	27,20	27,70	27,35	54,90
11:00	27,20	27,50	27,30	27,40	27,80	27,44	53,70	27,70	27,40	27,80	28,80	27,93	52,90	27,60	27,30	27,40	28,00	27,58	54,40
11:30	27,50	27,80	27,60	27,60	28,10	27,72	52,90	27,80	27,60	27,90	29,00	28,08	51,90	27,70	27,60	27,60	28,60	27,88	51,40
12:00	27,90	28,20	27,90	27,80	28,20	28,00	51,20	27,90	27,90	28,00	29,20	28,25	49,20	27,90	27,90	27,80	29,10	28,18	48,20
12:30	28,20	28,50	28,30	28,00	28,50	28,30	50,60	28,00	28,10	28,10	29,50	28,43	48,00	28,00	28,20	28,00	29,60	28,45	46,10
13:00	28,50	28,80	28,60	28,20	28,80	28,58	48,40	28,20	28,40	28,20	29,60	28,60	45,90	28,10	28,50	28,20	30,10	28,73	43,40
13:30	28,80	29,10	28,90	28,40	29,10	28,86	46,50	28,30	28,60	28,40	29,90	28,80	44,00	28,20	28,80	28,40	30,50	28,98	42,30
14:00	29,10	29,30	29,20	28,60	29,40	29,12	45,60	28,50	28,90	28,50	30,20	29,03	43,40	28,30	29,00	28,60	30,90	29,20	40,60
14:30	29,40	29,50	29,50	28,80	29,50	29,34	46,10	28,60	29,10	28,60	30,40	29,18	43,90	28,40	29,30	28,80	31,40	29,48	40,10
15:00	29,60	29,70	29,80	29,00	29,70	29,56	45,50	28,80	29,30	28,70	30,40	29,30	43,60	28,50	29,50	29,00	31,80	29,70	39,60
15:30	29,80	29,80	30,10	29,20	30,00	29,78	44,80	28,90	29,60	28,80	30,60	29,48	42,50	28,60	29,70	29,20	32,00	29,88	38,70
16:00	30,10	29,90	30,30	29,40	30,20	29,98	43,10	29,00	29,70	28,80	30,60	29,53	40,70	28,70	29,90	29,30	32,30	30,05	36,60
16:30	30,20	30,00	30,50	29,60	30,40	30,14	42,70	29,20	29,90	28,90	30,70	29,68	40,50	28,80	30,00	29,40	32,40	30,15	36,00
17:00	30,40	30,10	30,70	29,70	30,60	30,30	43,80	29,30	30,10	29,00	30,70	29,78	41,60	28,90	30,10	29,60	32,60	30,30	36,30
17:30	30,50	30,10	30,80	29,80	30,60	30,36	45,80	29,40	30,20	29,10	30,70	29,85	45,10	29,00	30,10	29,60	32,60	30,33	39,40
18:00	30,60	30,10	30,90	29,90	30,70	30,44	47,20	29,40	30,20	29,10	30,60	29,83	46,90	29,00	30,10	29,70	32,60	30,35	41,30
18:30	30,60	30,10	30,90	30,00	30,90	30,50	47,90	29,50	30,20	29,10	30,60	29,85	47,80	29,00	30,10	29,70	32,60	30,35	42,30
19:00	30,50	30,00	30,80	30,00	30,90	30,44	47,90	29,40	30,10	29,00	30,60	29,78	47,40	29,00	30,00	29,70	32,40	30,28	42,00
19:30	30,50	29,90	30,80	30,00	31,00	30,44	48,40	29,40	30,00	29,00	30,70	29,78	48,50	29,00	29,90	29,60	32,30	30,20	42,80
20:00	30,40	29,80	30,60	30,00	31,00	30,36	49,80	29,40	29,80	28,90	30,60	29,68	51,00	29,00	29,60	29,50	32,00	30,03	45,20
20:30	30,20	29,60	30,50	29,90	31,00	30,24	50,90	29,30	29,60	28,80	30,60	29,58	52,20	29,00	29,40	29,40	31,80	29,90	46,90
21:00	30,00	29,40	30,20	29,80	30,90	30,06	51,90	29,20	29,40	28,70	30,60	29,48	53,60	28,90	29,20	29,30	31,50	29,73	48,60
21:30	29,80	29,20	30,00	29,70	30,80	29,90	52,60	29,10	29,20	28,60	30,60	29,38	54,50	28,80	28,90	29,10	31,20	29,50	49,70
22:00	29,50	29,00	29,70	29,60	30,70	29,70	53,30	29,00	28,90	28,50	30,60	29,25	55,10	28,80	28,60	29,00	30,90	29,33	51,00
22:30	29,40	28,90	29,50	29,50	30,60	29,58	53,60	28,90	28,70	28,40	30,40	29,10	55,20	28,70	28,40	28,80	30,60	29,13	52,10
23:00	29,10	28,70	29,30	29,30	30,50	29,38	53,70	28,80	28,50	28,40	30,40	29,03	54,90	28,60	28,20	28,70	30,20	28,93	52,60
23:30	28,80	28,40	28,90	29,10	30,30	29,10	53,90	28,70	28,30	28,30	30,30	28,90	55,00	28,50	27,90	28,50	29,90	28,70	53,40

APÊNDICE B

Este Apêndice contém as Tabelas B.1, B.2, B.3 e B.4, citadas no texto, se referem aos dados fornecidos pelo INMET para os dados externos. Todos os dados se referem aos dias 04, 10, 26 e 27 de novembro de 2015.

Tabela B.1 – Dados externos dia 04-11-15.

Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Ponto de orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m ²)
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	
00:00	21,70	21,40	21,10	78,00	74,50	71,00	17,10	16,70	16,30	952,00	951,80	951,60	2,5	127°	5,8	-3,54
01:00	21,10	20,85	20,60	81,00	79,50	78,00	17,20	17,10	17,00	952,10	951,90	951,70	2,2	136°	4,8	-3,54
02:00	20,60	24,45	20,30	84,00	82,50	81,00	17,60	17,30	17,00	951,80	951,60	951,40	1,7	148°	3,4	-3,52
03:00	20,40	20,20	20,00	85,00	84,50	84,00	17,70	17,55	17,40	951,50	951,10	950,70	1,0	187°	3,6	-3,54
04:00	20,80	20,20	19,60	87,00	86,00	85,00	18,30	17,70	17,10	950,70	950,40	950,10	1,8	136°	3,3	-3,39
05:00	20,90	20,85	20,80	85,00	85,00	85,00	18,30	18,25	18,20	950,10	949,80	949,50	2,2	137°	4,6	-3,00
06:00	21,10	20,95	20,80	86,00	85,00	84,00	18,40	18,25	18,10	949,80	949,60	949,40	3,1	137°	5,1	-2,14
07:00	20,80	20,60	20,40	87,00	86,50	86,00	18,40	18,15	17,90	950,20	950,00	949,80	2,3	160°	6,9	-2,76
08:00	20,40	20,30	20,20	86,00	86,00	86,00	17,90	17,80	17,70	950,50	950,35	950,20	2,5	173°	4,2	-0,42
09:00	21,10	20,60	20,10	86,00	84,00	82,00	18,10	17,90	17,70	951,00	950,75	950,50	2,4	158°	5,1	229,10
10:00	21,90	21,45	21,00	83,00	81,00	79,00	18,40	18,15	17,90	951,70	951,35	951,00	4,1	164°	7,5	502,60
11:00	25,10	23,35	21,60	80,00	70,50	61,00	18,10	17,45	16,80	952,20	951,95	951,70	5,6	142°	9,7	1910,00
12:00	27,10	25,65	24,20	64,00	58,00	52,00	17,60	16,75	15,90	952,50	952,30	952,10	5,3	155°	10,0	3154,00
13:00	27,50	26,65	25,80	55,00	51,50	48,00	16,90	16,00	15,10	952,30	952,15	952,00	5,2	167°	11,1	2962,00
14:00	29,30	27,95	26,60	54,00	47,50	41,00	16,80	15,50	14,20	952,10	951,75	951,40	3,9	156°	9,0	3154,00
15:00	30,30	29,05	27,80	46,00	41,50	37,00	15,80	14,60	13,40	951,50	951,05	950,60	4,9	132°	9,9	4319,00
16:00	30,60	29,80	29,00	39,00	37,50	36,00	14,20	13,60	13,00	950,60	950,05	949,50	4,2	149°	9,2	3772,00
17:00	31,30	30,25	29,20	37,00	35,00	33,00	13,60	12,75	11,90	949,50	949,25	949,00	5,1	150°	9,3	3515,00
18:00	31,00	29,90	28,80	40,00	36,50	33,00	14,50	13,40	12,30	949,00	948,75	948,50	5,2	158°	12,0	2433,00
19:00	30,00	29,25	28,50	44,00	40,50	37,00	15,20	14,40	13,60	949,00	948,80	948,60	5,5	140°	12,0	1335,00
20:00	28,50	27,35	26,20	55,00	49,50	44,00	16,40	15,70	15,00	949,70	949,35	949,00	4,6	144°	9,4	445,80
21:00	26,20	25,00	23,80	68,00	61,50	55,00	17,50	17,00	16,50	950,30	950,00	949,70	4,8	142°	9,3	17,19
22:00	23,80	23,20	22,60	73,00	70,50	68,00	17,50	17,45	17,40	951,00	950,65	950,30	4,1	140°	8,5	-3,54
23:00	22,6	22,20	21,8	79,00	76,00	73,00	18,10	17,80	17,50	951,50	951,20	950,90	3,3	154°	7,3	-3,54

Tabela B.2 – Dados externos dia 10-11-2015.

Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Ponto de orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m ²)
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	
00:00	22,50	22,20	21,90	79,00	78,50	78,00	18,40	18,30	18,20	953,20	952,90	952,60	3,7	111°	7,7	-2,25
01:00	22,00	21,80	21,60	81,00	80,00	79,00	18,30	18,20	18,10	953,20	953,15	953,10	3,3	121°	6,7	-3,12
02:00	21,90	21,80	21,70	80,00	79,50	79,00	18,20	18,15	18,10	953,10	952,85	952,60	3,1	134°	5,9	-3,16
03:00	21,90	21,70	21,50	81,00	80,00	79,00	18,10	17,95	17,80	952,60	952,20	951,80	2,9	140°	6,2	-2,87
04:00	21,60	21,55	21,50	81,00	80,50	80,00	18,20	18,10	18,00	951,90	951,55	951,20	2,6	146°	5,1	-3,04
05:00	21,60	21,55	21,50	81,00	80,50	80,00	18,20	18,10	18,00	951,20	950,95	950,70	2,2	143°	4,9	-1,82
06:00	21,60	21,45	21,30	80,00	79,50	79,00	18,10	17,90	17,70	950,70	950,55	950,40	2,4	136°	4,6	-3,13
07:00	21,30	21,15	21,00	80,00	79,50	79,00	17,60	17,45	17,30	950,70	950,50	950,30	1,7	146°	4,1	-3,24
08:00	21,40	20,80	20,20	86,00	82,50	79,00	17,80	17,65	17,50	951,40	951,05	950,70	2,8	134°	5,6	-0,14
09:00	20,20	20,05	19,90	92,00	89,00	86,00	18,80	18,30	17,80	951,90	951,65	951,40	1,5	176°	4,5	121,10
10:00	20,80	20,40	20,00	93,00	92,00	91,00	19,60	19,10	18,60	952,50	952,20	951,90	2,0	147°	3,5	462,80
11:00	21,70	21,15	20,60	93,00	92,00	91,00	20,30	19,80	19,30	953,00	952,75	952,50	3,4	131°	6,5	983,20
12:00	24,40	22,80	21,20	91,00	83,50	76,00	20,50	20,00	19,50	953,20	953,10	953,00	4,1	148°	7,5	2025,00
13:00	26,60	25,30	24,00	76,00	67,00	58,00	20,10	18,50	16,90	953,20	953,15	953,10	4,6	170°	8,6	3360,00
14:00	29,10	27,40	25,70	61,00	52,50	44,00	18,30	16,90	15,50	953,10	952,70	952,30	5,2	181°	9,1	4136,00
15:00	29,50	28,65	27,80	53,00	49,00	45,00	17,40	16,50	15,60	952,30	951,75	951,20	5,0	182°	9,1	4694,00
16:00	29,70	28,85	28,00	49,00	45,00	41,00	16,90	15,70	14,50	951,20	950,65	950,10	4,5	183°	10,0	4554,00
17:00	30,10	29,30	28,50	44,00	42,00	40,00	16,00	15,20	14,40	950,20	949,80	949,40	4,7	156°	10,4	3268,00
18:00	30,10	29,25	28,40	44,00	41,00	38,00	15,40	14,70	14,00	949,40	949,20	949,00	5,4	164°	9,9	2564,00
19:00	29,70	28,60	27,50	49,00	44,50	40,00	15,90	15,05	14,20	949,20	949,10	949,00	5,3	160°	10,3	1800,00
20:00	27,80	26,45	25,10	60,00	54,00	48,00	16,90	16,20	15,50	949,70	949,45	949,20	6,2	158°	11,0	630,10
21:00	25,20	24,40	23,60	65,00	62,50	60,00	16,90	16,60	16,30	950,30	950,00	949,70	5,5	172°	10,5	25,63
22:00	23,60	22,95	22,30	72,00	68,50	65,00	17,10	16,80	16,50	951,00	950,65	950,30	5,7	176°	11,5	-3,52
23:00	22,30	21,85	21,40	77,00	74,50	72,00	17,30	17,20	17,10	951,50	951,25	951,00	4,4	166°	9,7	-3,47

Tabela B.3 – Dados externos dia 26-11-2015.

Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Ponto de orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m ²)
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	
00:00	23,60	23,25	22,90	80,00	77,50	75,00	19,40	19,25	19,10	949,40	949,05	948,70	1,6	108°	9,7	-3,54
01:00	22,90	22,65	22,40	81,00	79,50	78,00	19,40	18,90	18,40	949,90	949,65	949,40	3,0	85°	6,0	-3,54
02:00	22,50	22,25	22,00	80,00	79,00	78,00	18,70	18,40	18,10	949,80	949,60	949,40	1,2	44°	6,0	-3,54
03:00	22,10	21,95	21,80	81,00	79,50	78,00	18,40	18,20	18,00	949,40	949,10	948,80	1,9	36°	3,8	-3,54
04:00	21,80	21,70	21,60	82,00	81,00	80,00	18,40	18,30	18,20	948,80	948,60	948,40	3,6	47°	6,1	-3,53
05:00	22,00	21,85	21,70	81,00	79,00	77,00	18,20	17,90	17,60	948,50	948,35	948,20	3,6	48°	7,4	-3,41
06:00	21,80	21,65	21,50	81,00	79,00	77,00	18,30	17,95	17,60	948,30	948,20	948,10	3,4	31°	6,8	-3,44
07:00	21,60	21,35	21,10	83,00	82,00	81,00	18,30	18,15	18,00	948,30	948,20	948,10	5,2	44°	7,2	-3,34
08:00	21,30	21,20	21,10	84,00	83,00	82,00	18,30	18,15	18,00	948,50	948,30	948,10	4,7	34°	7,3	-0,34
09:00	22,00	21,60	21,20	82,00	80,00	78,00	18,20	18,05	17,90	949,00	948,75	948,50	4,8	34°	8,0	239,50
10:00	24,40	23,20	22,00	78,00	72,00	66,00	18,40	17,85	17,30	949,30	949,15	949,00	6,3	33°	9,4	1611,00
11:00	26,10	25,10	24,10	67,00	62,50	58,00	17,90	17,35	16,80	949,80	949,50	949,20	5,8	31°	12,7	2720,00
12:00	28,00	26,75	25,50	59,00	55,50	52,00	17,50	17,15	16,80	949,80	949,70	949,60	5,7	27°	8,7	3391,00
13:00	30,50	28,70	26,90	55,00	48,00	41,00	17,40	16,30	15,20	949,60	949,40	949,20	5,9	33°	9,6	4138,00
14:00	33,40	31,45	29,50	43,00	37,50	32,00	16,00	14,80	13,60	949,30	948,85	948,40	5,6	41°	10,0	4498,00
15:00	34,30	32,95	31,60	36,00	32,50	29,00	14,90	14,05	13,20	948,40	947,90	947,40	6,3	54°	10,7	4435,00
16:00	35,50	34,30	33,10	31,00	26,00	21,00	14,10	11,95	9,80	947,40	946,95	946,50	5,2	83°	11,6	4106,00
17:00	35,60	34,70	33,80	25,00	23,50	22,00	11,80	10,90	10,00	946,50	946,00	945,50	2,9	90°	9,4	3594,00
18:00	35,90	34,85	33,80	26,00	24,50	23,00	12,40	11,60	10,80	945,50	945,25	945,00	5,8	75°	10,3	2717,00
19:00	34,90	34,20	33,50	29,00	27,00	25,00	12,90	12,15	11,40	945,10	945,05	945,00	5,9	77°	10,9	1650,00
20:00	33,90	32,35	30,80	40,00	34,00	28,00	15,90	14,50	13,10	945,60	945,35	945,10	7,1	79°	11,4	645,10
21:00	30,80	29,35	27,90	52,00	46,00	40,00	17,20	16,50	15,80	946,30	945,95	945,60	7,6	81°	13,3	38,74
22:00	28,00	26,95	25,90	61,00	56,50	52,00	17,90	17,55	17,20	947,00	946,65	946,30	6,0	85°	13,3	-3,53
23:00	25,90	25,30	24,70	67,00	64,00	61,00	18,30	18,10	17,90	948,00	947,50	947,00	0,6	237°	9,5	-3,54

Tabela B.4 – Dados externos dia 27-11-2015.

Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Ponto de orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m ²)
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	
00:00	24,70	24,20	23,70	71,00	69,00	67,00	18,40	18,10	17,80	948,70	948,35	948,00	3,7	68°	9,4	-3,54
01:00	23,70	23,30	22,90	73,00	71,50	70,00	18,20	17,85	17,50	949,00	948,80	948,60	1,7	44°	10,0	-3,54
02:00	22,90	22,55	22,20	79,00	76,00	73,00	18,40	18,10	17,80	949,30	949,15	949,00	4,3	60°	6,3	-3,54
03:00	22,30	22,05	21,80	81,00	79,50	78,00	18,40	18,30	18,20	949,20	948,85	948,50	3,2	59°	5,9	-3,54
04:00	21,90	21,80	21,70	82,00	81,50	81,00	18,50	18,40	18,30	948,50	948,35	948,20	4,7	60°	8,0	-3,54
05:00	22,10	21,95	21,80	81,00	80,50	80,00	18,60	18,50	18,40	948,20	948,05	947,90	5,2	43°	8,8	-3,52
06:00	22,10	22,00	21,90	82,00	81,50	81,00	18,70	18,60	18,50	948,10	948,00	947,90	4,0	40°	7,0	-3,12
07:00	21,90	21,65	21,40	83,00	82,00	81,00	18,50	18,30	18,10	948,20	948,10	948,00	3,4	48°	6,4	-3,53
08:00	21,70	21,60	21,50	83,00	82,50	82,00	18,70	18,55	18,40	948,20	948,15	948,10	4,2	43°	6,2	-0,31
09:00	22,60	22,05	21,50	84,00	81,00	78,00	18,90	18,75	18,60	948,60	948,40	948,20	5,2	41°	8,3	234,80
10:00	23,70	23,10	22,50	78,00	75,00	72,00	18,70	18,40	18,10	949,20	948,90	948,60	6,3	42°	9,3	827,30
11:00	27,50	25,60	23,70	72,00	64,00	56,00	18,80	18,10	17,40	949,50	949,35	949,20	6,0	30°	10,4	2133,00
12:00	29,00	27,60	26,20	57,00	52,00	47,00	17,50	16,80	16,10	949,60	949,45	949,30	5,4	42°	11,5	3441,00
13:00	31,00	29,65	28,30	49,00	44,00	39,00	16,80	15,95	15,10	949,60	949,40	949,20	5,1	41°	11,1	4049,00
14:00	32,60	31,10	29,60	43,00	37,00	31,00	16,10	14,80	13,50	949,30	949,00	948,70	5,5	80°	9,5	4471,00
15:00	33,70	32,35	31,00	33,00	30,50	28,00	14,00	12,90	11,80	948,80	948,30	947,80	5,2	76°	10,0	4519,00
16:00	34,50	33,40	32,30	32,00	29,00	26,00	13,80	12,80	11,80	947,80	947,35	946,90	5,2	79°	10,3	4167,00
17:00	34,80	33,75	32,70	30,00	27,00	24,00	13,20	12,00	10,80	946,90	946,50	946,10	4,3	116°	8,8	3595,00
18:00	35,00	34,00	33,00	27,00	26,00	25,00	12,50	11,80	11,10	946,20	945,95	945,70	3,2	111°	8,7	2836,00
19:00	34,00	33,45	32,90	28,00	27,50	27,00	12,60	12,10	11,60	945,70	945,45	945,20	3,4	72°	9,2	1803,00
20:00	33,50	31,80	30,10	40,00	33,50	27,00	15,10	13,50	11,90	945,70	945,45	945,20	8,1	80°	11,9	681,90
21:00	30,10	28,80	27,50	50,00	45,00	40,00	16,20	15,65	15,10	946,50	946,10	945,70	6,8	88°	11,2	42,93
22:00	27,50	26,65	25,80	57,00	53,00	49,00	16,80	16,20	15,60	947,30	946,90	946,50	5,9	81°	11,2	-3,54
23:00	25,80	25,05	24,30	69,00	63,00	57,00	18,30	17,55	16,80	948,00	947,60	947,20	3,7	61°	10,9	-3,54