CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
CLÉO DE ARAÚJO MOURA

**ANÁLISE TÉRMICA DE COBERTURAS VERDES
APLICADAS EM CONTÊINERES**

São Bernardo do Campo

2019

CLÉO DE ARAÚJO MOURA

**ANÁLISE TÉRMICA DE COBERTURAS VERDES
APLICADAS EM CONTÊINERES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro
Universitário FEI para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Mecânica. Orientado
pelo Prof. Dr. Cyro Albuquerque Neto.

São Bernardo do Campo

2019

Moura, Cléo de Araújo.
Análise térmica de coberturas verdes aplicadas em contêineres / Cléo de Araújo Moura. São Bernardo do Campo, 2019.
190 f. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. Cyro Albuquerque Neto.

1. Telhado verde. 2. Contêiner. 3. Desempenho térmico. 4. Solução sustentável. I. Albuquerque Neto, Cyro, orient. II. Título.

Aluno: Cléo de Araújo Moura

Matrícula: 216306-1

Título do Trabalho: Análise térmica de coberturas verdes aplicadas em contêineres.

Área de Concentração: Sistemas Mecânico

Orientador: Prof. Dr. Cyro Albuquerque Neto

Data da realização da defesa: 21/02/2019

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, / / .

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cyro Albuquerque Neto

Ass.: _____

Prof. Dr. Ailton Pinto Alves Filho

Ass.: _____

Prof. Dr. Antonio Luis de Campos Mariani

Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒

REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

**APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE
FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA
EXAMINADORA**

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

Dedico este trabalho à minha amada esposa
Elizabeth e aos nossos preciosos filhos Felipe e
Manuela, família maravilhosa que tanto amo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas forças concedidas que permitiram concluir este árduo trabalho.

A minha esposa Elizabete Vasconcelos Moura e aos nossos filhos Felipe e Manuela, pelo verdadeiro sacrifício coletivo despendido durante todo o período de dedicação.

A minha irmã Clésia de Araújo Moura, por todo apoio e suporte ofertado.

Aos meus pais Pedro Borges de Moura e Teresa Barbosa de Araújo Moura, pelo incentivo desde sempre.

Ao querido Prof. Dr. Cyro Albuquerque Neto, por ter sido muito mais do que orientador neste período. Esta pesquisa não teria sido concluída sem a fundamental dedicação do mesmo e por isso registro minha eterna gratidão.

Ao estimado Prof. Me. Carlos Donizetti de Oliveira, meu orientador de graduação, pelo incentivo antes de iniciar esta jornada.

Ao Prof. Dr. Ailton Pinto Alves Filho, por acreditar no potencial do tema e liderar o grupo de pesquisa com foco em infraestrutura verde.

A todos os alunos de iniciação científica do grupo de pesquisa, em especial a minha querida companheira de trabalho Bianca Botelho de Freitas, pelo empenho nos trabalhos realizados.

Ao Centro Universitário FEI, Fundação Educacional Pe. Saboia de Medeiros, que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os colegas de trabalho da escola Senai Oscar Rodrigues Alves, pelo apoio concedido.

Aos meus alunos por me mostrarem que tenho muito a aprender e que necessito melhorar como pessoa e educador a cada dia.

“Todo o problema do mundo é que os estúpidos estão cheios de certezas, e as pessoas mais inteligentes estão cheias de dúvidas. ”

Bertrand Russell

RESUMO

Com o crescimento populacional global, problemas de ordem ambiental têm ganhado importância. Por conta da falta de moradia nos grandes centros urbanos, inúmeros conjuntos habitacionais são erguidos, como consequência, áreas verdes têm deixado de fazer parte da paisagem nas cidades, acarretando em altos índices de poluição, enchentes e desconforto térmico para as pessoas. Neste cenário, o uso de telhados e paredes verdes nas edificações tem se destacado como uma solução sustentável. Em relação aos problemas de habitação, uma solução que tem repercutido nos últimos anos refere-se ao emprego de contêineres marítimos como alternativa sustentável na construção civil. Surge então a proposta de unificar essas duas soluções, aplicando revestimentos verdes em edificações construídas a partir do reaproveitamento de contêineres. Seguindo esta tendência, a comunidade científica tem estudado o desempenho térmico de telhados verdes ao redor do mundo, porém, aplicados a outros tipos de edificações. Com o objetivo de analisar o desempenho energético dos componentes de telhados verdes, o presente trabalho avaliou a influência da espessura do substrato de coberturas vegetadas aplicadas em contêineres, a partir da instrumentação de módulos experimentais desenvolvidos para a pesquisa. Foram monitoradas temperaturas do ar interno e externo, entre camadas, além de umidade do solo e níveis de radiação solar a partir de estação meteorológica automática próxima a região, com armazenamento de dados no próprio local utilizando placas eletrônicas produzidas exclusivamente para este trabalho. Concluiu-se que, em dias quentes, existe influência significativa da espessura do substrato em relação aos fluxos de calor através da cobertura verde, impactando nas temperaturas da superfície do teto e do ar interno. Verificou-se que entre as configurações avaliadas, pode haver uma diferença de até 29% nas variações de temperatura do ar interno, podendo ajudar a minimizar os ganhos de carga térmica para a edificação. O estudo também revelou comportamento térmico particular em relação aos gradientes de temperatura da cobertura diante de pesquisas efetuadas com edificações convencionais.

Palavras-chave: Telhado verde. Contêiner. Desempenho térmico. Solução sustentável.

ABSTRACT

With global population growth, environmental problems have gained importance. Due to lack of housing in large urban centers, numerous housing estates are erected, as a consequence, green areas have ceased to be part of the landscape in the cities, resulting in high rates of pollution, floods and thermal discomfort for people. In this scenario, the use of roofs and green walls in buildings have stood out as a sustainable solution. Regarding housing problems, a solution that has had repercussions in recent years refers to the use of maritime containers as a sustainable alternative in construction. The proposal to unify these two solutions emerges, using green coatings in buildings built from the reuse of containers. Following this trend, the scientific community has studied the thermal performance of green roofs around the world, however, applied to other types of buildings. In order to analyze the energy performance of the green roof components, the present work evaluated the influence of the substrate thickness of vegetation cover applied in containers, from the instrumentation of experimental modules developed for the research. Indoor and outdoor air temperatures, between layers and soil moisture were monitored with data storage at the site using electronic boards produced exclusively for this work and solar radiation levels were monitored from an automatic meteorological station near the region. It was concluded that, on hot days, there is a significant influence of the substrate thickness in relation to the heat fluxes through the green cover, impacting on the surface temperatures of the ceiling and the internal air. It was verified that between the evaluated configurations, there can be a difference of up to 29% in the variations of the internal air temperature and this can help minimize the thermal load gains for the building. The study also revealed particular thermal behavior in relation to the temperature gradients of the cover compared to researches done with conventional buildings.

Keywords: Green roof. Container. Thermal performance. Sustainable solution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa mental da estrutura da dissertação	19
Figura 2 - Sod house, edificação <i>Viking</i>	21
Figura 3 - Zigurate, antigo templo mesopotâmico	21
Figura 4 - Jardins Suspensos da Babilônia	22
Figura 5 - Vila dos Mistérios, Pompéia – Itália	23
Figura 6 - Casas escandinavas com telhado verde	23
Figura 7 - Telhado verde extensivo na Fábrica da Ford em Dearborn, MI, EUA	27
Figura 8 - Telhado verde intensivo no Millenium Park, em Chicago, EUA	28
Figura 9 - Representação esquemática de cobertura verde	30
Figura 10 - Condomínio de contêineres na Holanda	35
Figura 11 - Primeira casa contêiner brasileira (detalhamento com telhado verde)	38
Figura 12 - Residência com contêiner e telhado verde no Texas, EUA	38
Figura 13 - Cobertura verde com localização dos sensores de temperatura	41
Figura 14 - Diferenças de Temperatura Reais vs Modelo	43
Figura 15 - Balanço de energia em uma cobertura vegetada	44
Figura 16 - Parâmetros de comparação entre coberturas convencionais e verdes	47
Figura 17 - Distribuição das diferentes coberturas na residência experimental	52
Figura 18 - Distribuição dos sensores na cobertura verde	53
Figura 19 - Comparação dos fluxos de calor entre cobertura convencional e verde	54
Figura 20 - Distribuição da instrumentação para cobertura	55
Figura 21 - Fluxos de calor antes e após instalação de cobertura verde	56
Figura 22 - Localização dos sensores nas coberturas sedimentar e herbácea	57
Figura 23 - Comportamento térmico com e sem vegetação	59
Figura 24 - Localização geográfica da cidade de São Bernardo do Campo	61
Figura 25 - Localização do aparato experimental no campus da FEI	61
Figura 26 - Vista dos módulos experimentais da pista de testes do Campus FEI	62
Figura 27 - Localização dos módulos experimentais no terreno	63
Figura 28 - Detalhes do posicionamento dos módulos experimentais	63
Figura 29 - Detalhes construtivos e cotas principais das câmaras	64
Figura 30 - Detalhes dimensionais e de montagem do isolamento térmico	65
Figura 31 - Detalhes dimensionais e de montagem das laterais de contenção	66

Figura 32 - Detalhes em corte das camadas das coberturas verdes	67
Figura 33 - Montagem da camada impermeabilizante e detalhe da passagem para drenagem	68
Figura 34 - Montagem da camada de drenagem sobre a manta de polietileno	68
Figura 35 - Montagem da camada de filtragem sobre a argila expandida	69
Figura 36 - Montagem da camada de substrato sobre a manta geotêxtil	70
Figura 37 - Montagem da camada de vegetação sobre o substrato	70
Figura 38 - Distribuição dos sensores por módulo experimental	72
Figura 39 - Termistor tipo NTC para todas as medições de temperatura	73
Figura 40 - Reservatório para medição de TBU em conjunto com o termistor	73
Figura 41 - Medição de TBU do ar externo com a respectiva cobertura refletiva	74
Figura 42 - Sensor de umidade do solo para verificar as condições do substrato	74
Figura 43 - Conjunto de alimentação das placas eletrônicas com célula fotovoltaica, controlador e bateria 12 V	75
Figura 44 - Identificação dos componentes do conjunto de aquisição de dados	75
Figura 45 - Estação meteorológica automática da CETESB e sua localização	76
Figura 46 - Montagem das laterais de contenção	78
Figura 47 - Fixação das placas de EPS no interior das câmaras	78
Figura 48 - Montagem das camadas impermeabilizante e drenagem	79
Figura 49 - Instalação da manta geotêxtil para camada de filtragem	79
Figura 50 - Adição de terra vegetal para camada de substrato	80
Figura 51 - Instalação da camada de vegetação em placas de 40 cm X 60 cm	80
Figura 52 - Instalação da instrumentação sobre a camada de vegetação e ar externo	81
Figura 53 - Instrumentação instalada sobre a laje do módulo 5	81
Figura 54 - Conjunto de 3 sensores com etiquetas de identificação nos respectivos cabos	82
Figura 55 - Nomenclatura e distribuição dos sensores nos módulos experimentais	83
Figura 56 - Posicionamento dos sensores no conjunto de aquisição de dados	85
Figura 57 - Procedimentos para coleta dos dados de resistência elétrica do termômetro de referência e dos termistores	87
Figura 58 - Representação esquemática do divisor de tensões com resistências adicionais e dados de fábrica dos termistores	88
Figura 59 - Curvas de temperatura e umidade relativa do ar externo	97

Figura 60 - Curvas de incidência de radiação solar global	98
Figura 61 - Curvas de desempenho do módulo 1 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	99
Figura 62 - Curvas de desempenho do módulo 2 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	100
Figura 63 - Curvas de desempenho do módulo 3 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	101
Figura 64 - Curvas de desempenho do módulo 4 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	102
Figura 65 - Curvas de desempenho do módulo 5 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	103
Figura 66 - Comparação entre as curvas de temperatura do ar interno para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	105
Figura 67 - Comparação entre as curvas de temperatura da laje para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	107
Figura 68 - Comparação entre as curvas de temperatura da superfície inferior do substrato para os protótipos com cobertura verde em 29/11 e 30/11.....	109
Figura 69 - Comparação entre as curvas de temperatura da vegetação para os protótipos com cobertura verde em 29/11 e 30/11.....	111
Figura 70 - Comparação entre as curvas de temperatura do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	113
Figura 71 - Comparação entre as curvas de umidade do solo para os protótipos com cobertura verde em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	115
Figura 72 - Comparação entre as curvas de entalpia específica do ar interno para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	117
Figura 73 - Comparação entre as curvas de umidade relativa do ar interno para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	119
Figura 74 - Comparação entre as curvas de entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)....	121
Figura 75 - Comparação entre as curvas de umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo).....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características individuais das coberturas dos protótipos.....	60
Tabela 2 – Composição das camadas das coberturas verdes.....	67
Tabela 3 – Quantidades aproximadas de substrato.....	69
Tabela 4 – Propriedades físicas dos materiais empregados nos protótipos.....	71
Tabela 5 – Lista de componentes empregados nos módulos experimentais.....	77
Tabela 6 – Visualização geral dos sensores por módulo experimental.....	84
Tabela 7 – Características técnicas e dados de calibração dos instrumentos utilizados.....	86
Tabela 8 – Valores ajustados do coeficiente a (β) e da constante b ($-\ln r$) dos termistores.....	90
Tabela 9 – Dados climáticos representativos para os dois dias de medição.....	98
Tabela 10 – Dados representativos por camada para o módulo 1.....	100
Tabela 11 – Dados representativos por camada para o módulo 2.....	101
Tabela 12 – Dados representativos por camada para o módulo 3.....	102
Tabela 13 – Dados representativos por camada para o módulo 4.....	103
Tabela 14 – Dados representativos por camada para o módulo 5.....	104
Tabela 15 – Dados representativos de temperatura do ar interno e variação máxima diária por módulo experimental [$^{\circ}\text{C}$].....	106
Tabela 16 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas do ar interno entre módulos experimentais [$^{\circ}\text{C}$].....	106
Tabela 17 – Dados representativos de temperatura da laje e variação máxima diária por módulo experimental [$^{\circ}\text{C}$].....	108
Tabela 18 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas da laje entre módulos experimentais [$^{\circ}\text{C}$]	108
Tabela 19 – Dados representativos de temperatura da superfície inferior do substrato e variação máxima diária por módulo experimental [$^{\circ}\text{C}$].....	110
Tabela 20 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas da superfície inferior do substrato entre módulos experimentais [$^{\circ}\text{C}$]	110
Tabela 21 – Dados representativos de temperatura da vegetação e variação máxima diária por módulo experimental [$^{\circ}\text{C}$].....	112
Tabela 22 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas da vegetação	

entre módulos experimentais [°C].....	112
Tabela 23 – Dados representativos de temperatura do ar externo 10 cm acima do topo e variação máxima diária por módulo experimental [°C].....	114
Tabela 24 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas do ar externo 10 cm acima do topo entre módulos experimentais [°C]	114
Tabela 25 – Dados representativos de umidade do solo e variação máxima diária por módulo experimental [%].....	116
Tabela 26 – Diferenças das mínimas, médias e máximas umidades do solo entre módulos experimentais [%].....	116
Tabela 27 – Dados representativos de entalpia específica do ar interno e variação máxima diária por módulo experimental [kJ/kg]	118
Tabela 28 – Diferenças das mínimas, médias e máximas entalpias específicas do ar interno entre módulos experimentais [kJ/kg].....	118
Tabela 29 – Dados representativos da umidade relativa do ar interno e variação máxima diária por módulo experimental [%].....	120
Tabela 30 – Diferenças da mínima, média e máxima umidade relativa do ar interno entre módulos experimentais [%].....	120
Tabela 31 – Dados representativos de entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo e variação máxima diária por módulo experimental [kJ/kg].....	122
Tabela 32 – Diferenças das mínima, média e máxima entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo entre módulos experimentais [kJ/kg].....	122
Tabela 33 – Dados representativos de umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo e variação máxima diária por módulo experimental.....	124
Tabela 34 – Diferenças das mínima, média e máxima umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo entre módulos experimentais.....	124

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO	18
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	19
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	TELHADO VERDE: HISTÓRIA E DEFINIÇÕES	20
2.1.1	Padronização e Regulamentações	24
2.1.2	Empresas brasileiras	26
2.1.3	Configurações	26
<i>2.1.3.1</i>	<i>Coberturas Extensivas</i>	27
<i>2.1.3.2</i>	<i>Coberturas Intensivas</i>	28
<i>2.1.3.3</i>	<i>Coberturas Semi-Intenivas</i>	28
2.1.4	Estrutura (camadas)	29
<i>2.1.4.1</i>	<i>Estrutura, impermeabilização e contenção de raízes</i>	30
<i>2.1.4.2</i>	<i>Drenagem</i>	31
<i>2.1.4.3</i>	<i>Filtragem</i>	31
<i>2.1.4.4</i>	<i>Substrato</i>	32
<i>2.1.4.5</i>	<i>Vegetação</i>	32
2.1.5	Manutenção	33
2.2	USO DE CONTÊINERES NA CONSTRUÇÃO CIVIL	34
2.2.1	Contêineres	34
2.2.2	Empresas	35
2.2.3	Adaptações necessárias (tratamentos) / Projetos	36
2.2.4	Solução habitacional sustentável	37
2.3	TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COBERTURAS	39
2.3.1	Transferência de calor em coberturas convencionais	39
2.3.2	Transferência de calor em coberturas verdes	40
<i>2.3.2.1</i>	<i>Modelos Analíticos</i>	40
<i>2.3.2.2</i>	<i>Modelos com transferência de massa</i>	43
2.4	ANÁLISES TÉRMICAS DE COBERTURAS VEGETADAS	50
3	METODOLOGIA – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	60
3.1	LOCALIZAÇÃO	60
3.2	OS MÓDULOS EXPERIMENTAIS	63

3.2.1	Contêineres.....	64
3.2.2	Isolamento térmico	65
3.2.3	Laterais de contenção	66
3.2.4	Cobertura verde.....	67
3.2.5	Propriedades físicas dos materiais	70
3.2.6	Instrumentação	71
3.2.7	Lista de Quantitativos	76
3.2.8	Registro fotográfico da sequência de montagem	77
3.3	PLANEJAMENTO DOS TESTES	82
3.3.1	Identificação dos sensores	82
3.3.2	Coleta e armazenamento dos dados experimentais	84
3.3.3	Procedimentos de calibração dos termistores	85
3.3.3.1	<i>Levantamento dos dados de calibração</i>	86
3.3.3.2	<i>Ajuste dos coeficientes do termistor</i>	87
3.3.3.3	<i>Análise de incertezas</i>	90
3.3.4	Estimativa de propriedades psicrométricas	92
4	RESULTADOS	96
4.1	DADOS CLIMÁTICOS	96
4.2	DESEMPENHO DOS MÓDULOS EXPERIMENTAIS	98
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULOS EXPERIMENTAIS	104
5	DISCUSSÃO	125
5.1	DESEMPENHO GERAL DOS MÓDULOS EXPERIMENTAIS	125
5.1.1	Desempenho geral diurno	126
5.1.2	Desempenho geral noturno	127
5.2	COMPORTAMENTO DAS CAMADAS DAS COBERTURAS	128
5.2.1	Comparações entre desempenhos das lajes.....	128
5.2.2	Comparações entre desempenhos das camadas de substrato.....	130
5.2.3	Comparações entre desempenhos das camadas de vegetação	131
5.3	COMPORTAMENTO DO AR INTERNO	132
5.3.1	Desempenho diurno.....	133
5.3.2	Desempenho noturno.....	134
5.4	COMPORTAMENTO DO AR EXTERNO.....	135
5.4.1	Desempenho diurno.....	136
5.4.2	Desempenho noturno.....	136

6	CONCLUSÕES.....	137
6.1	SOBRE O DESEMPENHO GERAL DAS COBERTURAS.....	137
6.2	SOBRE O COMPORTAMENTO DAS CAMADAS E DO AR INTERNO E EXTERNO... ..	138
6.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	138
	REFERÊNCIAS	140
	APÊNDICE A – TABELA DE CALIBRAÇÃO DOS TERMISTORES	146
	APÊNDICE B – TABELA DE REGRESSÃO LINEAR PARA AJUSTE DOS COEFICIENTES DOS TERMISTORES	149
	APÊNDICE C – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 1.....	152
	APÊNDICE D – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 2.....	158
	APÊNDICE E – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 3.....	164
	APÊNDICE F – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 4.....	170
	APÊNDICE G – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 5.....	176
	APÊNDICE H – PROJETO DA PLACA ELETRÔNICA PARA COLETA DE DADOS.....	182
	APÊNDICE I – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO	184

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da população mundial, a questão habitacional passa a ser um grande desafio urbano ao redor do mundo. Áreas verdes, essenciais para o homem, deixam de fazer parte da paisagem do cotidiano para dar lugar às cidades e suas construções, implicando em diversos outros problemas que impedem o investimento na própria infraestrutura verde, tornando-se um cíclico evento paradoxal.

Com o intuito de amenizar os efeitos do crescimento desorganizado das comunidades, algumas soluções sustentáveis que surgiram ao longo dos anos podem ser aproveitadas, como o reaproveitamento de contêineres - utilizados no transporte marítimo - para construção civil e a utilização de telhados e paredes verdes como alternativa para favorecer o conforto térmico e acústico das edificações.

Segundo pesquisas e aplicações recentes, a utilização de contêineres na construção civil é uma alternativa que gera uma gama de impactos positivos, como por exemplo, solução para a destinação de um artefato obsoleto que ocupa espaço na natureza, minimização considerável dos resíduos provenientes da alvenaria convencional, redução em cerca de 25% nos custos durante a obra, entre outras vantagens.

Telhados e paredes verdes vêm ganhando espaço na arquitetura urbana e uma série de benefícios pode ser apontada, como obtenção de zonas térmicas (internas e externas) mais agradáveis e consequente redução das contas de energia com sistemas de climatização, retenção de águas pluviais - reduzindo a possibilidade de enchentes no entorno -, melhora na qualidade do ar, redução do efeito das ilhas de calor presentes em áreas com baixa densidade vegetativa, maior interação do homem com a flora e a fauna locais, entre outras.

Conhecendo-se os aspectos positivos das soluções apontadas acima, surge a proposta de unificá-las, vinculando o emprego de revestimentos verdes em edificações construídas a partir do reaproveitamento de contêineres. Seguindo esta mesma ideia, com foco sustentável e social, estabeleceu-se um grupo de pesquisas liderado pelo professor Dr. Ailton Pinto Alves Filho, com base em seu projeto para estabelecer o potencial de arrefecimento climático de telhados verdes em bairros populares do Estado de São Paulo (ALVES FILHO, 2018). Vários trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos neste sentido, dentre eles:

- Estudo de um modelo de bloco de concreto exclusivo para implementação de paredes verdes (MENDES, 2017);
- Estudo experimental comparando o desempenho térmico de diversos materiais isolantes, paredes e telhados verdes utilizando-se de protótipos em escala reduzida (HIRABAHASI, 2017);
- Emprego de telhados verdes como tecnologia social, inclusive com possibilidade de geração de renda (MURGIA, 2018);
- Desenvolvimento de um sistema de sensoriamento remoto das variáveis térmicas e hídricas de coberturas verdes utilizando tecnologias de IoT (internet das coisas) (SILVA, 2018);
- Análise térmica em contêineres com coberturas verdes – em parceria com o presente trabalho (FREITAS, 2018).

Na comunidade científica, vários experimentos com telhados verdes têm sido realizados nos últimos anos, em edificações existentes ou experimentais, comparativos entre coberturas vegetadas e convencionais, modelagens matemáticas com o intuito de simular o desempenho energético, entre outros. Seguindo esta tendência, é perceptível a necessidade de detalhar o comportamento térmico dos componentes das coberturas vegetadas, a fim de avaliar a contribuição de cada elemento frente à transferência de calor. Eksi et al. (2017), em seu trabalho, verificaram comportamentos térmicos distintos quando compararam dois tipos de coberturas verdes, cujas configurações se diferenciavam pela espessura dos substratos (camada de terra onde se desenvolvem as plantas) e a vegetação empregada em cada um, porém, sendo inconclusivos em relação à parcela de contribuição de cada camada (substrato ou vegetação).

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a influência da espessura do substrato de telhados verdes aplicados a contêineres marítimos (reaproveitados) utilizados como habitação, considerando-se os seguintes aspectos:

- Ganhos e perdas de calor através da cobertura vegetada;
- Comportamento térmico das camadas que compõem as coberturas vegetadas;
- Comportamento térmico do ar no interior da edificação;
- Comportamento térmico do ar externo acima (~ 100 mm) do topo das coberturas.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No presente trabalho são apresentados, além deste, outros quatro capítulos (Figura 1), sendo eles:

- Revisão da Literatura, mencionando os aspectos históricos e construtivos de telhados verdes e contêineres aplicados à construção civil, e discussões sobre análises térmicas propostas na literatura científica aplicadas em telhados convencionais e verdes.
- Metodologia, onde há a descrição dos procedimentos experimentais, detalhando a montagem dos protótipos, materiais utilizados e planejamento experimental.
- Resultados e Discussão, apresentando o tratamento de todos os dados coletados experimentalmente e suas implicações quanto ao desempenho térmico das coberturas.
- Conclusão, sintetizando as análises realizadas frente aos resultados apresentados e sugerindo novas propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Figura 1 - Mapa mental da estrutura da dissertação

Fonte: Autor

2 REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo deste capítulo é promover entendimento sobre a utilização de telhados verdes, abordando contexto histórico, configurações, particularidades, aplicações e vantagens. Apresenta discussões acerca das últimas publicações científicas relacionadas ao desempenho térmico através desses telhados, elucidando os fenômenos físicos da transferência de calor e massa.

Discute também a utilização de contêineres como alternativa de ocupação humana, seja para uso residencial ou comercial, demonstrando características principais, adaptações necessárias e a interação com a cobertura verde.

2.1 TELHADO VERDE: HISTÓRIA E DEFINIÇÕES

É considerado telhado verde qualquer cobertura de uma edificação que possuir sobre sua superfície o cultivo de vegetação, sendo necessária aplicação de algumas camadas sobrepostas para possibilitar o desenvolvimento saudável das plantas. As camadas para construção da cobertura verde incluem: estrutura da cobertura (com ou sem isolamento térmico), membrana de impermeabilização, camada de drenagem, camada de filtragem e contenção de raízes, substrato para possibilitar o estabelecimento da vegetação e as plantas. A espessura, assim como o tipo de vegetação cultivada, classifica a cobertura verde como intensiva, semi-intensiva ou extensiva, cujos detalhamentos serão tratados adiante.

Os objetivos desta técnica são inúmeros, como obtenção de zonas térmicas (internas e externas) mais agradáveis, retenção de águas pluviais – consequentemente reduzindo a possibilidade de enchentes no entorno –, melhora na qualidade do ar local, redução do efeito das ilhas de calor presentes em áreas com baixa densidade vegetativa, possibilidade de exploração da agricultura urbana, oportunidade para disseminação da fauna e flora nativas, entre outros.

Embora seja um tema com grandes oportunidades de discussão atual, são encontradas na história evidências da utilização de coberturas verdes por civilizações muito antigas. Ainda na pré-história, pode ser observada a construção dos chamados “*Sod Houses*” (Figura 2) - espécie de edificação construída a partir de matéria-prima rudimentar – cuja cobertura (extensiva) era confeccionada com madeira, peles de animais embebidas de gordura para auxiliar a impermeabilização e turfa (uma espécie de musgo proveniente da decomposição de

plantas). Os *Sod Houses* têm sua origem desconhecida, mas foram possivelmente desenvolvidos no período mesolítico, entre 10.000 e 5.000 a.C. (ROCHA; SCARDIA, 2016).

Figura 2 - Sod house, edificação Viking

Fonte: Vikings, 2017

Em registros históricos datados de 4000 a 600 a.C, constata-se o emprego de coberturas verdes intensivas em grandes construções urbanas nos denominados Zigurates, que eram templos em forma de pirâmides terraplanadas onde em cada platô cultivava-se árvores e arbustos com o objetivo de amenizar o calor (Figura 3).

Figura 3 - Zigurate, antigo templo mesopotâmico

Fonte: Zigurate, 2017

Considerados como uma das sete maravilhas do mundo, os Jardins Suspensos da Babilônia representam uma das mais antigas e famosas construções que empregaram as coberturas verdes com conceito intensivo, sendo erguido por volta do século VI a.C. pelo rei Nabucodonosor II durante seu reinado na Mesopotâmia (Figura 4).

Figura 4 - Jardins Suspensos da Babilônia

Fonte: Silva, 2017

É possível verificar várias citações do uso de telhados verdes no decorrer dos séculos em culturas distintas, como na Roma Antiga com o cultivo de espécies sobre paredes e telhados ao longo da costa mediterrânea, no Castelo de Santo Ângelo possuindo um jardim suspenso e em Pompeia - Itália, na Vila dos Mistérios, onde construções luxuosas foram erguidas na século II a.C., sendo posteriormente destruída pelas cinzas do vulcão Vesúvio no século I (Figura 5). Por volta do século II os esquimós também construíam suas casas com estrutura parcialmente subterrânea e utilizavam madeira ou ossos de baleia com turfa para a cobertura. São encontradas referências históricas também da utilização de coberturas verdes pelos *Vikings*, que cobriam as paredes e telhados de suas casas com relva para proteger de ventos e chuva (MAGILL et al., 2011).

Figura 5 - Vila dos Mistérios, Pompéia - Itália

Fonte: Pompéia, 2017

Durante o Renascimento, telhados verdes com inclinação eram comuns em Genova, Itália. Jardins verticais e suspensos também eram comuns no México pré-colombiano, na Índia e Espanha no século XVI, sendo também utilizados nas fortalezas militares da Rússia no século XVII. Na França do século XVIII, os jardins verticais começaram a ser utilizados com intuito estético, dando origem a grandes nomes da arquitetura contemporânea, entre eles, Le Corbusier e Frank Lloyd Wright que empregaram o conceito de jardins verticais e suspensos em construções na França e EUA no início do século XX. Com a técnica uma vez inserida como conceito arquitetônico, os telhados verdes se disseminaram pela Alemanha, Suíça, Áustria e Escandinávia (Figura 6), principalmente devido a preocupações de cunho ambiental diante do declínio dos espaços verdes nas grandes cidades (PECK et al., 1999).

Figura 6 - Casas escandinavas com telhado verde

Fonte: Esandinavia, 2017

Entre as décadas de 1960 e 1970, devido ao crescimento no uso das coberturas verdes em países europeus - como Suíça e Alemanha - iniciaram-se estudos e pesquisas que propiciaram o desenvolvimento tecnológico de vários componentes dos telhados verdes, visando contenção de raízes, impermeabilização, drenagem, diminuição de cargas, entre outros (PECK et al., 1999).

Na década de 1980, o mercado de telhados verdes na Alemanha expandiu-se rapidamente com um crescimento médio anual de 15 a 20%, chegando no início da década de 1990 a possuir 1 milhão de metros quadrados de telhados vegetados (PECK et al., 1999). Isso deve-se a grandes incentivos que o país aplicou às coberturas como forma de controle das águas pluviais e obtenção de melhores índices energéticos. Em 2015, os alemães instalaram mais de 8 milhões de metros quadrados de telhados verdes, o que vem incentivando outros países europeus como Áustria, Escandinávia, Hungria, Reino Unido e Suíça que juntos atingem a marca de 3,3 milhões de metros quadrados por ano, representando faturamento de 128,4 milhões de Euros apenas em 2015. Na América, os números ainda se mostram pequenos, onde o maior país que instala telhados verdes é o Canadá, com aproximadamente 300 mil metros quadrados por ano, seguido dos EUA com 200 mil metros quadrados por ano. No Brasil, há projeções que indicam números próximos aos norte-americanos, no entanto, aparentemente positivo, a demanda por telhados verdes representa apenas 0,1% do mercado de coberturas (ROCHA, 2017).

2.1.1 Padronização e Regulamentações

O mercado de telhados verdes vem crescendo de maneira bastante expressiva nos últimos anos. Isso deve-se ao desenvolvimento da tecnologia e a busca por saídas cada vez mais sustentáveis, que unem a otimização do consumo de energia ao emprego das chamadas “soluções verdes”, isso não só em âmbito industrial e comercial, mas também num contexto residencial, onde a consciência por preservação dos recursos naturais tem se tornado prioridade para muitas pessoas.

O Brasil ainda está longe de países que fazem uso expressivo desta cobertura alternativa – como por exemplo a Alemanha – contudo, há iniciativas isoladas que buscam incentivar o seu emprego. Conforme artigo 1º da Lei Municipal 18.112/15 da cidade de Recife (PE), “*Os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400 m² de área coberta deverão prever a implantação de "Telhado*

Verde" para sua aprovação (...)". Há também o projeto de lei número 1703 de 2011 do Deputado Jorge Tadeu Mudalen (DEM/SP) que conforme seu artigo 1º, decreta: *“Os projetos de condomínios verticais, com mais de 3 (três) unidades agrupadas verticalmente, deverão prever a construção do chamado “Telhado verde”.* ”

Enquanto não há grandes avanços no Brasil relacionados a incentivos fiscais e financeiros para o emprego massivo da tecnologia, telhados verdes vêm sendo instalados por várias empresas que, muitas vezes, não possuem certificação e padronização em seus procedimentos, deixando evidente a necessidade de criação de normas técnicas e consequente adequação da mão-de-obra existente.

Por outro lado, em 2005 a ASTM (*Association of Standard and Testing Materials*) produziu documentos que descrevem algumas características de telhados verdes – para regiões norte-americanas – e auxiliam à sua aplicação, como determinação de cargas estruturais (ASTM E 2597 e E 2399) e testes de permeabilidade para drenagem e crescimento vegetativo (ASTM E 2396 e E 2398). Em 2006 produziu um guia para seleção, instalação e manutenção de plantas para sistemas de telhados verdes (ASTM E 2400) e também desenvolveu um documento intitulado ASTM WK 14283 relacionado a terminologia, considerações de projeto e benefícios (DVORAK; VOLDER, 2010).

A ANSI (*American National Standard Institute*) em conjunto com a SPRI (*Single Ply Roofing Industry*) e a GRHC (*Green Roofs for Healthy Cities*) produziram em 2010 os documentos ANSI/SPRI RP-14, que fornece um método para projetar telhados vegetados quanto à resistência de elevação dos ventos, e ANSI/SPRI VF-1, que estabelece um padrão quanto à resistência externa ao fogo para telhados verdes. A FLL (*Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.* - Sociedade de Pesquisa e Desenvolvimento de Paisagens) da Alemanha, produziu também um guia completo que por muitos anos foi a única fonte confiável para planejamento, execução e manutenção de telhados verdes, abrangendo aspectos de projeto, concepção, materiais, paletas de plantas, sistemas de drenagem, entre outros, além de determinar a resistência de diversos materiais quanto a penetração de raízes. E a IGRA (*International Green Roof Association* – Associação Internacional de Telhados Verdes) desenvolveu guias com o intuito de padronizar a construção e manutenção de coberturas verdes para diversas aplicações (EARLES; CLARY, 2010).

2.1.2 Empresas brasileiras

Atualmente, há uma série de empresas que trabalham com a instalação e manutenção de telhados verdes, entre elas, dois nomes possuem destaque no mercado de soluções sustentáveis: a SkyGarden Envec e a Ecotelhado.

A SkyGarden Envec Brasil é uma representante da empresa Masaki Envec Japan - atuante no mercado japonês há mais de 20 anos – especializada no desenvolvimento de paredes e telhados verdes. Foi fundada em 2009 após pesquisas para adaptação da tecnologia às condições brasileiras e atualmente produz 100 % da matéria-prima empregada no mercado nacional. Sua sede localiza-se na capital paulistana e a fábrica para produção do substrato em Cabreúva - SP. A empresa já realizou centenas de obras em todos os estados do território brasileiro e atende às principais construtoras do mercado nacional (SKYGARDEN, 2017).

A empresa Ecotelhado, localizada na cidade de Porto Alegre no estado de Rio Grande do Sul, iniciou suas atividades em 2005. Com foco em soluções sustentáveis, atua com o desenvolvimento de telhados e paredes verdes, pavimentos permeáveis, cisternas subterrâneas e tratamento biológico de efluentes, além de prestar consultoria à arquitetos interessados na tecnologia. Já instalou mais de 500.000 m² de telhados verdes no Brasil e exterior, exportando seus produtos para México, Uruguai, Colômbia, Chile e Peru. É fundadora da Associação Brasileira de Telhados Verdes, responsável por produzir material informativo sobre o uso de soluções sustentáveis no Brasil e no mundo (ECOTELHADO, 2017a).

2.1.3 Configurações

Existem diversas possibilidades para construção de coberturas verdes, assim como inúmeros tipos de materiais para compor suas camadas. Algumas empresas que atuam no segmento adotam materiais de engenharia desenvolvidos com objetivo de se obter cargas mais leves, prolongar a vida útil do telhado, melhorar a drenagem etc, enquanto outras instalações assumem componentes menos sofisticados, resultando em cargas mais pesadas, porém, atendendo aos requisitos para estabelecimento da vegetação.

Em relação à espessura da camada de solo e ao tipo de vegetação a ser cultivada, os telhados verdes são classificados de três formas: extensivos, intensivos e semi-intensivos. São encontradas na literatura algumas divergências em relação a este tratamento, onde alguns autores se utilizam de valores de espessura um pouco diferentes de outros e, muitos inclusive, negligenciam a tipologia semi-intensiva destacando apenas os outros dois extremos. De

qualquer forma, serão apresentadas configurações que mais se aproximam à maioria dos autores pesquisados.

2.1.3.1 Coberturas Extensivas

São chamadas de extensivas, as coberturas verdes que possuem espessura do solo abaixo de 20 cm, podendo possuir valores mínimos em torno de 4 cm – neste último caso deve-se utilizar substrato e vegetação específicos para possibilitar seu uso. Possui massa distribuída variando entre 60 e 150 kg/m², porém algumas empresas especializadas garantem cargas menores, utilizando-se de materiais mais sofisticados. Este tipo de telhado pode ser instalado em coberturas inclinadas, tendo em vista o baixo risco de deslizamento sendo, porém, necessária em alguns casos – por exemplo em inclinações próximas a 45° - a utilização de malha para estabilização do solo e, é possível acomodá-lo sobre telhas com ondulações. Devem ser utilizadas plantas baixas, como musgo, suculentas, ervas e gramíneas que não requerem camadas maiores de solo, além de possuírem baixo nível de manutenção e irrigação. Os telhados verdes extensivos destacam-se por possuir construção razoavelmente simples, custos menores proporcionais às cargas – não exigem grandes reforços da estrutura –, quantidades menores de materiais empregados e normalmente são utilizados como forma de retenção de águas pluviais (Figura 7) (BERARDI et. al, 2013).

Figura 7 - Telhado verde extensivo na Fábrica da Ford em Dearborn, MI, EUA

Fonte: Ford, 2018

2.1.3.2 Coberturas Intensivas

Os telhados verdes intensivos, jardins suspensos ou telhados jardins são conhecidos por possuírem camada de solo com espessura acima de 20 cm, chegando a possuir mais de 1 metro dependendo do tipo da vegetação empregada. As cargas distribuídas neste tipo de cobertura são normalmente maiores do que 300 kg/m², o que exige estrutura mais reforçada da edificação. São cultivadas vegetações maiores, como gramados perenes, arbustos e até mesmo árvores o que exige maiores cuidados com manutenção e instalação de sistema de irrigação. Não podem ser instalados em coberturas inclinadas, devido ao alto risco de deslizamento do solo. Este tipo de cobertura verde destaca-se por possibilitar maior interação com o homem permitindo a criação de jardins mais elaborados inclusive com a utilização de mobiliário específico como bancos, ornamentos e pérgolas, no entanto, o seu emprego é mais complexo e oneroso devido aos diversos cuidados exigidos (Figura 8). (BERARDI et. al, 2013).

Figura 8 - Telhado verde intensivo no Millenium Park, localizado em Chicago, EUA

Fonte: Millenium, 2018

2.1.3.3 Coberturas Semi-Intenivas

Os telhados verdes semi-intensivos - como mencionado acima são desconsiderados por muitos autores - são classificados assim, devido tipo de vegetação que pode ser empregado como arbustos e plantas de médio porte, não suportando porém, o cultivo de árvores, como nas

coberturas intensivas. A espessura média do solo varia de 12 a 25 cm, exercendo massa distribuída em torno de 120 a 200 kg/m². Podem ser instalados em coberturas inclinadas, tendo a preocupação com a possibilidade de deslizamento devido sua espessura intermediária e necessitam de manutenção periódica.

2.1.4 Estrutura (camadas)

Independente da configuração (extensiva, intensiva ou semi-intensiva), os telhados verdes devem possuir as seguintes camadas chaves (Figura 9):

- Estrutura
- Impermeabilização
- Drenagem
- Filtragem
- Substrato (solo)
- Vegetação

Os materiais que compõem essas camadas podem variar dependendo da configuração, do tipo da cobertura estrutural (laje ou telhado com inclinação), da superfície, entre outras particularidades. Algumas empresas optam por sistemas diferenciados que possibilitam armazenar maiores volumes de água pluvial, disponibilizando módulos específicos para este fim. Também são encontrados telhados verdes modulares, disponibilizados em pequenas placas que, agrupadas por sistema de encaixe, podem cobrir grandes coberturas, facilitando sua montagem.

As camadas devem ser sobrepostas seguindo a sequência correta para que todos os componentes possam desempenhar sua função de maneira adequada.

Figura 9 - Representação esquemática de cobertura verde

Fonte: Autor “adaptado de” Esquema, 2018

2.1.4.1 Estrutura, impermeabilização e contenção de raízes

A estrutura que irá alojar a cobertura verde pode apresentar diversas configurações, como telhado cerâmico ou metálico com ou sem ondulações, de bambu, de madeira ou de concreto armado. É de vital importância a garantia de sustentação das cargas empregadas por todo o conjunto de camadas adjacentes considerando o solo saturado e a vegetação adulta, além das cargas associadas a pessoas e equipamentos durante eventuais manutenções.

Caso seja instalação de telhado verde em cobertura já existente, deve haver uma análise prévia por um engenheiro para nortear a possível configuração de telhado verde e assegurar a capacidade de carga. Se for uma construção nova, o telhado verde deve fazer parte do projeto da edificação (EARLES; CLARY, 2010).

Para instalação do telhado verde é necessário que a cobertura da edificação possua impermeabilização adequada (método comum à construção civil), cujo objetivo é evitar que a água drenada através das camadas superiores se infiltre para o interior da edificação. Além da impermeabilização da superfície superior da edificação (com manta asfáltica por exemplo), é comumente utilizada uma camada adicional impermeabilizante, aplicada diretamente sobre a cobertura, sendo normalmente empregada uma manta de PVC com espessura suficiente (em torno de 200 μm) e caso haja a possibilidade de perfuração, adiciona-se uma camada para resistir a possível penetração de raízes normalmente constituída de material sintético. Um teste

de vazamento é recomendado para assegurar o correto desempenho da camada de impermeabilização antes de acrescentar as demais camadas (EARLES; CLARY, 2010).

2.1.4.2 Drenagem

O objetivo da camada de drenagem é propiciar o escoamento da água que se infiltra através das camadas superiores e direcionar o fluxo em excesso para um sistema adequado de dispensação ou captação para posterior utilização. Numa eventual chuva ou irrigação, uma fração da quantidade de água precipitada é absorvida pela vegetação e solo, outra fração é acumulada pela camada de drenagem e o restante extraído para fora da cobertura.

Algumas configurações da camada de drenagem possibilitam o armazenamento de água, transformando a cobertura em um reservatório que poderá ser utilizado posteriormente para própria irrigação da vegetação e/ou para outros fins. Dependendo da espessura da camada de drenagem e da estrutura que suportará toda a cobertura saturada, o armazenamento de água pode atingir em torno de 180 L/m².

A camada de drenagem pode ser constituída por materiais rudimentares como brita, seixos e argila expandida, ou por componentes mais modernos como as chamadas mantas geodrenantes, que normalmente são fabricadas em termoplástico podendo inclusive ser utilizado PET reciclado como matéria-prima.

2.1.4.3 Filtragem

Esta camada possui a função de separar o solo da drenagem, a fim de proporcionar a filtragem da água, evitando a passagem de partículas que podem provocar o entupimento e consequentemente o mal funcionamento de todo o sistema de drenagem. Deve ser instalada sobre toda a superfície de drenagem inclusive protegendo todo o rodapé da cobertura (cerca de 20 cm acima da camada de drenagem).

Para esta aplicação, são normalmente empregadas mantas geotêxteis (também conhecidas popularmente como bidim®), constituídas basicamente de fibras de poliéster ou polipropileno e são divididas em dois tipos: tecidos e não tecido, cujas diferenças construtivas estão baseadas em como são distribuídas as fibras durante processo de fabricação.

2.1.4.4 Substrato

O substrato é o meio onde são cultivadas as plantas. É uma camada chave para a cobertura verde devido sua grande importância em relação ao tipo de vegetação a ser cultivada, eficiência da drenagem e qualidade da água que poderá ser armazenada. Com o objetivo de promover cargas mais leves e facilitar a drenagem, materiais minerais como ardósia expandida, xisto expandido, argila expandida, pedra-pomes ou outros agregados leves são utilizados na composição do substrato, além disso, um percentual adequado de matéria orgânica (como húmus por exemplo) deve fazer parte do composto para auxiliar no desenvolvimento das plantas (EARLES; CLARY, 2010).

A espessura da camada de substrato está diretamente relacionada ao tipo de vegetação a ser empregada e outros fatores como granulação, estabilidade estrutural, aeração, pH, permeabilidade e capacidade de retenção são importantes e devem ser considerados em projeto.

Atualmente, existem inúmeros compostos, industrializados ou não, que são empregados em telhados verdes e é possível observar grandes avanços tecnológicos em relação a este produto. É o caso do substrato produzido pela empresa SkyGarden Envec, que conta com tecnologia japonesa em sua matéria-prima, sendo possível cultivar vegetações em 4 cm de espessura retraindo até 80 litros de água por m², com uma massa distribuída de 40 kg/m² e durabilidade acima de 10 anos.

2.1.4.5 Vegetação

A última camada superior composta pela vegetação depende de todas as outras camadas para seu cultivo saudável, por este motivo, as plantas escolhidas devem atender a certos critérios para otimizar sua chance de sobrevivência em um telhado verde. Devido às limitações de profundidade e alta permeabilidade do solo - principalmente em telhados verdes extensivos – as plantas devem ser resistentes à seca, no entanto, deve-se tomar cuidado com algumas espécies que, devido a esta característica, procuram buscar água acessando fontes mais profundas, o que não seria adequado para um telhado com baixa espessura, levando-se em consideração também a possibilidade de perfuração da membrana de impermeabilização.

A seleção das plantas deve estar condicionada à localização geográfica e clima local (com capacidade de sobrevivência à todas as estações do ano, inclusive períodos secos e úmidos), tipo de solo, manutenção periódica (com ou sem irrigação e poda), se poderá ocorrer pisoteio ou não, fauna local, além de se priorizar o plantio de espécies nativas. Em coberturas

do tipo extensivo, deve-se priorizar o cultivo de espécies de forração como as gramíneas que não exigem grandes manutenções (normalmente uma ou duas vezes ao ano, dependendo da espécie), pouca ou nenhuma irrigação (sendo as chuvas suficientes para este fim) e não necessitam de grandes espessuras de substrato para seu crescimento. Para coberturas semi-intensivas e intensivas, devido à maior espessura da camada de substrato, as limitações são quase nulas, podendo haver o cultivo de várias espécies, inclusive combinadas, como gramas, árvores e arbustos.

2.1.5 Manutenção

Há uma diferença significativa em relação a manutenção quando são comparadas coberturas verdes intensivas (e semi-intensivas) com as extensivas. Os cuidados inerentes às coberturas vegetadas são similares aos de um jardim convencional, necessitando de poda periódica para as plantas – dependendo do tipo escolhido – e irrigação temporária ou definitiva.

Coberturas intensivas e semi-intensivas necessitam de maiores cuidados quanto à manutenção. Devido às maiores espessuras de suas camadas e também às espécies de vegetação cultivadas (arbustos e árvores), irrigação periódica é obrigatória (sistemas automáticos são comumente instalados para esta aplicação), considerando que o fornecimento de água proveniente das chuvas não é suficiente para o estabelecimento saudável das plantas, isso porque a permeabilidade do substrato não permite retenção de forma adequada e irrigação por capilaridade não é eficaz. Deve também ser prevista poda das árvores e arbustos, além de aparamento de forrações, sendo necessário pisoteio, o que não é problema para este tipo de cobertura.

Nos tipos extensivos, a manutenção é mínima. Devido suas características - mencionadas anteriormente – a vegetação requer menores cuidados, sendo necessária irrigação muitas vezes apenas durante o crescimento da vegetação ou em grandes períodos de estiagem. Por este motivo, é primordial a escolha correta da vegetação a ser cultivada, cujas espécies tenham a capacidade de se manterem saudáveis apenas com o fornecimento de água pluviais e irrigação por capilaridade em caso de sistemas que permitam o armazenamento junto a camada de drenagem. Um detalhe importante também relaciona-se a poda periódica (em geral uma ou duas vezes ao ano), pois dependendo da edificação, será necessário caminhar sobre a vegetação e algumas configurações não o permitem.

2.2 USO DE CONTÊINERES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um importante segmento da indústria nacional, tendo o seu avanço mercadológico considerado – muitas vezes – um indicativo de crescimento econômico do País. Embora importante para a economia, a geração de resíduos sólidos pelo setor tem levantado questões ambientais. Segundo estudo da Abrecon (2015) (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição), o segmento é responsável por 40% a 70% dos resíduos sólidos nas cidades brasileiras de médio e grande porte.

Na publicação “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”, da Abrelpe (Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) verifica-se que apenas em 2016 a indústria da construção civil foi responsável por cerca de 45,1 milhões de toneladas, do total de 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos no país.

Neste cenário, cresce a preocupação com o meio ambiente. E o uso de contêineres - obsoletos para o transporte marítimo - na construção civil destaca-se como uma proposta econômica, e “limpa” do ponto de vista ambiental.

2.2.1 Contêineres

Quando o transporte de mercadorias nos portos passou a ser explorado como ferramenta comercial essa movimentação era realizada de diversas formas, com caixas que possuíam medidas variadas, de acordo com cada região. Em 1937, com o objetivo de acelerar o processo logístico, Malcom McLean após observar as operações realizadas no Porto de Nova Iorque, propôs transportar as mercadorias em grandes caixas de aço, o que foi conhecido como o primeiro contêiner (TRIBUNA, 2016).

Atualmente, existem no mercado diversos modelos de contêineres disponíveis. Suas características e dimensões são normalizadas pela ISO 668:2013 (*International Organization for Standardization*). Com vida útil de 10 a 20 anos, dependendo do tipo de carga que transporta, o contêiner tem sido visto como uma solução sustentável na construção civil.

Na região portuária de Docklands, na Inglaterra, por exemplo, contêineres de vários formatos, encaixados flexivelmente, formam uma construção conhecida como “*Container City*”. Já em Buenos Aires, na Argentina, existe o shopping Quo Container Center, construído com 57 contêineres de diversas cores. Já em Amsterdã, na Holanda, foi construída em 2006 a maior vila de contêineres (Figura 10), com o total de mil unidades (CASTRO, 2018).

Figura 10 - Condomínio de contêineres na Holanda

Fonte: Ciclovivo, 2018

“Na arquitetura, os mais utilizados são os da categoria Dry de 20 e 40 pés, ambos com portas nas duas laterais. As dimensões externas do contêiner Dry Standard de 20 pés são: 2,44 metros de largura; 6,06 metros de comprimento; e 2,59 metros de altura; suportando até 22,10 toneladas. O contêiner de 40 pés possui as mesmas dimensões de largura e altura do mencionado anteriormente, diferenciando-se na medida de comprimento, tendo 12,92 metros e sendo projetado para suportar uma carga de até 27,30 toneladas. Os modelos Dry High Cube de 40 pés, também muito utilizados, possuem as medidas de 2,44 metros de largura, 2,79 metros de altura e 12 metros de comprimento” (OCCHI; ALMEIDA, 2016).

2.2.2 Empresas

Em 2007, a então estudante de arquitetura Lívia Ferraro, de Florianópolis/SC, dedicou seu trabalho de conclusão ao uso de contêineres na construção civil, realizando seu primeiro projeto de “casa-contêiner” (TAVARES, 2012). Em 2009, criou a empresa “Ferraro Container Habitat”, que oferece aos seus clientes projetos “padrão” ou personalizados.

No projeto padrão a casa é comercializada pronta, o cliente recebe a moradia já montada e até mesmo decorada, necessitando apenas ser conectada à infraestrutura básica do terreno. A empresa compara este modo de comercialização com a venda de um veículo, “o cliente pode definir a cor, opcionais como painéis fotovoltaicos, rede de esgoto ecológico, customizando sua

casa como preferir. Recebem-na juntamente com um ‘Manual do Proprietário’ que descreve todo o projeto, instalações, formas de limpeza e manutenção”. Já nos projetos personalizados a casa-contêiner é montada conforme as solicitações do cliente, onde módulos podem ser acoplados visando construir a habitação que melhor se encaixa nas suas preferências e necessidades (FERRARO, 2018)

Em seus projetos, a empresa catarinense adotou a utilização do contêiner Reefer, que segundo ela é produzido com aço *cortain* altamente resistente, alumínio e um isolante térmico bastante eficiente (poliuretano de alta densidade na espessura de 10 cm), dispensando assim o uso de ar condicionado. Ainda segundo a empresa, uma obra com contêineres diminui significativamente a produção de resíduos, reduzindo de 30% (em uma obra convencional) para 1% de desperdício. São três caçambas de entulho contra um saco de lixo, comparativamente.

Dono da primeira casa feita com contêineres no Brasil, construída em 2009, na Granja Viana, em São Paulo, o arquiteto Danilo Corbas é proprietário de uma empresa especializada em construções com o material, a Container Box (CASTRO, 2018). Fundada em 2012, após a repercussão de seu projeto “Casa Container”, a empresa desenvolve projetos de arquitetura residenciais e comerciais, projetos especiais com demandas específicas, além de unidades móveis automatizadas para atender ao mercado de eventos promocionais, feiras e *Road Shows*.

2.2.3 Adaptações necessárias (tratamentos) / Projetos

Um dos principais cuidados para tornar o contêiner habitável é o isolante térmico, devido à alta condutividade térmica atribuída ao aço. Além disso, deve ser realizado o jateamento com um abrasivo e o contêiner deve ser repintado com uma tinta não tóxica antes de ser habitável, a fim de evitar probabilidades de contaminação em detrimento das cargas que o contêiner transportou durante sua vida marítima (METALICA, 2018).

“Para ser utilizado na arquitetura, o contêiner passa por um processo de tratamento e recuperação que inclui limpeza, funilaria, serralheria, pintura, revestimentos e acabamentos. A preparação da estrutura é feita na fábrica e *in loco*, dependendo das características de cada projeto — como as dimensões do contêiner utilizado. Guindastes e caminhões transportam o material para o local de instalação. Laudos de habitabilidade e de descontaminação contra agentes químicos, biológicos e radiativos são documentos que certificam a segurança do contêiner como estrutura da construção” (BONAFÉ, 2018)

Algumas metodologias para o processo de construção de habitações com uso de contêiner, com objetivo de padronizar e aumentar a eficiência, foram desenvolvidas junto a

ISBU Association (*Intermodal Steel Building Units and Container Homes* – Unidades de Construção de Aço Intermodal e Casas Contêiner), visando manter as mesmas características dimensionais como áreas e pé direito mínimo de uma edificação tradicional (CALORY, 2015; ISBU, 2018).

2.2.4 Solução habitacional sustentável

A primeira casa contêiner brasileira (Figura 11), localizada na região da Granja Viana/SP, foi construída com quatro contêineres de 40 pés (12 m de comprimento x 2,90m de altura) em um terreno de 860 m² totalizando 196 m² de área construída, distribuída em dois pavimentos. São 3 quartos, sala de estar, sala de jantar e cozinha integradas, escritório, três banheiros, área de serviço, garagem coberta e varandas (ARCHDAILY, 2016). O posicionamento das unidades foi feito em apenas três horas, já a construção da casa piloto demorou sete meses (IPÊ, 2018).

No projeto, o relevo natural do terreno foi praticamente mantido e todas as árvores foram preservadas para que auxiliassem no sombreamento da construção, amenizando o calor e diminuindo o uso de condicionador de ar. No telhado, além da escolha por telhas térmicas de poliuretano, parte da cobertura contém vegetação, auxiliando no isolamento térmico dos contêineres. É também por meio do telhado que é feita a captação da água da chuva, que é encaminhada para um reservatório onde é armazenada e filtrada. Posteriormente, a água coletada é usada para a irrigação do jardim, limpeza externa ou para lavar o carro. A casa também possui sistema misto de aquecimento solar e elétrico. Para as paredes, a opção foi usar tinta à base de água e sem cheiro (PASCHOAL; MENEGUEÇO, 2016).

Figura 11 - Primeira casa contêiner brasileira (detalhamento com telhado verde)

Fonte: Archdaily, 2016

No Texas, EUA, a empresa Poteet Architects também tem apostado na união de containers e telhado verde para construir habitações com maior conforto térmico e sem a obrigatoriedade do uso de ar-condicionado (Figura 12). Tendo como principal apelo a questão da sustentabilidade, a construção também coleta águas das chuvas e a reutiliza no banheiro (ECOTELHADO, 2018b).

Figura 12 - Residência com contêiner e telhado verde no Texas, EUA

Fonte: Ecotelhado, 2018b

2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COBERTURAS

Neste item serão abordados os fundamentos da transferência de calor e massa através de coberturas, considerando primeiramente coberturas convencionais e posteriormente coberturas vegetadas, cujos fenômenos particulares da segunda são demonstrados com base na literatura pesquisada.

2.3.1 Transferência de calor em coberturas convencionais

Em uma edificação, a cobertura representa um fator importante entre as parcelas de ganho de calor que contribuem para o aumento da carga térmica em dias quentes, assim como um elemento de perda de calor em dias frios. Os processos associados a transferência de calor através de uma cobertura sólida são complexos e levam em consideração uma série de fenômenos físicos, exigindo simplificações para possibilitar a estimativa dos fluxos de energia envolvidos.

Devido à interação com os ambientes externo e interno, os modos de transferência de calor por condução, convecção e radiação ocorrem simultaneamente, sendo importante o estudo destes para uma estimativa com boas aproximações. Algumas hipóteses simplificadoras devem ser adotadas a fim de propiciar o desenvolvimento de um método de cálculo, conforme segue:

- Temperaturas das superfícies uniformes;
- Radiações de onda longa e onda curta uniformes;
- Superfícies radiantes difusas;
- Condução de calor unidimensional;
- Coeficiente de convecção constante;
- Propriedades térmicas da cobertura constantes;
- Temperatura do ar no interior do ambiente constante (projeto).

Devido as variações de temperatura do ar externo, das intensidades de radiação e do armazenamento de energia pelas massas da cobertura, uma abordagem transiente da transferência de calor deve ser adotada.-Desta forma, uma análise em termos de condução de calor pode ser obtida, considerando que a cobertura assemelha-se a uma placa infinita sem geração interna de calor e que o fluxo é unidirecional, a partir da equação geral da condução de

calor na forma reduzida para cada camada que compõe a cobertura, conforme segue (KREITH; BOHN, 2001).

$$\frac{\rho c}{K} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad 0 \leq x \leq L \quad (1)$$

Onde:

ρ = massa específica do material que compõe a cobertura [kg/m³]

c = calor específico do material que compõe a cobertura [J/(kg.K)]

K = condutividade térmica do material que compõe a cobertura [W/(m.K)]

L = espessura total do material que compõe a cobertura [m]

2.3.2 Transferência de calor em coberturas verdes

Em uma cobertura verde há uma série de fenômenos físicos, químicos e biológicos ocorrendo de maneira simultânea, que contribuem significativamente para a variação da taxa de transferência de calor, o que torna ainda mais complexa uma análise transiente quando comparada a uma cobertura convencional. Cada camada do telhado verde possui um comportamento particular e devido às variações sofridas por fatores externos (como por exemplo a umidade do substrato ou a altura da vegetação), pode-se concluir que o comportamento do telhado como um todo é afetado ao longo de suas mutações naturais, tornando-o como uma espécie de isolante térmico vivo.

Neste item serão apresentadas discussões referentes a modelos matemáticos propostos na literatura, que abordam os fenômenos da transferência de calor e massa através de coberturas vegetadas, considerando desde simples aproximações (cobertura como um único material por exemplo) até as mais complexas contemplando inclusive os efeitos metabólicos das plantas.

2.3.2.1 Modelos Analíticos

Uma abordagem simplificada para representar matematicamente a transferência de calor através de cobertura verde extensiva foi proposta por dois pesquisadores do departamento de engenharia civil e ambiental da Universidade de Syracuse em Nova York, EUA, com o intuito de verificar o fluxo de calor e o desempenho térmico sazonalmente. Assumindo fluxo de calor em regime permanente, conhecendo-se a resistência térmica de uma das camadas que compõe

a cobertura (poliestireno extrudado com 76,2 cm) e suas respectivas temperaturas superficiais é possível aplicar a Lei de Fourier para determinar o fluxo de calor que atravessa toda a cobertura e as resistências térmicas das demais camadas, conforme pode ser verificado na equação abaixo e figura 13 (SQUIER; DAVIDSON, 2016).

$$q = \frac{1}{R} \Delta T \quad (2)$$

Onde:

q = fluxo de calor que atravessa a cobertura [W/m²]

ΔT = diferença de temperatura entre dois sensores [K]

R = resistência térmica dos materiais entre os sensores de temperatura [m²K/W]

As resistências térmicas de cada camada podem ser somadas para determinar a resistência equivalente de toda a cobertura.

Figura 13 - Cobertura verde com localização dos sensores de temperatura

Fonte: Autor “adaptado de” Squier et al., 2016, p. 237

Com o objetivo de avaliar os efeitos da inércia térmica em telhados verdes, Alvizuri et al. (2017) consideraram um modelo de condução de calor unidimensional que foi desenvolvido para tentar replicar os dados de campo. O equacionamento utilizado assume que o telhado verde pode ser representado como um sólido semi-infinito sem geração interna de calor (similar a abordagem descrita no item 2.3.1 para coberturas convencionais) por meio da equação a seguir.

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3)$$

Onde:

x = direção normal à superfície da cobertura, sendo o $x = 0$ sobre o topo [m]

$T = T(x,t)$ é a temperatura do material [K]

t = tempo em segundos [s]

α = difusividade térmica, uma medida relativa da capacidade de conduzir e armazenar energia térmica [m²/s], conforme equação abaixo:

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} \quad (4)$$

Onde:

k = condutividade térmica do material [W/(mK)]

ρ = massa específica do material [kg/m³]

c_p = calor específico a pressão constante do material

Satisfazendo algumas condições de contorno e simplificações como propriedades constantes e uniformes nas superfícies da cobertura, uma solução analítica transiente é obtida conforme equação abaixo:

$$\frac{T - T_s}{T_0 - T_s} = e^{\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)} \quad (5)$$

Onde:

T_0 = temperatura inicial da superfície [K]

T_s = temperatura da superfície para cada incremento de tempo [K]

T = temperatura da superfície inferior da cobertura [K]

Os resultados plotados no gráfico da figura 14 representam as diferenças de temperaturas obtidas pelo equacionamento analítico em comparação aos dados coletados em laboratório, evidenciando que o modelo unidimensional pode ser usado razoavelmente para prever o amortecimento térmico através de uma seção transversal composta por telhado verde e estrutura (ALVIZURI et al., 2017).

Figura 14 - Diferenças de Temperatura Reais vs Modelo

Fonte: Autor “adaptado de” Alvizuri et al., 2017, p. 467

2.3.2.2 Modelos com transferência de massa

Um modelo matemático para implementação em programas de simulação de balanço de energia em telhados verdes foi desenvolvido em 2008 junto ao Departamento de Engenharia Mecânica e de Materiais da Universidade Estadual de Portland, EUA, baseando-se na plataforma de simulação do Energy Plus (software aplicado a simulação energética em edifícios) e no modelo desenvolvido por Frankenstein e Koenig (2004). Esses trabalhos foram citados no artigo de Jaffal et al. (2012) com o objetivo de compreender o impacto de telhados verdes no desempenho energético em edifícios, cuja abordagem matemática é demonstrada a seguir.

Assim como em uma cobertura tradicional, a fonte predominante de energia em um telhado verde provém da radiação solar, sendo o balanço realizado por meio dos fluxos de calor sensível (convecção) e latente (evaporação) do solo e das plantas combinados com a condução

de calor através do substrato e a radiação de onda longa entre solo e superfícies foliares da vegetação, conforme pode ser verificado esquematicamente na figura 15 (SAILOR, 2008).

Figura 15 - Balanço de energia em uma cobertura vegetada

Fonte: Sailor, 2008, p.1469

O balanço de energia através da cobertura vegetada pode ser dividido em duas partes: folhagem (dossel) e solo. Os principais fluxos de calor que descrevem o balanço de energia no dossel são:

- Absorção da radiação solar pela folhagem;
- Troca de calor por radiação de onda longa entre a folhagem e o céu, assim como entre a folhagem e a superfície do solo;
- Troca de calor por convecção entre a folhagem e o ar na cobertura verde H_f [W/m²];
- Fluxo de calor latente por evapotranspiração L_f [W/m²].

O balanço de calor para a folhagem (fluxo de calor total F_f) é dado por:

$$F_f = \sigma_f \left[I_s (1 - \alpha_f) + \epsilon_f I_{ir} - \epsilon_f \sigma T_f^4 \right] + \frac{\sigma_f \epsilon_f \epsilon_g \sigma}{\epsilon_1} (T_g^4 - T_f^4) + H_f + L_f \quad (6)$$

Onde:

ϵ_g e ϵ_f = emissividade do solo e folhagem, respectivamente

T_g e T_f = temperatura do solo e folhagem, respectivamente [K]

I_s e I_{ir} = radiação de curta e longa onda, respectivamente [W/m²]

α_f = absorptividade

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5,671 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$)

σ_f = densidade da folhagem

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_f + \varepsilon_g - \varepsilon_f \varepsilon_g$$

O fluxo de calor sensível para a folhagem H_f é dado como:

$$H_f = (e_0 + 1,1LAI\rho_{af}Cp_aC_fW_{af}) \cdot (T_{af} - T_f) \quad (7)$$

Onde:

e_0 = coeficiente de troca sem vento

C_f = coeficiente de transferência de massa

T_{af} = temperatura do ar no meio da folhagem [K]

W_{af} = velocidade do ar na superfície da folhagem [m/s]

Cp_a = calor específico do ar à pressão constante [J/(kgK)]

ρ_{af} = massa específica do ar no meio da folhagem [kg/m³]

LAI = índice de área foliar [m²/m²]

O fluxo de calor latente entre a vegetação e a atmosfera próxima a superfície de vegetação é dado por:

$$L_f = LAI\rho_{af}lW_{af}r''(q_{af} - q_{f,sat}) \quad (8)$$

Onde:

l = calor latente de evaporação [J/kg]

q_{af} = taxa de mistura do ar úmido na interface da folhagem

$q_{f,sat}$ = taxa de mistura do ar úmido saturado na temperatura da folhagem

r'' = efeito combinado das resistências aerodinâmicas e estomáticas à difusão do vapor

Os principais fluxos de calor que descrevem o balanço de energia no solo são:

- Absorção da radiação solar pelo solo
- Troca de calor por radiação de onda longa entre o solo e o céu, assim como entre o solo e a folhagem
- Troca de calor sensível entre o solo e o ar no dossel H_g [W/m²]

- Fluxo de calor latente L_g [W/m²]
- Fluxo de calor por condução através do solo q''_{sg} [W/m²]

O balanço de energia para o solo é dado por:

$$F_g = (1 - \sigma_f) \left[I_s (1 - \alpha_g) + \varepsilon_g I_{ir} - \varepsilon_g \sigma T_g^4 \right] + \frac{\sigma_f \varepsilon_f \varepsilon_g \sigma}{\varepsilon_1} (T_g^4 - T_f^4) + H_g + L_g + q''_{sg} \quad (9)$$

Sendo os índices “g” análogos aos índices “f”, porém, direcionados ao solo.

Para o solo, o fluxo de calor sensível H_g é dado por:

$$H_g = (e_0 + \rho_{ag} C_{p_a} C_h^g W_{af}) (T_{af} - T_g) \quad (10)$$

Onde:

ρ_{ag} = massa específica do ar próximo ao solo [kg/m³]

C_h^g = coeficiente de transferência de massa para calor sensível

O fluxo de calor latente L_g para o solo é dado por:

$$L_g = C_e^g l W_{af} \rho_{ag} (q_{af} - q_g) \quad (11)$$

Onde:

C_e^g = coeficiente de transferência de massa para calor latente

q_g = taxa de mistura do ar úmido na superfície do solo

Condições de contorno consideradas:

$$T_s(0) = T_g$$

$$T_s(L) = T_r$$

Onde:

$T_s(0)$ = temperatura na superfície superior do solo [K]

$T_s(L)$ = temperatura na superfície inferior do solo [K]

T_r = temperatura na superfície de cima da laje [K]

Uma representação comparando a variação de temperaturas e fluxos de calor entre coberturas convencionais e verdes é demonstrada na figura 16.

Figura 16 - Parâmetros de comparação entre coberturas convencionais e verdes

Fonte: Autor “adaptado de” Jaffal et al., 2012, p. 159

Uma abordagem mais aprofundada dos fenômenos da transferência de calor e massa através de telhados verdes foi desenvolvida junto a Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Tabitat Modares em Tehran, Iran em 2015, apresentando uma simulação numérica para avaliar o desempenho térmico em telhados verdes e validação a partir de correlação experimental.

A transferência de calor e massa é expressa por um complexo sistema de equações diferenciais não lineares baseados nos quatro elementos que trocam energia em uma cobertura vegetada (ar, plantas, solo e estrutura) simultaneamente (HEIDARINEJAD; ESMAILI, 2015). Algumas condições de contorno devem ser determinadas para ser possível equacionar os fenômenos físicos e garantir a conservação dos fluxos de massa e energia, conforme segue:

- Transferência de calor e massa ocorrem apenas na direção vertical
- Camada de solo-vegetação livre de compostos orgânicos
- Plantas completamente desenvolvidas
- Transferência de calor e umidade entre o ar e plantas e entre o solo e plantas são consideradas no modelo
- A camada de solo na vizinhança da estrutura é considerada como saturada

O ar úmido urbano é considerado como uma mistura binária de ar e vapor, governado pelas seguintes equações:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha_a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{DQ^*}{c_{pa}} - \left(\frac{c_a - c_2}{c_{pa}} \right) \left(D \frac{\partial q}{\partial z} \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (12)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{Dc_{ml}Q^*}{T} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (13)$$

Onde:

T = temperatura [K]

t = tempo [s]

z = dimensão vertical [m]

D = coeficiente de difusão binária [m²/s]

Q^* = calor proveniente da transferência de massa (advecção) [J/kg]

c_{pa} = calor específico do ar [J/(kgK)]

c_1 e c_2 = calor específico do vapor e do ar, respectivamente [J/(kgK)]

φ = umidade absoluta [kgv/kga]

c_{ml} = capacidade de massa específica do vapor [kg/J]

As transferências de calor e massa entre o ar úmido atmosférico e o solo (considerado com porosidade média) são dadas por:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho_g c_g} \frac{\partial}{\partial z} \left(K_s \frac{\partial T_s}{\partial z} \right) \quad (14)$$

$$\frac{\partial \omega_g}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K_g \left(\frac{\partial \psi_p}{\partial z} + 1 \right) \right] \quad (15)$$

$$\psi_p = \psi_{p,s} \left(\frac{\omega_{g,s}}{\omega_g} \right)^b \quad (16)$$

Onde:

ρ_{gcs} = calor específico da mistura solo, água e ar [J/(m³K)]

K_s = condutividade térmica da mistura [W/(mK)]

ω_g = volume de água no solo [m³água líquida/m³mistura solo-água-ar]

K_g = condutividade hídrica do solo [m/s]

ψ_p = potencial de umidade da tensão do solo [m]

$\psi_{p,s}$ = potencial de ar úmido

$\omega_{g,s}$ = volume de água contida no solo saturado

b = constante que depende do tipo de solo

Ao contrário dos materiais de construção, as plantas são organismos vivos e respondem às mudanças ambientais afetando o balanço energético por meio de dois importantes processos naturais: evapotranspiração e fotossíntese. A evapotranspiração é a combinação de processos incluindo evaporação do solo e transpiração dos tecidos vivos das plantas. A fotossíntese representa a síntese de compostos orgânicos, geralmente carboidratos, convertendo energia solar em energia química. Outro processo presente no balanço energético é a respiração, que diferentemente da fotossíntese, é um processo exotérmico, o que resulta num fluxo líquido negativo no balanço de energia (HEIDARINEJAD; ESMAILI, 2015).

O modelo para transferência de calor e massa através das plantas foi obtido para a vegetação do tipo *sedum album*, cujas equações são dadas a seguir:

$$q_{ph}(t) = \frac{\int_t^{t+dt} I(t)dt}{\lambda \int_0^{24h} I(t)dt} \frac{\Delta H_{reac}}{ETP} \frac{R_{ph,net}}{M_{C_6H_{12}O_6}} \times \int_0^{24h} q_{ETP}(t)dt \quad (17)$$

Onde:

$q_{ph}(t)$ = fluxo de calor proveniente da fotossíntese no instante t

I = intensidade de radiação

ΔH_{reac} = entalpia da reação de fotossíntese

ETP = taxa de evapotranspiração

$R_{ph,net}$ = taxa de fotossíntese

$M_{C_6H_{12}O_6}$ = massa molar da glucose

q_{ETP} = fluxo de calor da evapotranspiração

A parcela de calor latente proveniente da evapotranspiração (q_{ETP}), mencionada acima e considerada no equacionamento, pode ser determinada a partir do método de Penman-Monteith, que leva em consideração a taxa de evapotranspiração (ETP) combinada a fatores de resistência aerodinâmica e de superfície (ALLEN, 1998).

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (18)$$

Onde, segundo as formulações de Allen (1998):

λET = fluxo de calor latente proveniente da evapotranspiração [W/m²]

Δ = relação da pressão de saturação do vapor com a temperatura correspondente [Pa/K]

R_n = fluxo líquido de calor por radiação [W/m²]

G = fluxo de calor solar [W/m²]

ρ = massa específica do ar [kg/m³]

c_p = calor específico do a pressão constante [J/(kgK)]

e_s = pressão parcial de vapor saturado à temperatura da superfície evaporante [Pa]

e_a = pressão parcial de vapor d'água na camada de ar adjacente [Pa]

γ = constante psicrométrica [Pa/K]

r_a = resistência aerodinâmica [s/m]

r_s = resistência de superfície [s/m]

2.4 ANÁLISES TÉRMICAS DE COBERTURAS VEGETADAS

Este item tem por objetivo discutir os resultados de alguns estudos relacionados à análise térmica em telhados verdes vegetados desenvolvidos recentemente pela comunidade científica, justificar e nortear a metodologia adotada, assim como servir de base de comparação para os resultados que serão apresentados no presente trabalho.

Um estudo para analisar as propriedades térmicas e investigar o desempenho energético de uma cobertura vegetada foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores em Atenas, Grécia no ano de 2001. A pesquisa foi dividida em duas fases: durante a primeira fase foi realizada coleta de dados de temperatura das superfícies e do ar nos ambientes interno e externo e durante a segunda fase, as propriedades do telhado verde e a economia de energia foram examinadas por meio de uma abordagem matemática. As medições foram realizadas utilizando câmera termográfica para registro da variação de temperatura superficial, termômetros infravermelho para medições das temperaturas superficiais internas e externas, psicrômetro para as condições do ar interno e externo. Os dados foram coletados por um período de 18 dias do verão de 2000,

sendo coletados em coberturas não isoladas, com baixa isolamento e bem isoladas, com e sem o telhado verde. Como principais pontos da pesquisa, concluiu-se que o telhado verde instalado em coberturas com média e boa isolamento térmica não possui impacto significativo, cuja a economia de energia com climatização é inferior a 7% e 2%, respectivamente. Já com coberturas sem isolamento, a economia de energia pode chegar a 48% se empregado sistema de ventilação noturna, quando comparado a cobertura convencional (NIACHOU et al., 2001).

No ano de 2003, Moraes (2004) em sua pesquisa investigou, por meio de protótipos, o comportamento térmico de uma cobertura vegetada comparada a uma cobertura convencional junto a Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil. As coberturas foram monitoradas com o auxílio de sistema de aquisição de dados, coletando temperaturas e umidades relativas do ar interno e externo, temperaturas das superfícies das lajes e dados climáticos a partir de uma estação meteorológica instalada no campus. Os resultados mostraram que a cobertura verde apresenta variação da amplitude térmica 70% menor comparada a cobertura convencional, além de diferenças de temperatura interna próximas a 5°C, podendo contribuir significativamente com a eficiência energética da edificação (MORAIS, 2004).

Utilizando uma residência unifamiliar experimental, construída na cidade Florianópolis, Brasil, foi realizado um estudo comparativo entre três coberturas distintas: com telhado cerâmico, metálico e vegetado extensivo (conforme figura 17) durante uma semana do verão de 2008, sendo avaliadas temperaturas superficiais e do ar internas e externas, além de retenção de água, fluxos de calor e dados meteorológicos. Foram utilizados sensores de temperatura (termopares tipo T) montados entre as camadas dos telhados, nas superfícies e medindo o ar interno e externo, além de medidores de umidade do solo, fluxo de calor e estação meteorológica (piranômetro, termo-higrômetro, velocidade do vento, pluviômetro). Com este estudo, pôde-se concluir que o telhado verde contribui significativamente com os benefícios térmicos e eficiência energética para uma edificação situada em clima temperado, reduzindo – em períodos quentes – os ganhos de calor em relação aos telhados cerâmico e metálico (PARIZOTTO; LAMBERTS, 2011).

Figura 17 - Distribuição das diferentes coberturas na residência experimental

Fonte: Autor “adaptado de” Parizotto e Lamberts, 2011, p. 1715

Durante um período de 10 meses, entre os anos de 2011 e 2012, foi investigado o desempenho térmico de uma cobertura verde de uma edificação experimental em comparação a uma cobertura com telhado cerâmico. Dois módulos experimentais foram erguidos no Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, São Paulo, ambos com as mesmas características construtivas e dimensionais, porém com coberturas diferentes (convencional e verde) e igualmente instrumentados a fim de monitorar os ganhos e perdas de calor dos ambientes internos. Os resultados mostraram eficiência energética das coberturas verdes retardando os ganhos térmicos para a edificação e mantendo - sem utilização de sistema de climatização - as condições de conforto térmico estabelecidas na NBR 16401:2008 (FERRAZ, 2012).

Pesquisadores do Departamento de Geografia da Universidade de Hong Kong investigaram entre os verões de 2010 e 2011, a influência da umidade do substrato (espessura de 7 cm) frente aos efeitos da evapotranspiração, balanço hídrico e ao comportamento térmico do ar externo e da superfície interna, cujo esquema de medições pode ser visualizado na figura 18 (acima). Três variações foram consideradas: solo saturado, úmido e seco sendo analisadas em três condições de clima (ensolarado, nublado e chuvoso) gerando 9 combinações distintas. Neste estudo, pôde-se concluir que a umidade tem efeito significativo sobre a regulação do comportamento térmico do substrato, mostrando-se no entanto, pouco influente em relação ao efeito da evapotranspiração – que tem grande influência da umidade relativa do ar, radiação

solar e velocidade do vento – e resfriamento da superfície interna. As curvas de desempenho térmico das camadas da cobertura verde, para a condição de dia ensolarado com substrato úmido, podem ser verificadas na figura 18 (abaixo). (JIM; PENG, 2012a).

Figura 18 - Distribuição dos sensores (acima) e curvas de temperatura das camadas (abaixo) na cobertura verde

Fonte: Autor “adaptado de” Jim e Peng, 2012a, p. 12

Com o objetivo de avaliar o impacto do telhado verde em relação ao desempenho energético de uma edificação, Jaffal et al. (2012) conduziram um estudo utilizando uma casa unifamiliar - comparando telhados verde e convencional - submetida às condições do clima temperado da França, realizando medições de temperatura e fluxos de calor. O experimento registrou diminuição da flutuação de temperatura na superfície da laje convencional de até 30°C e resfriamento passivo 3 vezes mais eficiente com telhado verde. No verão, o telhado verde contribuiu para diminuição de 2°C na temperatura interna e a demanda de energia anual foi reduzida em 6%, demonstrando ser uma solução termicamente benéfica para o clima considerado. A comparação dos fluxos de calor através da cobertura verde e convencional para um dia típico de verão pode ser visualizada na figura 19.

Figura 19 - Comparação dos fluxos de calor entre cobertura convencional e verde

Fonte: Autor “adaptado de” Jaffal et al., 2012, p. 161

De modo similar e no mesmo ano do estudo anterior, Jim e Peng (2012b) avaliaram o desempenho térmico de uma cobertura verde extensiva instalada em uma estação ferroviária em Hong Kong, registrando medições de temperaturas do ar, das camadas e superfícies, assim como umidade do solo, velocidade do vento e radiação solar comparando os resultados com o teto descoberto anterior e um instrumentado para controle, conforme esquema mostrado na figura 20.

Figura 20 - Distribuição da instrumentação para cobertura

Fonte: Autor “adaptado de” Jim e Peng., 2012b

Em média, o telhado verde reduziu a temperatura superficial do teto em $5,2^{\circ}\text{C}$, a 10 cm de altura apresentou redução da temperatura do ar em torno de $0,7^{\circ}\text{C}$ e não apresentou variação significativa a 1,6 m de altura. A alta umidade do solo (atribuída ao sistema de irrigação) combinada às altas velocidades do vento contribuiu para o aumento do resfriamento por evapotranspiração, no entanto, arrefeceu também a cobertura descoberta. Concluiu-se que os fluxos de calor através da cobertura vegetada dependem do clima, registrando menores índices de perda e maiores ganhos de calor em dias ensolarados ($0,9 \text{ kWh/m}^2$), declínio deste comportamento em dias nublados ($0,52 \text{ kWh/m}^2$) e efeito pouco significativo em dias chuvosos. Em termos de desempenho, para esta instalação, o telhado verde extensivo representou economia de 28.000 kWh para cada verão, justificando o custo da instalação a longo prazo para edifícios públicos. Um comparativo dos fluxos de calor antes e após instalação do telhado verde pode ser verificado na figura 21 para a condição de um dia ensolarado de verão (JIM; PENG, 2012b).

Figura 21 - Fluxos de calor antes e após instalação de cobertura verde

Fonte: Autor “adaptado de” Jim e Peng, 2012b, p. 83

Com o objetivo de ajustar a obtenção do valor geral de transferência térmica (OTTV – *Overall Thermal Transfer Value*), que representa o ganho médio de calor em um edifício e é um fator amplamente utilizado para avaliar eficiência energética, foi realizado um estudo junto a Universidade de Hong Kong por meio de uma cobertura verde experimental instalada em um edifício comercial, utilizando o programa de simulação Energy-Plus incorporado a um modelo de telhado verde. Quatro diferentes configurações de coberturas convencionais foram modeladas usando o programa, estabelecendo uma correlação entre o OTTV e o ganho de calor anual através da cobertura, estabelecendo fatores de correção que variam de 0,03 a 0,99, que podem ser utilizados por projetistas (CHAN; CHOW, 2013).

Entre os verões de 2013 e 2014, pesquisadores da Universidade do Estado de Michigan, EUA, investigaram a influência da profundidade do substrato e de algumas espécies de plantas em relação ao desempenho térmico de uma cobertura verde, submetida as condições climáticas

das quatro estações do ano. Foram utilizadas 17 diferentes espécies de gramíneas e herbáceas cultivadas em profundidades de 5 cm e 20 cm de solo, respectivamente, sobre um telhado verde instalado no segundo andar de uma edificação local, cujo esquema pode ser visualizado na figura 22. Os dados foram coletados a partir de sensores de fluxo de calor, termopares, sensores de umidade e infravermelho medindo as variações das propriedades das camadas das coberturas e também foi utilizada estação meteorológica para monitoração das condições climáticas do ambiente externo (EKSI et al., 2017).

Figura 22 - Localização dos sensores nas coberturas sedimentar e herbácea

Fonte: Autor “adaptado de” Eksi et al., 2017, p. 177

O estudo revelou que a cobertura herbácea proporcionou maior isolamento térmico e menores flutuações de temperatura e fluxo de calor devido a profundidade do substrato e maior sombreamento provocado pelo dossel das plantas, sendo no entanto, inconclusivo quanto a parcela de contribuição de cada item (profundidade e espécies de plantas). Mesmo apresentando maiores flutuações, a cobertura verde sedimentar, mais rasa, demonstrou melhor comportamento para o verão, onde a taxa de calor saindo da edificação foi mais significativa do que a herbácea mais profunda. Desta forma, pôde-se concluir que, para climas semelhantes aos de Michigan, o telhado verde herbáceo (20 cm de profundidade) contribui para economia nas contas com aquecimento nos períodos frios e a cobertura sedimentar (5 cm de profundidade) reduz as contas com resfriamento nos períodos quentes (EKSI et al., 2017).

O estudo da combinação de cobertura verde com telhado frio foi proposta por Pisello et al. (2015), com o objetivo de avaliar o desempenho térmico desta solução inovadora. O Telhado Verde-Frio foi assim denominado devido à preocupação em cultivar em sua superfície

vegetação cujas propriedades relacionadas à emissividade e refletância térmicas sejam significativas quando comparadas a de uma cobertura verde com outros tipos de vegetação ou coberturas convencionais. Num primeiro momento, foram avaliadas a emissividade térmica e refletância solar de diversas vegetações em laboratório para então realizar a montagem e monitoramento da cobertura em uma edificação residencial. O estudo revelou que o denominado Telhado Verde-Frio é capaz de refletir 44% da radiação solar total, 6% a mais do que a cobertura de concreto comparada e 7% a mais do que uma cobertura verde com vegetação típica.

Também em 2015, pesquisadores da Universidade Nacional de Singapura, avaliaram o desempenho térmico de coberturas vegetadas em relação às características do substrato e retenção de água. Foram comparados no estudo dois tipos de substrato: convencional e de cultivo leve e também a ausência ou não de uma camada de retenção de água incorporada ao conjunto. Temperaturas superficiais e níveis de evapotranspiração foram comparados em três fases distintas de irrigação: solo bem irrigado, medianamente irrigado e seco. Os resultados apresentados por este estudo, revelam que substrato de cultivo leve bem irrigado proporciona maior redução de temperatura da superfície superior da cobertura quando comparado ao substrato convencional bem irrigado, no entanto, o desempenho térmico é semelhante em condições mais secas. A camada de retenção de água comprovou ser eficaz em relação ao desempenho térmico, além de beneficiar o cultivo saudável das plantas no período de seca, contribuindo para a evapotranspiração (TAN et al., 2017).

Plataformas de teste foram montadas para avaliar o comportamento térmico de um sistema de cobertura verde extensiva junto a Universidade de São Paulo, na Escola de Engenharia de São Carlos no ano de 2015. Foram concebidos dois módulos experimentais para coleta dados e comparações, sendo ambas preenchidas com substrato, porém apenas uma com plantio de vegetação (grama-amendoim). Para coleta de dados, foram distribuídos 3 sensores de temperatura (termopares tipo T) acima da camada de substrato, 3 abaixo da camada de substrato e 1 externo medindo a temperatura do ar externo logo abaixo da cobertura. Concluiu-se que a vegetação tem impacto significativo nos processos de troca de calor devido ao bloqueio de parte da radiação solar, não permitindo no experimento que a temperatura da superfície superior do substrato atingisse temperaturas acima do ar externo. Sem a vegetação, o substrato acumula energia térmica e a transfere rapidamente para a edificação (PERUSSI; VECCHIA, 2017). Os resultados podem ser observados nos gráficos da figura 23.

Figura 23 - Comportamento térmico com e sem vegetação

Fonte: Perussi e Vecchia, 2017, p. 231

3 METODOLOGIA – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste capítulo será apresentado o procedimento experimental contemplando localização geográfica; caracterização, distribuição e montagem dos protótipos; planejamento e procedimentos dos testes; entre outros detalhamentos.

Embora relacionado à construção em concreto, o termo “laje” foi adotado neste trabalho para representar a chapa de aço que compõe a superfície superior dos protótipos, com o intuito de trazer familiaridade com as características de edificações, objeto do estudo.

Para avaliar o efeito da espessura do substrato, foram montados e instrumentados 5 módulos experimentais, sendo 4 com telhados verdes de diferentes espessuras de substrato e 1 de controle (sem telhado verde) para efeito de comparação. Os protótipos foram concebidos procurando destacar os fluxos de calor através da cobertura, utilizando-se de isolamento térmico nas paredes e piso. Sensores de temperatura foram posicionados estrategicamente com o intuito de estimar os fluxos de calor, verificar o comportamento do ar interno e externo nos módulos e avaliar o comportamento térmico das camadas. Detalhes das espessuras das coberturas estão listadas na tabela 1 e a localização de cada módulo com a respectiva identificação está indicada na figura 27. A variação de espessura de substrato adotada refere-se aos limites máximo e mínimo de coberturas verdes extensivas, conforme abordado na revisão da literatura, onde o módulo 1 apresenta a menor espessura, o módulo 4 a maior espessura e os módulos 2 e 3 apresentam variações proporcionalmente intermediárias.

Tabela 1 – Características individuais das coberturas dos protótipos

Módulo	Cobertura Verde	Espessura do substrato (cm)	Espessura total (cm)
1	Sim	4	8
2	Sim	8	12
3	Sim	12	16
4	Sim	16	20
5	Não - controle	-	-

Fonte: Autor

3.1 LOCALIZAÇÃO

O aparato experimental foi montado no Campus do Centro Universitário FEI, localizado na cidade de São Bernardo do Campo (latitude: 23° 43' S, longitude: 46° 34' W e altitude de

aproximadamente 803 m), mesorregião metropolitana do Estado de São Paulo, conforme mostrado na figura 24.

Segundo o Sumário de Dados de 2012 de São Bernardo do Campo, o clima da região é caracterizado como úmido e temperado, cuja média de temperatura situa-se entre 15°C e 24°C, sendo raramente inferior a 10°C e superior a 32°C. Média pluviométrica anual histórica de aproximadamente 1760 milímetros, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso (SBC, 2012).

Figura 24 - Localização geográfica da cidade de São Bernardo do Campo

Fonte: Autor “adaptado de” Abreu, 2018; Mapa, 2018

O local disponibilizado para os testes encontra-se sobre um terreno triangular no topo de um talude, situado ao lado da pista de testes do Centro Universitário, conforme ilustrado na figura 25.

Figura 25 - Localização do aparato experimental no campus da FEI

Fonte: Adaptado de Google, 2018a

À Norte, há um muro (com altura variando entre 2 e 2,6 metros) dividindo o terreno com uma edificação de aproximadamente 6 metros de altura, distante horizontalmente cerca de 5 metros. À Sudeste do terreno há outro muro com aproximadamente 2 metros de altura. Tanto a edificação à Norte quanto o muro à Sudeste provocam ligeiro sombreamento, devendo ser evitadas tais áreas superficiais. (Figura 26)

Figura 26 - Vista dos módulos experimentais da pista de testes do Campus FEI

Fonte: Autor

Os módulos experimentais foram posicionados com os eixos longitudinais um pouco defasados da direção Leste-Oeste, visando aproveitar melhor a incidência solar e localizados no terreno de forma a não obter sombreamento sobre as coberturas em nenhum momento do dia. A localização dos módulos experimentais e detalhes dimensionais do terreno no campus estão representados esquematicamente na figura 27.

Figura 27 - Localização dos módulos experimentais no terreno

Fonte: Autor

Os protótipos foram distribuídos de forma aleatória em relação à variável experimental (espessura do substrato), mas mantendo uniformidade entre as distâncias, conforme pode ser observado esquematicamente na figura 28.

Figura 28 - Detalhes do posicionamento dos módulos experimentais

Fonte: Autor

3.2 OS MÓDULOS EXPERIMENTAIS

Os detalhes construtivos e as sequencias de montagem dos módulos experimentais serão demonstrados no decorrer deste item, destacando a estrutura das câmaras, isolamentos térmicos,

camadas das coberturas verdes, instrumentação, características físicas dos materiais e lista de quantitativos.

3.2.1 Contêineres

Para simular contêineres de 20 pés, foram construídas 5 câmaras em escala de redução 1:3 (todas com as mesmas dimensões e geometria), constituídas de chapas de aço carbono com 2 mm de espessura, visando aproximar suas características construtivas às empregadas numa edificação, cujos detalhes estão representados a seguir. (Figura 29)

Figura 29 - Detalhes construtivos e cotas principais das câmaras

Fonte: Autor

3.2.2 Isolamento térmico

As paredes internas e piso de todas as câmaras foram revestidos com isolamento térmico, deixando apenas o teto sem revestimento interno. Para isto, foram utilizadas chapas de poliestireno expandido (isopor®) com 30 mm de espessura medindo 0,5 m de largura por 1,0 m de comprimento, fixadas nas superfícies internas com fita dupla-face. Esta espessura foi escolhida devido ao fato de ser comumente empregada em construções em contêineres. (Figura 30)

Figura 30 - Detalhes dimensionais e de montagem do isolamento térmico

Fonte: Autor

3.2.3 Laterais de contenção

Para sustentação das camadas do telhado verde, foram instaladas laterais constituídas de chapas de madeira compensada com 10 mm de espessura, contornando todo perímetro do contêiner. A altura das laterais em relação ao teto das câmaras foi considerada para cada espessura de substrato avaliada (entre 8 cm e 20 cm), sendo suficiente para acomodar a espessura total dos telhados vegetados. (Figura 31)

Figura 31 - Detalhes dimensionais e de montagem das laterais de contenção

Fonte: Autor

3.2.4 Cobertura verde

Para as coberturas verdes instaladas nos módulos de 1 a 4 foram considerados os materiais e espessuras da Tabela 2 e Figura 32.

Tabela 2 – Composição das camadas das coberturas verdes

CAMADAS	ESPESSURA			
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4
Vegetação (Grama Esmeralda)	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
Substrato (Terra Vegetal)	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm
Filtragem (Manta Geotêxtil)	~ 2 mm	~ 2 mm	~ 2 mm	~ 2 mm
Drenagem (Argila Expandida)	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Impermeabilização (Manta de Polietileno)	150 µm	150 µm	150 µm	150 µm
Cobertura (Chapa em Aço Carbono)	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
TOTAL:	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm

Fonte: Autor

Figura 32 - Detalhes em corte das camadas das coberturas verdes

Fonte: Autor

Após montagem das laterais de sustentação, pôde-se iniciar a montagem da cobertura verde com a impermeabilização, sendo utilizada manta de polietileno de 150 μm diretamente posicionada sobre a cobertura das câmaras. Para possibilitar o escoamento da água, posicionou-se a manta passando pela passagem para drenagem considerada na base da lateral de sustentação (ver detalhe na figura 30) e efetuou-se uma abertura na mesma, conforme figura 33.

Figura 33 - Montagem da camada impermeabilizante e detalhe da passagem para drenagem

Fonte: Autor

Para camada de drenagem, foram utilizados 20 kg de argila expandida por módulo, mantendo uma espessura aproximada de 3 cm que, para as dimensões da cobertura (2,0 m x 0,81 m), correspondem a um volume aproximado de 50 litros, totalizando 80 kg (~ 200 L) para os 4 protótipos (Figura 34). Ressalta-se que para a drenagem efetiva, foi considerada uma pequena inclinação dos módulos.

Figura 34 - Montagem da camada de drenagem sobre a manta de polietileno

Fonte: Autor

A camada filtrante, composta pela manta geotêxtil com espessura de aproximadamente 2 mm, foi posicionada sobre a camada de drenagem forrando inclusive as superfícies internas das laterais. (Figura 35)

Figura 35 - Montagem da camada de filtragem sobre a argila expandida

Fonte: Autor

O substrato, composto por terra vegetal, foi adicionado para cada módulo, cujas quantidades aproximadas podem ser verificadas na tabela 3. (Figura 36)

Tabela 3 – Quantidades aproximadas de substrato

Módulos	Quantidades de substrato
1	64,8 L (~ 84 kg)
2	129,6 L (~ 168 kg)
3	194,4 L (~ 253 kg)
4	259,2 L (~ 337 kg)
Total	648,0 L (~ 842 kg)

Fonte: Autor

Figura 36 - Montagem da camada de substrato sobre a manta geotêxtil

Fonte: Autor

O plantio da vegetação foi realizado utilizando placas que, agrupadas, ocuparam uma área de 1,62 m² por módulo experimental, totalizando 6,48 m². (Figura 37)

Figura 37 - Montagem da camada de vegetação sobre o substrato

Fonte: Autor

3.2.5 Propriedades físicas dos materiais

Algumas propriedades físicas dos materiais empregados na construção dos módulos experimentais, importantes para modelagem matemática, estão listadas na tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades físicas dos materiais empregados nos protótipos

Material	Propriedades			Fonte
	ρ [kg/m ³]	c [J/kg.K]	K [W/m.K]	
Aço carbono (cobertura)	7801	473	43	Kreith e Bohn, 2001
Manta de Polietileno	950	1700	0,35	Incomplast, 2018
Argila Expandida (seca)	450	-	0,29	Refratil, 2018
Manta Geotêxtil	910	1700	0,29	ABINT, 1999; Incomplast, 2018
Terra Vegetal (seca)	1300	1842	0,35	Kreith e Bohn, 2001
Terra Vegetal (úmida)	1800	-	2,60	
Grama Esmeralda	-	-	-	
Placas de EPS	55	1210	0,027	Incropera <i>et al.</i> , 2008

ρ : massa específica; c : calor específico; K : condutividade térmica.

Fonte: indicada na tabela

3.2.6 Instrumentação

Para monitoração das condições do ar interior em cada protótipo foram instalados 6 sensores, sendo 3 para medição das temperaturas de bulbo seco (TBS) e 3 para temperaturas de bulbo úmido (TBU). Os sensores e reservatórios para TBU foram fixados com um arame estendido diagonalmente e posicionado à meia altura no interior das câmaras. Para avaliar o perfil de temperaturas entre as camadas dos telhados verdes, 3 sensores foram instalados entre a cobertura das câmaras e a lona impermeabilizante, 3 entre a manta geotêxtil e o substrato e 3 sobre a vegetação. Assim como no interior das câmaras, foram posicionados mais 6 sensores 10 cm acima dos 5 protótipos (3 para TBS e 3 para TBU) para avaliar a influência das coberturas em relação ao comportamento do ar externo. (Figura 38)

Figura 38 - Distribuição dos sensores por módulo experimental

Fonte: Autor

As medições de todos os pontos de temperatura foram realizadas utilizando termistores do tipo NTC (10 k Ω 3 mm MF52) soldados em cabos elétricos com aproximadamente 2 metros de comprimento, isolados e impermeabilizados com borracha termoplástica líquida, sendo que os sensores expostos à luz receberam película adicional com fita refletiva para minimizar o efeito da radiação sobre a medição (Figura 39). Este tipo de sensor de temperatura foi escolhido para este estudo devido sua considerável precisão e facilidade de manuseio, cuja faixa de temperatura de operação (-55°C até 125°C) contempla os objetivos estabelecidos. O princípio de funcionamento e procedimentos de calibração destes sensores estão descritos no item 3.3.3.2.

Figura 39 - Termistor tipo NTC para todas as medições de temperatura

Fonte: Amazon, 2018

Para medições internas das temperaturas de bulbo úmido (TBU), foram confeccionados reservatórios plásticos contendo água e uma mecha úmida em contato com os termistores (devidamente impermeabilizados). (Figura 40)

Figura 40 - Reservatório para medição de TBU em conjunto com o termistor

Fonte: Autor

Externamente, para auxiliar as medições de TBU, foram produzidos – além dos reservatórios – coberturas com película refletiva com o intuito de minimizar o efeito de aquecimento dos termistores pela radiação solar. (Figura 41)

Devido falta de condições ideais para as medições de TBU – com velocidade constante do ar sobre os termistores – não é possível determinar a incerteza das leituras, porém, o intuito desta análise é apenas estimar esta grandeza e oferecer mais um parâmetro para discussão. Desta forma, pode-se considerar que o gradiente de temperatura nos módulos é o que realmente oferece subsídios para o objeto de estudo do presente trabalho.

Figura 41 - Medição de TBU do ar externo com a respectiva cobertura refletiva

Fonte: Autor

Em cada cobertura verde, 3 sensores de umidade foram posicionados na camada de substrato, com o objetivo de monitorar as condições higrométricas do solo. (Figura 42)

Figura 42 - Sensor de umidade do solo para verificar as condições do substrato

Fonte: Multilógica, 2018

As medições de todos os pontos de temperatura e umidade do solo foram registradas periodicamente a partir do conjunto de aquisição de dados, montado em placa de circuito impresso utilizando plataforma Arduino® alimentada por uma bateria de 12 V carregada por célula fotovoltaica. (Figura 43)

Figura 43 - Conjunto de alimentação das placas eletrônicas com célula fotovoltaica, controlador e bateria 12 V

Fonte: Autor

Cada placa eletrônica, construída para o experimento, possui relógio para controle do tempo, multiplexadores - para aquisição de múltiplos pontos simultâneos de medição - e cartão SD para armazenamento dos dados (Figura 44). O projeto da placa e o código utilizado para programação da plataforma Arduino encontram-se disponíveis nos apêndices H e I.

Figura 44 - Identificação dos componentes do conjunto de aquisição de dados

Fonte: Autor

As condições climáticas do ar externo foram estimadas a partir dos medidores de TBS e TBU externos instalados no módulo 5 (sem cobertura verde) e com o objetivo de complementar esses dados, a incidência de radiação solar foi medida por meio da estação meteorológica automática S. Bernardo-Centro da CETESB instalada a aproximadamente 4,5 km do experimento. As informações registradas ficam disponíveis no site: qualar.cetesb.sp.gov.br, sendo possível obter dados horários históricos de diversas variáveis meteorológicas (CETESB, 2018). (Figura 45)

Figura 45 - Estação meteorológica automática da CETESB e sua localização

Fonte: Autor “adaptado de” Cetesb, 2018 e Google, 2018b

3.2.7 Lista de Quantitativos

Na tabela 5 são listados todos os materiais aplicados na construção dos protótipos, demonstrando as respectivas especificações, unidades de medida, quantidades por módulo e quantidades totais.

Tabela 5 – Lista de componentes empregados nos módulos experimentais

Componente	Especificações	Unid.	Quantidade por módulo					Qtde Total
			Mód. 1	Mód. 2	Mód. 3	Mód. 4	Mód. 5	
Contêiner	Câmaras em aço carbono (2 mm)	un.	1	1	1	1	1	5
Isolante térmico	Placas de EPS 1,0 m X 0,5 m	m ²	5,54	5,54	5,54	5,54	5,54	27,68
	Fita dupla-face (fixação das placas)	rolo	-	-	-	-	-	2
Laterais para contenção	Chapa de madeira compensada	m ²	1,12	1,12	1,7	1,7	-	5,64
	Parafuso M6 X 25	un.	6	6	6	6	6	36
	Porca M6	un.	6	6	6	6	6	36
	Arruela para parafuso M6	un.	12	12	12	12	12	60
	Parafuso para madeira	un.	8	8	8	8	8	40
Impermeabilizante	Lona de polietileno 150 µm (2 m X 3 m)	un.	1	1	1	1	-	4
Drenagem	Argila Expandida	kg	20	20	20	20	-	80
Filtragem	Manta geotêxtil	m ²	1,84	2,07	2,29	2,74	-	8,95
Substrato	Terra vegetal	kg	84	168	253	337	-	842
Vegetação	Gramma esmeralda (placas)	m ²	1,62	1,62	1,62	1,62	-	6,48
Instrumentação	Termistor NTC 10 kΩ 3 mm MF52	un.	21	21	21	21	15	99
	Resistor de Precisão 10 kΩ 1% 1/4W	un.	2	2	2	2	2	10
	Reservatórios para TBU	un.	4	4	4	4	4	20
	Sensor de umidade do solo	un.	3	3	3	3	-	12
	Placa Arduino Nano	un.	1	1	1	1	1	5
	Caixa plástica para acomodação	un.	1	1	1	1	1	5
	Cabo elétrico	m	48	48	48	48	30	222
	Multiplexador 16 canais CD74HC4067	un.	2	2	2	2	2	10
	Placa PCB usinada	un.	1	1	1	1	1	5
	Barra de Pinos 1x40 Vias 11,2 mm 180°	un.	25	25	25	25	25	125
	Módulo Shield SD Card para Arduino	un.	1	1	1	1	1	5
	Relógio para Arduino Módulo DS3231	un.	1	1	1	1	1	5
	Cartão micro SD Sandisk 16 Gb	un.	1	1	1	1	1	5
	Bateria selada 12V 7Ah/20Hr	un.						1
	Célula fotovoltaica	um.						1
	Controlador de carga solar	um.						1

Fonte: Autor

3.2.8 Registro fotográfico da sequência de montagem

As figuras a seguir representam, de forma resumida, a sequência de montagem dos módulos experimentais desde os componentes estruturais até a instrumentação. As imagens, em sua maior parte, referem-se à instalação da cobertura verde, não sendo aplicável para o módulo 5 (controle), no entanto, os componentes internos e instrumentação aplicada às medições de TBS e TBU externos são equivalentes para todos os módulos.

Após alinhamento e nivelamento das câmaras, foram montadas as laterais de contenção utilizando chapas de madeira compensada com dimensões compatíveis com a espessura das coberturas de cada protótipo. (Figura 46)

Figura 46 - Montagem das laterais de contenção

Fonte: Autor

Internamente, foram fixadas as placas de EPS com auxílio de fita dupla-face isolando termicamente as laterais e piso. Também foi posicionado arame para fixação dos termistores para medições de TBS e TBU à, aproximadamente, metade da altura interna da câmara. (Figura 47)

Figura 47 - Fixação das placas de EPS no interior das câmaras

Fonte: Autor

Após fixação das laterais, foram instalados os sensores para medição da temperatura da laje, posicionada camada impermeabilizante com a lona de polietileno e adicionada argila expandida para camada de drenagem. (Figura 48)

Figura 48 - Montagem das camadas impermeabilizante e drenagem

Fonte: Autor

Sobre a argila expandida foi instalada a camada filtrante com a manta geotêxtil e, sobre ela, os sensores para medição da temperatura na superfície inferior do substrato. (Figura 49)

Figura 49 - Instalação da manta geotêxtil para camada de filtragem

Fonte: Autor

Após posicionamento da camada filtrante, foi adicionada e nivelada terra vegetal para a camada de substrato. (Figura 50)

Figura 50 - Adição de terra vegetal para camada de substrato

Fonte: Autor

Para a última camada (vegetação), foram encaixadas placas de grama esmeralda (40 cm X 60 cm), juntamente com os termistores para medição da temperatura da vegetação. (Figura 51)

Figura 51 - Instalação da camada de vegetação em placas de 40 cm X 60 cm

Fonte: Autor

Sobre a vegetação, foram posicionados termistores para medição de TBS, o conjunto para medição de TBU (reservatórios, sensores e cobertura) e sensores de umidade do solo. (Figura 52)

Figura 52 - Instalação da instrumentação sobre a camada de vegetação e ar externo

Fonte: Autor

Para o protótipo 5 (controle), o conjunto para medições de TBS e TBU (reservatórios, sensores e cobertura) foi instalado diretamente sobre a laje da câmara, utilizando fita adesiva laminada. (Figura 53)

Figura 53 - Instrumentação instalada sobre a laje do módulo 5

Fonte: Autor

3.3 PLANEJAMENTO DOS TESTES

Neste item será demonstrado o planejamento do experimento, abordando a identificação dos sensores, procedimentos para coleta e armazenamento dos dados, calibração dos instrumentos de medição e análise de incertezas das grandezas apuradas.

A fim de analisar o desempenho térmico das coberturas verdes com diferentes espessuras de substrato, o método proposto por este trabalho relaciona-se a comparação dos dados experimentais, destacando suas diferentes respostas ao longo do tempo. O período utilizado para armazenamento dos dados foi de 48 horas correspondentes aos dias 29 e 30 de novembro de 2018. O objetivo de utilizar dois dias de medição refere-se à possibilidade de identificar repetibilidade no comportamento dos fenômenos, reforçando a análise.

3.3.1 Identificação dos sensores

Para coleta dos dados de temperatura e umidade do solo foram utilizados 3 sensores em cada ponto de medição com o objetivo de registrar a média das respectivas leituras, além de garantir os registros de pelo menos um sensor em caso de falha. Devido à grande quantidade de sensores (99 termistores e 12 sensores de umidade do solo), foi atribuída identificação conforme exemplo mostrado na figura 54.

Figura 54 - Conjunto de 3 sensores com etiquetas de identificação nos respectivos cabos

Fonte: Autor

A nomenclatura dos sensores relaciona-se ao módulo experimental pertencente, posição do sensor no módulo, tipo de sensor utilizado e identificação individual, respectivamente, conforme figura 55.

Figura 55 – Nomenclatura e distribuição dos sensores nos módulos experimentais

Nomenclatura dos sensores:

3 E T b

- Identificação individual (a, b, c)
 - a : 1º sensor
 - b : 2º sensor
 - c : 3º sensor
- Tipo de sensor (T, U, H)
 - T : temperatura
 - U : temperatura de bulbo úmido
 - H : umidade do solo
- Posição do sensor (I, L, S, V, E)
 - I : ar interno
 - L : laje
 - S : substrato – superfície interior
 - V : vegetação – topo do substrato
 - E : ar externo
- Módulo experimental ($1, 2, 3, 4, 5$)
 - 1 : 4 cm de substrato
 - 2 : 8 cm de substrato
 - 3 : 12 cm de substrato
 - 4 : 16 cm de substrato
 - 5 : controle

Nota: Para o módulo 5 (controle), os sensores 5ET(a,b,c) e 5EU(a,b,c) localizam-se logo acima da laje.

Fonte: Autor

Todos os sensores empregados no experimento podem ser visualizados na tabela 6, identificando suas nomenclaturas conforme posição nos respectivos módulos experimentais pertencentes.

Tabela 6 – Visualização geral dos sensores por módulo experimental

Posição do sensor (tipo de sensor)	Identificação dos sensores por módulo experimental				
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5
Ar interno (temperatura de bulbo seco)	1ITa	2ITa	3ITa	4ITa	5ITa
	1ITb	2ITb	3ITb	4ITb	5ITb
	1ITc	2ITc	3ITc	4ITc	5ITc
Ar interno (temperatura de bulbo úmido)	1IUa	2IUa	3IUa	4IUa	5IUa
	1IUb	2IUb	3IUb	4IUb	5IUb
	1IUC	2IUC	3IUC	4IUC	5IUC
Laje (temperatura)	1LTa	2LTa	3LTa	4LTa	5LTa
	1LTb	2LTb	3LTb	4LTb	5LTb
	1LTc	2LTc	3LTc	4LTc	5LTc
Substrato – superfície inferior (temperatura)	1STa	2STa	3STa	4STa	
	1STb	2STb	3STb	4STb	
	1STc	2STc	3STc	4STc	
Vegetação – topo do substrato (temperatura)	1VTa	2VTa	3VTa	4VTa	
	1VTb	2VTb	3VTb	4VTb	
	1VTc	2VTc	3VTc	4VTc	
Vegetação – topo do substrato (umidade do solo)	1VHa	2VHa	3VHa	4VHa	
	1VHb	2VHb	3VHb	4VHb	
	1VHc	2VHc	3VHc	4VHc	
Ar externo (temperatura de bulbo seco)	1ETa	2ETa	3ETa	4ETa	5ETa
	1ETb	2ETb	3ETb	4ETb	5ETb
	1ETc	2ETc	3ETc	4ETc	5ETc
Ar externo (temperatura de bulbo úmido)	1EUa	2EUa	3EUa	4EUa	5EUa
	1EUb	2EUb	3EUb	4EUb	5EUb
	1EUC	2EUC	3EUC	4EUC	5EUC

Fonte: Autor

3.3.2 Coleta e armazenamento dos dados experimentais

O conjunto de aquisição de dados foi programado para coletar as leituras dos sensores a cada 10 minutos, efetuando 10 registros durante um minuto (a cada 6 segundos) e interrompendo o registro nos 9 minutos seguintes, o que, para as 48 horas de medição (considerando todos os 111 sensores), representou um total teórico de 319680 dados. Desta forma, é possível obter parâmetros suficientes para determinação das incertezas das medições de cada sensor. Todos os dados foram salvos em arquivos de texto registrando data e hora da medição.

Uma imagem da placa de circuito impresso com as posições das conexões dos sensores pode ser observada na figura 56.

Figura 56 - Posicionamento dos sensores no conjunto de aquisição de dados
(utilizado módulo 1 como exemplo)

Fonte: Autor

3.3.3 Procedimentos de calibração dos termistores

O procedimento de calibração dos termistores empregados no experimento foi executado basicamente em 3 etapas, sendo elas:

- 1) Levantamento dos dados de calibração a partir de um termômetro de resistência de platina medindo 4 temperaturas distintas de referência.
- 2) Ajuste do coeficiente β e demais constantes da equação do termistor NTC a partir de procedimentos de linearização e regressão linear pelo método dos mínimos quadrados.
- 3) Determinação dos erros experimentais pela propagação das incertezas das medições realizadas.

3.3.3.1 Levantamento dos dados de calibração

Após montagem e identificação dos termistores, foram coletados os dados de calibração, utilizando como referência um termômetro de resistência de platina do fabricante Isotech - Modelo 909 (última calibração em 28/06/2007), instalado em conjunto com um multímetro de precisão HP – Modelo 3457A. As resistências dos conjuntos termistores (sensor + solda + cabo) foram obtidas a partir de um alicate amperímetro do fabricante Minipa – Modelo ET-3357. As especificações técnicas e dados de calibração do termômetro de platina e multímetros empregados podem ser verificados na tabela 7.

Tabela 7 – Características técnicas e dados de calibração dos instrumentos utilizados

Instrumento	Características técnicas	Dados de calibração
Termômetro de resistência de platina Fabricante: Isotech Modelo: 909	Diâmetro do termômetro: 7,5 mm Comprimento da haste: 600 mm Comprimento do sensor: 70 mm Número de fios do sensor: 4	Faixa de medição: -40°C a 420°C Resistência Nominal: 25 Ω Resist. de ref. (0,01°C): 25,227773 $\pm$ 5E-06 Ω (em 1 mA)
Multímetro de precisão Fabricante: Hewlett Packard (HP) Modelo: 3457A	Display LCD – 7 dígitos	Faixas de medição: 30 Ω , 300 Ω , 3 k Ω , 30 k Ω , 300 k Ω , 3 M Ω , 30 M Ω , 300 M Ω , 3 G Ω Precisão para a faixa de medição utilizada: 0,003 % Resolução para a faixa de medição utilizada: 10 $\mu\Omega$, 100 $\mu\Omega$, 1 m Ω , 10 m Ω
Alicate amperímetro digital Fabricante: Minipa Modelo: ET-3357	Display LCD - 4 dígitos	Faixas de medição: 400 Ω , 4 k Ω , 40 k Ω , 400k Ω , 4M Ω , 40M Ω Precisão: 400 Ω ~ 4M Ω $\pm$ (1,2 %) Resolução: 0.1 Ω , 1 Ω , 10 Ω , 100 Ω , 1k Ω , 10k Ω

Fonte: Autor

Os termistores empregados no experimento foram colocados em contato com o termômetro de referência utilizando recipientes com água sob 4 condições distintas de temperatura (~ 0°C – gelo; ~ 22,5°C – ambiente; ~ 42,5°C – banho quente; ~ 73°C – banho quente), efetuando-se a leitura das resistências do termômetro de referência e dos termistores simultaneamente. (Figura 57)

Figura 57 - Procedimentos para coleta dos dados de resistência elétrica do termômetro de referência e dos termistores

Fonte: Autor

Os dados de resistência elétrica do termômetro de referência e termistores, as temperaturas correspondentes e a incerteza das medições dos quatro pontos para cada termistor estão disponíveis em tabela nos apêndices A e B.

3.3.3.2 Ajuste dos coeficientes do termistor

Os termistores do tipo NTC (*negative temperature coefficient*), empregados no experimento, são constituídos de material polimérico. Seu princípio de funcionamento está associado a variação de sua resistência elétrica em função da temperatura em que o mesmo estiver submetido. Esta variação representa uma curva exponencial decrescente, cuja equação que descreve este comportamento pode ser verificada abaixo:

$$T = \frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)} \quad (19)$$

Onde:

T = temperatura medida [K]

T_0 = temperatura de referência (de fábrica: 25°C) [K]

β = coeficiente do termistor (de fábrica: 3900) [K]

R = resistência elétrica variável [Ω]

R_0 = resistência elétrica de referência (de fábrica: 10 k Ω) [Ω]

Para este estudo, a resistência elétrica variável foi obtida a partir da entrada analógica da Placa Arduino (10 bits – 1024 valores inteiros) em conjunto a um divisor de tensão (com resistor de 10 k Ω), associando linearmente a tensão de saída (0 a 5 V) aos valores inteiros impressos (0 a 1023), conforme equação abaixo:

$$R = \frac{R_{10k\Omega}}{\frac{A_e}{A_s} - 1} \quad (20)$$

Onde:

$R_{10k\Omega}$ = resistor (10 k Ω) aplicado ao divisor de tensão

A_e = sinal analógico de entrada (1023 = 5 V)

A_s = sinal analógico de saída (0 a 1023)

De fábrica, o termistor empregado no experimento possui alguns dados pré-determinados, porém, como foram associadas diversas fontes de resistência adicionais como cabos, conexões e demais componentes do conjunto de aquisição de dados, é necessário ajustar o coeficiente do termistor e demais constantes. As características de fábrica e diagrama representando o divisor de tensão e as resistências adicionais podem ser verificadas na figura 58.

Figura 58 - Representação esquemática do divisor de tensões com resistências adicionais e dados de fábrica dos termistores

Fonte: Autor

Para efeito de correção do coeficiente do termistor (β) e demais constantes, torna-se necessária linearização da equação para, posteriormente, aplicar o procedimento de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados utilizando os dados de calibração levantados com auxílio do termômetro de referência. Considerando a resistência elétrica do conjunto termistor em função da variação de temperatura, obtém-se o equacionamento a seguir.

$$R = R_0 \cdot e^{\beta \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad (21)$$

Isolando as constantes presentes na equação e chamando-as de “r”, obtém-se:

$$r = R_0 \cdot e^{\frac{-\beta}{T_0}} \quad (22)$$

Desta forma, é possível reescrever a equação linearizada como sendo:

$$\ln R = \frac{\beta}{T} - \ln r \quad (23)$$

Em termos de $y = ax + b$, cada parcela da equação fica:

$$y = \ln R \quad a = \beta \quad x = \frac{1}{T} \quad b = -\ln r$$

De posse dos dados levantados com auxílio do termômetro de referência e da equação do termistor linearizada, pode-se aplicar o procedimento de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados, determinando o coeficiente a (β) e a constante da equação b ($-\ln r$), onde os valores correspondentes a y referem-se às resistências dos termistores e os valores de x referem-se às temperaturas do termômetro de referência, conforme segue para os 4 pontos levantados.

$$\begin{aligned} \text{Sendo:} \quad y_1 = \ln R_1 \quad y_2 = \ln R_2 \quad y_3 = \ln R_3 \quad y_4 = \ln R_4 \quad \text{e} \\ x_1 = \frac{1}{T_1} \quad x_2 = \frac{1}{T_2} \quad x_3 = \frac{1}{T_3} \quad x_4 = \frac{1}{T_4} \end{aligned}$$

Para obtenção do coeficiente a (β) ajustado aplica-se, para cada termistor, a equação a seguir:

$$a = \frac{n \cdot \sum (x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (24)$$

Para determinação do valor da constante b ($-\ln r$) corrigida aplica-se, para cada termistor, a seguinte equação:

$$b = \frac{\sum y - a \cdot \sum x}{n} \quad (25)$$

Onde n , em ambas equações, corresponde a quantidade de pontos levantados ($n = 4$).

Os valores ajustados para o coeficiente β e para a constante b em todos os termistores podem ser verificados na tabela 8.

Tabela 8 – Valores ajustados do coeficiente a (β) e da constante b ($-\ln r$) dos termistores

Módulo 1			Módulo 2			Módulo 3			Módulo 4			Módulo 5		
Term.	β	$\ln r$	Term.	β	$\ln r$	Term.	β	$\ln r$	Term.	β	$\ln r$	Term.	β	$\ln r$
1ITa	3920,25	10,85	2ITa	3920,10	10,85	3ITa	3920,84	10,84	4ITa	3923,96	10,87	5ITa	3919,39	10,83
1ITb	3925,68	10,90	2ITb	3918,98	10,84	3ITb	3362,05	8,98	4ITb	3923,79	10,86	5ITb	3919,89	10,84
1ITc	3869,01	10,64	2ITc	3915,62	10,83	3ITc	3928,10	10,88	4ITc	3929,83	10,89	5ITc	3365,57	9,00
1IUa	3922,66	10,85	2IUa	3921,53	10,84	3IUa	3923,61	10,87	4IUa	3915,16	10,83	5IUa	3925,38	10,87
1IUb	3924,87	10,87	2IUb	3922,71	10,86	3IUb	3923,58	10,86	4IUb	3368,64	9,01	5IUb	3921,84	10,85
1IUc	3921,33	10,86	2IUc	falha	falha	3IUc	3925,50	10,87	4IUc	3913,24	10,83	5IUc	3918,54	10,84
1LTa	3921,72	10,85	2LTa	3918,19	10,85	3LTa	3923,75	10,87	4LTa	3922,24	10,85	5LTa	3920,85	10,84
1LTb	3920,82	10,86	2LTb	3920,05	10,84	3LTb	3928,93	10,87	4LTb	3920,40	10,85	5LTb	3919,33	10,83
1LTc	3852,19	10,61	2LTc	3920,27	10,85	3LTc	3923,75	10,87	4LTc	3922,08	10,86	5LTc	3920,38	10,85
1STa	3924,26	10,87	2STa	3919,27	10,85	3STa	3928,45	10,88	4STa	3922,29	10,86			
1STb	3922,54	10,86	2STb	3920,27	10,84	3STb	3925,47	10,87	4STb	3922,95	10,86			
1STc	3920,64	10,85	2STc	3919,81	10,84	3STc	3930,46	10,88	4STc	3920,60	10,86			
1VTa	3920,77	10,85	2VTa	3918,39	10,84	3VTa	3921,25	10,86	4VTa	3922,78	10,85			
1VTb	3920,62	10,85	2VTb	3924,18	10,85	3VTb	3924,18	10,86	4VTb	3920,56	10,85			
1VTc	3923,20	10,85	2VTc	3919,85	10,83	3VTc	3922,62	10,86	4VTc	3925,35	10,87			
1ETa	3922,21	10,85	2ETa	3919,73	10,84	3ETa	3936,20	10,91	4ETa	3920,75	10,85	5ETa	3920,93	10,84
1ETb	3921,29	10,85	2ETb	3922,47	10,86	3ETb	3932,26	10,90	4ETb	3919,55	10,84	5ETb	3918,04	10,84
1ETc	3920,94	10,85	2ETc	3920,41	10,85	3ETc	3928,83	10,85	4ETc	3922,61	10,84	5ETc	3922,69	10,86
1EUa	3921,27	10,86	2EUa	3918,51	10,85	3EUa	3923,65	10,86	4EUa	3921,65	10,85	5EUa	3358,21	8,97
1EUb	3925,84	10,87	2EUb	3921,82	10,86	3EUb	3924,68	10,85	4EUb	3919,32	10,84	5EUb	3326,73	8,86
1EUC	3918,83	10,84	2EUC	3916,89	10,85	3EUC	3927,53	10,87	4EUC	3926,51	10,87	5EUC	3924,75	10,86

Fonte: Autor

3.3.3.3 Análise de incertezas

Para determinação das incertezas nas medições dos pontos de temperatura foram consideradas as seguintes propagações:

$$u_T^2 = u_{T \leftarrow R}^2 + DMQ^2 + \frac{\sigma_T^2}{n} \quad (26)$$

Onde:

u_T = incerteza das medições de temperatura com os termistores

$u_{T \leftarrow R}$ = incerteza das resistências do circuito propagadas para temperatura

DMQ = Desvio médio quadrático da regressão linear em relação ao termômetro de referência

σ_T = Desvio padrão das temperaturas medidas para cada conjunto de 3 termistores (a,b,c)

n = número de medições realizadas a cada 10 minutos para cada conjunto de 3 termistores

A incerteza devido as resistências do circuito podem ser determinadas como sendo:

$$u_{T \leftarrow R} = \frac{\partial T}{\partial R} \cdot u_R \quad (27)$$

Onde u_R representa a incerteza padrão para as resistências do circuito, sendo estimada conforme equação abaixo:

$$u_R = \frac{Le_{R10K\Omega} + Le_{Mult} + Le_{Mux} + Le_{Extras}}{2} = 50 \, \Omega \quad (28)$$

Onde:

$Le_{R10K\Omega}$ = limite de erro para os resistores utilizados nos divisores de tensão (50 Ω)

Le_{Mult} = limite de erro para o multímetro utilizado para medição dos resistores (30 Ω)

Le_{Mux} = limite de erro para cada multiplexador (10 Ω)

Le_{Extras} = limite de erro estimado para as resistências de cabos, conexões e soldas (10 Ω)

A derivada parcial da temperatura em função da resistência, a partir da equação 27, pode ser determinada como:

$$\frac{\partial T}{\partial R} = - \frac{1}{\beta \cdot R \cdot \left[\frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} \cdot \ln \left(\frac{R}{R_0} \right) \right]^2} \quad (29)$$

E o desvio médio quadrático (DMQ) para a regressão linear pode ser determinado como:

$$DMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [f(R_i) - T_i]^2}{n - 1}} \quad (30)$$

Onde:

$f(R_i)$ = função obtida por meio da regressão linear para temperatura

T_i = temperatura de referência a partir do termômetro de platina

n = quantidade de pontos de temperatura levantados para calibração ($n = 4$)

Após implementação do procedimento apresentado acima, pôde-se concluir que a incerteza das medições de temperatura em todos os módulos experimentais não supera o valor de $\pm 0,8^\circ\text{C}$.

3.3.4 Estimativa de propriedades psicrométricas

Com o objetivo de verificar o comportamento energético do ar submetido aos protótipos, uma análise psicrométrica foi considerada estimando a variação da entalpia específica e umidade relativa. O equacionamento demonstrado a seguir baseia-se no algoritmo apresentado no livro Fundamentos e Aplicações da Psicrometria (MOREIRA, 1999), a partir da pressão atmosférica local e das medições de TBS e TBU, sendo aplicável para o ar no interior das câmaras, ar externo e logo acima da vegetação (à 10 cm).

Nesta análise, as seguintes hipóteses simplificadoras foram adotadas:

- Propriedades do ar no interior dos módulos uniformes
- Radiação emitida pelas paredes internas desprezível
- Ar úmido considerado como gás ideal
- Pressão do ar úmido interno constante e igual a pressão externa (atmosférica)
- Condições de medição de TBU ideais
- Geração interna de calor desprezível

Para obtenção da entalpia específica do ar úmido (h), a seguinte equação foi utilizada:

$$h = h_a + \omega \cdot h_v \quad (31)$$

Onde:

h_a = entalpia específica do ar seco [kJ/kg_a]

h_v = entalpia específica do vapor d'água contido no ar úmido [kJ/kg_a]

ω = umidade absoluta [kg_v/kg_a]

A entalpia específica do ar seco (h_a), pode ser determinada a partir da regressão de dados abaixo com base na TBS (T):

$$h_a = 1,598 \times 10^{-5} T^2 + 1,006 T \quad (32)$$

A entalpia do vapor d'água (h_v) também foi obtida a partir de regressão de dados em função de TBS (T):

$$h_v = -8 \times 10^{-6} T^3 - 2 \times 10^{-4} T^2 + 1,851 T + 2501,2 \quad (33)$$

A umidade absoluta (ω) é obtida a partir do balanço de massa e energia no processo de saturação adiabática (psicrômetro adiabático) utilizando-se de TBU, conforme equação a seguir:

$$\omega = \frac{h_{au} - h_a + \omega_u (h_{vu} - h_{lu})}{h_v - h_{lu}} \quad (34)$$

Onde:

h_{au} = entalpia específica do o ar seco em TBU [kJ/kg_a]

h_a = entalpia específica do ar seco em TBS [kJ/kg_a]

h_{vu} = entalpia específica do vapor d'água em TBU [kJ/kg_a]

h_{lu} = entalpia específica da água líquida em TBU [kJ/kg_a]

h_v = entalpia específica do vapor d'água em TBS [kJ/kg_a]

ω_u = umidade absoluta do ar em TBU [kJ/kg_a]

As parcelas da equação anterior, referentes às entalpias do ar seco e do vapor d'água, podem ser calculadas a partir das regressões de dados apresentadas anteriormente

convenientemente para TBS e TBU, assim como a parcela de entalpia específica para água líquida (h_{lu}), conforme regressão a seguir:

$$h_{lu} = 9,635 \times 10^{-5} T^2 + 4,187 T \quad (35)$$

A umidade absoluta do ar quando submetido a TBU (ω_u) pode ser determinada a partir da equação:

$$\omega_u = 0,62198 \frac{P_{vu}}{(P - P_{vu})} \quad (36)$$

Onde:

P_{vu} = pressão de saturação do vapor em TBU [kPa]

P = pressão total do ar úmido correspondente à atmosférica [kPa]

0,62198 = relação entre as constantes particulares dos gases para o ar seco e vapor d'água

A pressão de saturação do vapor (P_{vu}) pode ser obtida utilizando-se a correlação a seguir:

$$\ln\left(\frac{P_{vu}}{22087,87}\right) = \frac{0,01}{T + 273,15} (374,136 - T) \times \sum_{i=1}^8 F_i (0,65 - 0,01T)^{i-1} \quad (37)$$

Onde:

T = temperatura de saturação do vapor [°C]

$F_1 = -741,9242$

$F_2 = -29,72100$

$F_3 = -11,55286$

$F_4 = -0,8685635$

$F_5 = 0,1094098$

$F_6 = 0,439993$

$F_7 = 0,2520658$

$F_8 = 0,05218684$

Sendo a pressão total do ar úmido a atmosférica, é possível determiná-la a partir da altitude local em metros (L) utilizando expressão a seguir:

$$P = 101,325 \left(1 - 2,25577 \times 10^{-5} L \right)^{5,2559} \quad (38)$$

Para estimativa da umidade relativa (ϕ), também considerada nesta análise, pode-se empregar a equação abaixo:

$$\phi = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (39)$$

Onde:

P_v = pressão parcial do vapor d'água contido no ar úmido em TBS [kPa]

P_{vs} = pressão de saturação do vapor em TBS [kPa]

A pressão de saturação do vapor em TBS (P_{vs}) pode ser obtida a partir da mesma correlação apresentada anteriormente para TBU (P_{vu}). A pressão parcial do vapor d'água no ar úmido, pode ser calculada em função da pressão do ar úmido (atmosférica) e da umidade absoluta – apresentados anteriormente - como sendo:

$$P_v = \frac{P\omega}{0,62198 + \omega} \quad (40)$$

Os resultados de entalpia específica e umidade relativa obtidos por meio do equacionamento demonstrado neste item são apresentados no capítulo 4 em formato de gráficos e os valores numéricos estão disponíveis nos apêndices C ao G.

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados experimentais que foram tratados estatisticamente - conforme procedimentos demonstrados anteriormente - por meio de gráficos indicando as variáveis analisadas em função do tempo. São explanados, nesta sequência, os dados climáticos obtidos para o ar externo e incidência de radiação solar global, as medições das temperaturas por camada e umidade do solo em cada protótipo e, por fim, comparativos para cada camada entre módulos experimentais.

Os gráficos são apresentados sempre em pares (29/11 e 30/11) de forma a facilitar a visualização dos dois dias de medição, assim como destacar a repetibilidade na variação das propriedades. Curvas representadas por pontos dispersos indicam dados tratados estatisticamente e curvas representadas por linhas indicam estimativas.

A fim de facilitar o entendimento e padronizar a apresentação dos resultados, as tabelas indicam para o dia 29/11 células com hachura cinza e para dia 30/11 células em branco.

Os dados de umidade relativa apresentados, como já destacado anteriormente, são apenas estimativas cujas incertezas não foram determinadas. Por este motivo, onde aparecem valores de umidade relativa iguais a 100%, deve-se apenas considerar situação de precipitação e não os dados numéricos.

4.1 DADOS CLIMÁTICOS

Os dois dias de medição tiveram desempenho climático semelhante, ambos com temperaturas elevadas (superando os 30°C ao longo do dia), com chuva pouco intensa durante a manhã próximo as 11h40 do dia 30/11 e precipitação mais significativa no período da tarde (entre aproximadamente 14h00 e 18h00 no dia 29/11 e 15h30 e 19h00 no dia 30/11), cuja observação do último é verificada pela variação da umidade relativa do ar externo e dos índices de umidade do solo nos módulos com cobertura verde (vide item 4.2). As curvas de temperatura e umidade relativa para o ar externo são mostradas na figura 59 e as curvas de incidência de radiação solar global são apresentadas na figura 60, indicando as condições ambientais externas a que os módulos experimentais foram submetidos. Dados representativos médios, mínimos e máximos para os dois dias de medição são apresentados na tabela 9.

Figura 59 - Curvas de temperatura e umidade relativa do ar externo em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

Figura 60 - Curvas de Incidência de radiação solar global em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Cetesb, 2018

Tabela 9 – Dados climáticos representativos para os dois dias de medição

Dados climáticos		29/11	30/11
Temperatura [°C]	mínima	18,0	18,4
	média	22,3	23,1
	máxima	32,5	32,5
Umidade Relativa [%]	mínima	56,1	49,8
	média	85,3	83,9
	máxima	100,0	100,0
Radiação Solar Global [W/m²] (valores significativos)	mínima	19,0	6,0
	média	328,6	400,6
	máxima	896,0	975,0

Fonte: Autor

4.2 DESEMPENHO DOS MÓDULOS EXPERIMENTAIS

Neste item são apresentadas as principais curvas de desempenho de cada módulo experimental, incluindo as temperaturas do ar interno, laje, extremidade inferior do substrato, vegetação e ar externo 10 centímetros acima do topo, além das curvas de umidade do solo e temperatura do ar externo ambiente (referência). Valores representativos médios, mínimos e máximos das variáveis medidas são apresentados em tabelas.

A figura 61 apresenta gráficos de desempenho e a tabela 10 exibe dados representativos para o módulo 1 (substrato com 4 cm de espessura) nos dois dias de medição.

Figura 61 - Curvas de desempenho do módulo 1 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

Tabela 10 – Dados representativos por camada para o módulo 1

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Ar interno	mínima	18,4	19,0
	média	23,0	23,3
	máxima	32,2	30,9
Temperatura [°C] Laje	mínima	18,6	19,1
	média	22,9	23,1
	máxima	30,4	29,2
Temperatura [°C] Substrato (superfície inferior)	mínima	18,5	18,9
	média	22,3	22,6
	máxima	28,6	27,5

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Vegetação	mínima	17,9	18,4
	média	23,4	22,5
	máxima	39,1	33,5
Temperatura [°C] Ar externo (10 cm acima do topo)	mínima	18,1	18,7
	média	22,2	23,0
	máxima	31,9	31,9
Umidade do solo [%]	mínima	78,7	85,3
	média	85,3	92,0
	máxima	96,5	100,0

Fonte: Autor

A figura 62 apresenta gráficos de desempenho e a tabela 11 exibe dados representativos para o módulo 2 (substrato com 8 cm de espessura) nos dois dias de medição.

Figura 62 - Curvas de desempenho do módulo 2 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

Tabela 11 – Dados representativos por camada para o módulo 2

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Ar interno	mínima	18,9	19,5
	média	22,8	23,5
	máxima	30,4	29,9
Temperatura [°C] Laje	mínima	19,5	20,1
	média	22,9	23,5
	máxima	27,6	27,8
Temperatura [°C] Substrato (superfície inferior)	mínima	20,0	20,5
	média	22,8	23,4
	máxima	26,6	26,7

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Vegetação	mínima	18,7	19,3
	média	23,7	23,3
	máxima	37,9	33,6
Temperatura [°C] Ar externo (10 cm acima do topo)	mínima	18,1	19,1
	média	22,4	23,5
	máxima	31,9	32,7
Umidade do solo [%]	mínima	83,7	88,6
	média	89,2	93,3
	máxima	98,4	100,0

Fonte: Autor

A figura 63 apresenta gráficos de desempenho e a tabela 12 exibe dados representativos para o módulo 3 (substrato com 12 cm de espessura) nos dois dias de medição.

Figura 63 - Curvas de desempenho do módulo 3 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

Tabela 12 – Dados representativos por camada para o módulo 3

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Ar interno	mínima	19,0	19,9
	média	23,0	23,7
	máxima	30,5	29,8
Temperatura [°C] Laje	mínima	19,5	20,6
	média	22,7	23,5
	máxima	27,0	27,3
Temperatura [°C] Substrato (superfície inferior)	mínima	20,1	21,1
	média	22,7	23,6
	máxima	26,1	26,5

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Vegetação	mínima	18,5	19,6
	média	23,0	22,8
	máxima	36,4	30,4
Temperatura [°C] Ar externo (10 cm acima do topo)	mínima	18,1	19,3
	média	22,3	23,3
	máxima	32,5	31,9
Umidade do solo [%]	mínima	79,3	87,8
	média	86,3	93,8
	máxima	97,3	100,0

Fonte: Autor

A figura 64 apresenta gráficos de desempenho e a tabela 13 exibe dados representativos para o módulo 4 (substrato com 16 cm de espessura) nos dois dias de medição.

Figura 64 - Curvas de desempenho do módulo 4 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

Tabela 13 – Dados representativos por camada para o módulo 4

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Ar interno	mínima	19,5	20,2
	média	22,9	23,4
	máxima	29,2	28,7
Temperatura [°C] Laje	mínima	20,4	21,1
	média	23,2	23,9
	máxima	26,8	27,2
Temperatura [°C] Substrato (superfície inferior)	mínima	20,9	21,6
	média	22,8	23,4
	máxima	24,7	25,3

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Vegetação	mínima	18,5	19,0
	média	24,0	23,5
	máxima	40,1	36,3
Temperatura [°C] Ar externo (10 cm acima do topo)	mínima	18,0	18,7
	média	21,9	22,8
	máxima	32,2	31,4
Umidade do solo [%]	mínima	90,8	93,3
	média	94,2	96,4
	máxima	99,5	100,0

Fonte: Autor

A figura 65 apresenta gráficos de desempenho e a tabela 14 exibe dados representativos para o módulo 5 (sem cobertura verde) nos dois dias de medição.

Figura 65 - Curvas de desempenho do módulo 5 em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

Tabela 14 – Dados representativos por camada para o módulo 5

Medições		29/11	30/11
Temperatura [°C] Ar interno	<i>mínima</i>	17,2	17,5
	<i>média</i>	26,4	27,1
	<i>máxima</i>	56,0	51,8
Temperatura [°C] Laje	<i>mínima</i>	17,1	17,5
	<i>média</i>	24,8	25,7
	<i>máxima</i>	49,4	49,6
Temperatura [°C] Ar externo (10 cm acima do topo)	<i>mínima</i>	18,0	18,4
	<i>média</i>	22,3	23,1
	<i>máxima</i>	32,5	32,5

Fonte: Autor

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULOS EXPERIMENTAIS

Neste item, os gráficos apresentam comparativos entre camadas dos protótipos, onde cada curva representa um módulo experimental. São exibidos resultados para temperaturas do ar interno, laje, superfície inferior do substrato, vegetação e ar externo 10 cm acima do topo; umidade do solo; entalpias específicas do ar interno e do ar externo e umidades relativas do ar interno e externo.

Além dos gráficos, são fornecidas tabelas com dados representativos, destacando os valores mínimos, médios e máximos para os dois dias de medição e variação máxima ao longo do dia. O objetivo destas tabelas é evidenciar o comportamento individual de cada módulo experimental (vide tabela 15 como exemplo).

Um outro modelo de tabela também é considerado com o intuito de identificar comparativos entre os módulos, onde é possível verificar a diferença dos valores mínimos, médios e máximos de cada variável entre todos os protótipos para os dois dias de medição. A intersecção de uma linha correspondente a um módulo experimental com uma coluna correspondente a outro módulo experimental permite identificar as diferenças entre ambos. A intersecção de linhas e colunas correspondentes ao mesmo módulo apresentam apenas os valores mínimos, médios e máximos individuais (mesmos dados do modelo de tabela explicado no parágrafo anterior). Valores destacados com sombreamento cinza apresentam dados do dia 29/11, e os demais (sem sombreamento) referem-se ao dia 30/11 (vide tabela 16 como exemplo).

A figura 66 apresenta gráficos com as curvas de temperatura do ar interno para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição.

Figura 66 - Comparação entre as curvas de temperatura do ar interno para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 15 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para temperatura do ar interno em cada módulo experimental.

Tabela 15 – Dados representativos de temperatura do ar interno e variação máxima diária por módulo experimental [°C]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Temperatura Ar interno	<i>mínima</i>	18,4	19,0	18,9	19,5	19,0	19,9	19,5	20,2	17,2	17,5
	<i>média</i>	23,1	23,3	22,8	23,5	23,0	23,7	22,9	23,4	26,4	27,1
	<i>máxima</i>	32,2	30,9	30,4	29,9	30,5	29,8	29,2	28,7	56,0	51,8
ΔT_{max} (variação diária)		13,8	11,9	11,5	10,4	11,5	9,9	9,7	8,5	38,8	34,3

Fonte: Autor

A tabela 16 apresenta dados comparativos das temperaturas do ar interno mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 16 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas do ar interno entre módulos experimentais [°C]

	Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1	18,4	19,0	$\Delta T_{mín} = 0,5$		$\Delta T_{mín} = 0,9$		$\Delta T_{mín} = 1,2$		$\Delta T_{mín} = 1,5$	
	23,1	23,3	$\Delta T_{méd} = 0,2$		$\Delta T_{méd} = 0,4$		$\Delta T_{méd} = 0,1$		$\Delta T_{méd} = 3,8$	
	32,2	30,9	$\Delta T_{máx} = 1,0$		$\Delta T_{máx} = 1,1$		$\Delta T_{máx} = 2,2$		$\Delta T_{máx} = 20,9$	
Módulo 2	$\Delta T_{mín} = 0,5$		18,9	19,5	$\Delta T_{mín} = 0,4$		$\Delta T_{mín} = 0,7$		$\Delta T_{mín} = 2,0$	
	$\Delta T_{méd} = 0,3$		22,8	23,5	$\Delta T_{méd} = 0,2$		$\Delta T_{méd} = 0,1$		$\Delta T_{méd} = 3,6$	
	$\Delta T_{máx} = 1,8$		30,4	29,9	$\Delta T_{máx} = 0,1$		$\Delta T_{máx} = 1,2$		$\Delta T_{máx} = 21,9$	
Módulo 3	$\Delta T_{mín} = 0,6$		$\Delta T_{mín} = 0,1$		19,0	19,9	$\Delta T_{mín} = 0,3$		$\Delta T_{mín} = 2,4$	
	$\Delta T_{méd} = 0,1$		$\Delta T_{méd} = 0,2$		23,0	23,7	$\Delta T_{méd} = 0,3$		$\Delta T_{méd} = 3,4$	
	$\Delta T_{máx} = 1,7$		$\Delta T_{máx} = 0,1$		30,5	29,8	$\Delta T_{máx} = 1,1$		$\Delta T_{máx} = 22,0$	
Módulo 4	$\Delta T_{mín} = 1,1$		$\Delta T_{mín} = 0,6$		$\Delta T_{mín} = 0,5$		19,5	20,2	$\Delta T_{mín} = 2,7$	
	$\Delta T_{méd} = 0,2$		$\Delta T_{méd} = 0,1$		$\Delta T_{méd} = 0,1$		22,9	23,4	$\Delta T_{méd} = 3,7$	
	$\Delta T_{máx} = 3,0$		$\Delta T_{máx} = 1,2$		$\Delta T_{máx} = 1,3$		29,2	28,7	$\Delta T_{máx} = 23,1$	
Módulo 5	$\Delta T_{mín} = 1,2$		$\Delta T_{mín} = 1,7$		$\Delta T_{mín} = 1,8$		$\Delta T_{mín} = 2,3$		17,2	17,5
	$\Delta T_{méd} = 3,3$		$\Delta T_{méd} = 3,6$		$\Delta T_{méd} = 3,4$		$\Delta T_{méd} = 3,5$		26,4	27,1
	$\Delta T_{máx} = 23,8$		$\Delta T_{máx} = 25,6$		$\Delta T_{máx} = 25,5$		$\Delta T_{máx} = 26,8$		56,0	51,8

Fonte: Autor

A figura 67 apresenta gráficos com as curvas de temperatura da laje para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição.

Figura 67 - Comparação entre as curvas de temperatura da laje para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 17 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para temperatura da laje em cada módulo experimental.

Tabela 17 – Dados representativos de temperatura da laje e variação máxima diária por módulo experimental [°C]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Temperatura Laje	<i>mínima</i>	18,6	19,1	19,5	20,1	19,5	20,6	20,4	21,1	17,1	17,5
	<i>média</i>	22,90	23,1	22,9	23,5	22,7	23,5	23,2	23,9	24,8	25,7
	<i>máxima</i>	30,4	29,2	27,6	27,8	27,0	27,3	26,8	27,2	49,4	49,6
ΔT_{max} (variação diária)		11,8	10,1	8,1	7,7	7,5	6,7	6,4	6,1	32,3	32,1

Fonte: Autor

A tabela 18 apresenta dados comparativos das temperaturas da laje mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 18 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas da laje entre módulos experimentais [°C]

	Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1	18,6	19,1	$\Delta T_{mín} = 1,0$		$\Delta T_{mín} = 1,5$		$\Delta T_{mín} = 2,0$		$\Delta T_{mín} = 1,6$	
	22,9	23,1	$\Delta T_{méd} = 0,4$		$\Delta T_{méd} = 0,4$		$\Delta T_{méd} = 0,8$		$\Delta T_{méd} = 2,6$	
	30,4	29,2	$\Delta T_{máx} = 1,4$		$\Delta T_{máx} = 1,9$		$\Delta T_{máx} = 2,0$		$\Delta T_{máx} = 20,4$	
Módulo 2	$\Delta T_{mín} = 0,9$		19,5	20,1	$\Delta T_{mín} = 0,5$		$\Delta T_{mín} = 1,0$		$\Delta T_{mín} = 2,6$	
	$\Delta T_{méd} = 0,0$		22,9	23,5	$\Delta T_{méd} = 0,0$		$\Delta T_{méd} = 0,4$		$\Delta T_{méd} = 2,2$	
	$\Delta T_{máx} = 2,8$		27,6	27,8	$\Delta T_{máx} = 0,5$		$\Delta T_{máx} = 0,6$		$\Delta T_{máx} = 21,8$	
Módulo 3	$\Delta T_{mín} = 0,9$		$\Delta T_{mín} = 0,0$		19,5	20,6	$\Delta T_{mín} = 0,5$		$\Delta T_{mín} = 3,1$	
	$\Delta T_{méd} = 0,2$		$\Delta T_{méd} = 0,2$		22,7	23,5	$\Delta T_{méd} = 0,4$		$\Delta T_{méd} = 2,2$	
	$\Delta T_{máx} = 3,4$		$\Delta T_{máx} = 0,6$		27,0	27,3	$\Delta T_{máx} = 0,1$		$\Delta T_{máx} = 22,3$	
Módulo 4	$\Delta T_{mín} = 1,8$		$\Delta T_{mín} = 0,9$		$\Delta T_{mín} = 0,9$		20,4	21,1	$\Delta T_{mín} = 3,6$	
	$\Delta T_{méd} = 0,3$		$\Delta T_{méd} = 0,3$		$\Delta T_{méd} = 0,5$		23,2	23,9	$\Delta T_{méd} = 1,8$	
	$\Delta T_{máx} = 3,6$		$\Delta T_{máx} = 0,8$		$\Delta T_{máx} = 0,2$		26,8	27,2	$\Delta T_{máx} = 22,4$	
Módulo 5	$\Delta T_{mín} = 1,5$		$\Delta T_{mín} = 2,4$		$\Delta T_{mín} = 2,4$		$\Delta T_{mín} = 3,3$		17,1	17,5
	$\Delta T_{méd} = 1,9$		$\Delta T_{méd} = 1,9$		$\Delta T_{méd} = 2,1$		$\Delta T_{méd} = 1,6$		24,8	25,7
	$\Delta T_{máx} = 19,0$		$\Delta T_{máx} = 21,8$		$\Delta T_{máx} = 22,4$		$\Delta T_{máx} = 22,6$		49,4	49,6

Fonte: Autor

A figura 68 apresenta gráficos com as curvas de temperatura da superfície inferior do substrato para os quatro módulos experimentais que possuem cobertura verde nos dois dias de medição.

Figura 68 - Comparação entre as curvas de temperatura da superfície inferior do substrato para os protótipos com cobertura verde em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 19 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para temperatura da superfície inferior do substrato em cada um dos módulos experimentais que possui cobertura verde.

Tabela 19 – Dados representativos de temperatura da superfície inferior do substrato e variação máxima diária por módulo experimental [°C]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Temperatura Substrato	<i>mínima</i>	18,5	18,9	20,0	20,5	20,1	21,1	20,9	21,6
	<i>média</i>	22,3	22,6	22,8	23,4	22,7	23,6	22,8	23,4
	<i>máxima</i>	28,6	27,5	26,6	26,7	26,1	26,5	24,7	25,3
ΔT_{max} (variação diária)		10,1	8,6	6,6	6,2	6,0	5,4	3,8	3,7

Fonte: Autor

A tabela 20 apresenta dados comparativos das temperaturas da superfície inferior do substrato mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 20 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas da superfície inferior do substrato entre módulos experimentais [°C]

	Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1	18,5	18,9	$\Delta T_{mín} = 1,6$		$\Delta T_{mín} = 2,2$		$\Delta T_{mín} = 2,7$	
	22,3	22,6	$\Delta T_{méd} = 0,8$		$\Delta T_{méd} = 1,0$		$\Delta T_{méd} = 0,8$	
	28,6	27,5	$\Delta T_{máx} = 0,8$		$\Delta T_{máx} = 1,0$		$\Delta T_{máx} = 2,2$	
Módulo 2	$\Delta T_{mín} = 1,5$		20,0	20,5	$\Delta T_{mín} = 0,6$		$\Delta T_{mín} = 1,1$	
	$\Delta T_{méd} = 0,5$		22,8	23,4	$\Delta T_{méd} = 0,2$		$\Delta T_{méd} = 0,0$	
	$\Delta T_{máx} = 2,0$		26,6	26,7	$\Delta T_{máx} = 0,2$		$\Delta T_{máx} = 1,4$	
Módulo 3	$\Delta T_{mín} = 1,6$		$\Delta T_{mín} = 0,1$		20,1	21,1	$\Delta T_{mín} = 0,5$	
	$\Delta T_{méd} = 0,4$		$\Delta T_{méd} = 0,1$		22,7	23,6	$\Delta T_{méd} = 0,2$	
	$\Delta T_{máx} = 2,5$		$\Delta T_{máx} = 0,5$		26,1	26,5	$\Delta T_{máx} = 1,2$	
Módulo 4	$\Delta T_{mín} = 2,4$		$\Delta T_{mín} = 0,9$		$\Delta T_{mín} = 0,8$		20,9	21,6
	$\Delta T_{méd} = 0,5$		$\Delta T_{méd} = 0,0$		$\Delta T_{méd} = 0,1$		22,8	23,4
	$\Delta T_{máx} = 3,9$		$\Delta T_{máx} = 1,9$		$\Delta T_{máx} = 1,4$		24,7	25,3

Fonte: Autor

A figura 69 apresenta gráficos com as curvas de temperatura da vegetação para os quatro módulos experimentais que possuem cobertura verde nos dois dias de medição.

Figura 69 - Comparação entre as curvas de temperatura da vegetação para os protótipos com cobertura verde em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 21 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para temperatura da vegetação em cada um dos módulos experimentais que possui cobertura verde.

Tabela 21 – Dados representativos de temperatura da vegetação e variação máxima diária por módulo experimental [°C]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Temperatura Vegetação	<i>mínima</i>	17,9	18,4	18,7	19,3	18,5	19,6	18,5	19,0
	<i>média</i>	23,4	22,5	23,7	23,3	23,0	22,8	24,0	23,5
	<i>máxima</i>	39,1	33,5	37,9	33,6	36,4	30,4	40,1	36,3
ΔT_{max} (variação diária)		21,2	15,1	19,2	14,3	17,9	10,8	21,6	17,3

Fonte: Autor

A tabela 22 apresenta dados comparativos das temperaturas da vegetação mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 22 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas da vegetação entre módulos experimentais [°C]

	Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1	17,9	18,4	$\Delta T_{min} = 0,9$		$\Delta T_{min} = 1,2$		$\Delta T_{min} = 0,6$	
	23,4	22,5	$\Delta T_{med} = 0,8$		$\Delta T_{med} = 0,3$		$\Delta T_{med} = 1,0$	
	39,1	33,5	$\Delta T_{max} = 0,1$		$\Delta T_{max} = 3,1$		$\Delta T_{max} = 2,8$	
Módulo 2	$\Delta T_{min} = 0,8$		18,7	19,3	$\Delta T_{min} = 0,3$		$\Delta T_{min} = 0,3$	
	$\Delta T_{med} = 0,3$		23,7	23,3	$\Delta T_{med} = 0,5$		$\Delta T_{med} = 0,2$	
	$\Delta T_{max} = 1,2$		37,9	33,6	$\Delta T_{max} = 3,2$		$\Delta T_{max} = 2,7$	
Módulo 3	$\Delta T_{min} = 0,6$		$\Delta T_{min} = 0,2$		18,5	19,6	$\Delta T_{min} = 0,6$	
	$\Delta T_{med} = 0,4$		$\Delta T_{med} = 0,7$		23,0	22,8	$\Delta T_{med} = 0,7$	
	$\Delta T_{max} = 2,7$		$\Delta T_{max} = 1,5$		36,4	30,4	$\Delta T_{max} = 5,9$	
Módulo 4	$\Delta T_{min} = 0,6$		$\Delta T_{min} = 0,2$		$\Delta T_{min} = 0,0$		18,5	19,0
	$\Delta T_{med} = 0,6$		$\Delta T_{med} = 0,3$		$\Delta T_{med} = 1,0$		24,0	23,5
	$\Delta T_{max} = 1,0$		$\Delta T_{max} = 2,2$		$\Delta T_{max} = 3,7$		40,1	36,3

Fonte: Autor

A figura 70 apresenta gráficos com as curvas de temperatura do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição. Vale ressaltar que, para o módulo 5 (sem vegetação), estas curvas referem-se a temperatura do ar externo ambiente considerada - medida acima da laje - e para os protótipos com cobertura verde, o topo refere-se à vegetação.

Figura 70 - Comparação entre as curvas de temperatura do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 23 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para temperatura do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco módulos experimentais.

Tabela 23 – Dados representativos de temperatura do ar externo 10 cm acima do topo e variação máxima diária por módulo experimental [°C]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Temperatura Ar externo	<i>mínima</i>	18,1	18,7	18,1	19,1	18,1	19,3	18,0	18,7	18,0	18,4
	<i>média</i>	22,2	23,0	22,4	23,5	22,3	23,3	21,9	22,8	22,3	23,1
	<i>máxima</i>	32,0	31,9	31,9	32,7	32,5	31,9	32,2	31,4	32,5	32,5
ΔT_{max} (variação diária)		13,9	13,2	13,8	13,6	14,4	12,6	14,2	12,7	14,5	14,1

Fonte: Autor

A tabela 24 apresenta dados comparativos das temperaturas do ar externo 10 cm acima do topo mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 24 – Diferenças das mínimas, médias e máximas temperaturas do ar externo 10 cm acima do topo entre módulos experimentais [°C]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1		18,1	18,7	$\Delta T_{min} = 0,4$		$\Delta T_{min} = 0,6$		$\Delta T_{min} = 0,0$		$\Delta T_{min} = 0,3$	
		22,2	23,0	$\Delta T_{med} = 0,5$		$\Delta T_{med} = 0,3$		$\Delta T_{med} = 0,2$		$\Delta T_{med} = 0,1$	
		32,0	31,9	$\Delta T_{max} = 0,8$		$\Delta T_{max} = 0,0$		$\Delta T_{max} = 0,5$		$\Delta T_{max} = 0,6$	
Módulo 2		$\Delta T_{min} = 0,0$		18,1	19,1	$\Delta T_{min} = 0,2$		$\Delta T_{min} = 0,4$		$\Delta T_{min} = 0,7$	
		$\Delta T_{med} = 0,2$		22,4	23,5	$\Delta T_{med} = 0,2$		$\Delta T_{med} = 0,7$		$\Delta T_{med} = 0,4$	
		$\Delta T_{max} = 0,1$		31,9	32,7	$\Delta T_{max} = 0,8$		$\Delta T_{max} = 1,3$		$\Delta T_{max} = 0,2$	
Módulo 3		$\Delta T_{min} = 0,0$		$\Delta T_{min} = 0,0$		18,1	19,3	$\Delta T_{min} = 0,6$		$\Delta T_{min} = 0,9$	
		$\Delta T_{med} = 0,1$		$\Delta T_{med} = 0,1$		22,3	23,3	$\Delta T_{med} = 0,5$		$\Delta T_{med} = 0,2$	
		$\Delta T_{max} = 0,5$		$\Delta T_{max} = 0,6$		32,5	31,9	$\Delta T_{max} = 0,5$		$\Delta T_{max} = 0,6$	
Módulo 4		$\Delta T_{min} = 0,1$		$\Delta T_{min} = 0,1$		$\Delta T_{min} = 0,1$		18,0	18,7	$\Delta T_{min} = 0,3$	
		$\Delta T_{med} = 0,3$		$\Delta T_{med} = 0,5$		$\Delta T_{med} = 0,4$		21,9	22,8	$\Delta T_{med} = 0,3$	
		$\Delta T_{max} = 0,2$		$\Delta T_{max} = 0,3$		$\Delta T_{max} = 0,3$		32,2	31,4	$\Delta T_{max} = 1,1$	
Módulo 5		$\Delta T_{min} = 0,1$		$\Delta T_{min} = 0,1$		$\Delta T_{min} = 0,1$		$\Delta T_{min} = 0,0$		18,0	18,4
		$\Delta T_{med} = 0,1$		$\Delta T_{med} = 0,1$		$\Delta T_{med} = 0,0$		$\Delta T_{med} = 0,4$		22,3	23,1
		$\Delta T_{max} = 0,5$		$\Delta T_{max} = 0,6$		$\Delta T_{max} = 0,0$		$\Delta T_{max} = 0,3$		32,5	32,5

Fonte: Autor

A figura 71 apresenta gráficos com as curvas de umidade do solo estimadas para os quatro módulos experimentais com cobertura verde nos dois dias de medição.

Figura 71 - Comparação entre as curvas de umidade do solo para os protótipos com cobertura verde em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 25 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para umidade do solo em cada um dos módulos experimentais que possui cobertura verde.

Tabela 25 – Dados representativos de umidade do solo e variação máxima diária por módulo experimental [%]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Umidade Solo	<i>mínima</i>	78,7	85,3	83,7	88,6	79,3	87,8	90,8	93,3
	<i>média</i>	85,3	92,0	89,2	93,3	86,3	93,8	94,2	96,4
	<i>máxima</i>	95,5	100,0	98,4	100,0	97,3	100,0	99,5	100,0
ΔH_{max} (variação diária)		16,8	14,7	14,7	11,4	18,0	12,2	8,7	6,7

Fonte: Autor

A tabela 26 apresenta dados comparativos das umidades do solo mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 26 – Diferenças das mínimas, médias e máximas umidades do solo entre módulos experimentais [%]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1		78,7	85,3	$\Delta H_{min} = 3,3$		$\Delta H_{min} = 2,5$		$\Delta H_{min} = 8,0$	
		85,3	92,0	$\Delta H_{med} = 1,3$		$\Delta H_{med} = 1,8$		$\Delta H_{med} = 4,4$	
		95,5	100,0	$\Delta H_{max} = 0,0$		$\Delta H_{max} = 0,0$		$\Delta H_{max} = 0,0$	
Módulo 2		$\Delta H_{min} = 5,0$		83,7	88,6	$\Delta H_{min} = 0,8$		$\Delta H_{min} = 4,7$	
		$\Delta H_{med} = 3,9$		89,2	93,3	$\Delta H_{med} = 0,5$		$\Delta H_{med} = 3,1$	
		$\Delta H_{max} = 2,9$		98,4	100,0	$\Delta H_{max} = 0,0$		$\Delta H_{max} = 0,0$	
Módulo 3		$\Delta H_{min} = 0,6$		$\Delta H_{min} = 4,4$		79,3	87,8	$\Delta H_{min} = 5,5$	
		$\Delta H_{med} = 1,0$		$\Delta H_{med} = 2,9$		86,3	93,8	$\Delta H_{med} = 2,6$	
		$\Delta H_{max} = 1,8$		$\Delta H_{max} = 1,1$		97,3	100,0	$\Delta H_{max} = 0,0$	
Módulo 4		$\Delta H_{min} = 12,1$		$\Delta H_{min} = 7,1$		$\Delta H_{min} = 11,5$		90,8	93,3
		$\Delta H_{med} = 8,9$		$\Delta H_{med} = 5,0$		$\Delta H_{med} = 7,9$		94,2	96,4
		$\Delta H_{max} = 4,0$		$\Delta H_{max} = 1,1$		$\Delta H_{max} = 2,2$		99,5	100,0

Fonte: Autor

A figura 72 apresenta gráficos com as curvas de entalpia específica do ar interno estimadas para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição. A curva referente ao módulo 5 (controle) apresentada no gráfico correspondente ao dia 30/11 possui validade até o horário de aproximadamente 14h00, porque após este instante ocorreu o esvaziamento inesperado dos reservatórios para medição de TBU, tornando inválidas as estimativas de entalpia específica e umidade relativa a partir deste horário.

Figura 72 - Comparação entre as curvas de entalpia específica do ar interno para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 27 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para entalpia específica do ar interno estimada nos cinco módulos experimentais. Lembrando que, para o módulo 5 no dia 30/11, os dados considerados referem-se até as 14h00.

Tabela 27 – Dados representativos de entalpia específica do ar interno e variação máxima diária por módulo experimental [kJ/kg]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Entalpia	mínima	54,1	56,4	55,3	58,1	55,3	58,8	56,8	59,4	51,5	52,6
específica	média	65,4	66,7	65,5	68,5	66,2	69,7	65,9	67,5	75,1	84,0
Ar interno	máxima	83,2	83,8	80,1	82,9	82,7	85,2	79,6	80,6	155,6	146,4
Δh_{max} (variação diária)		29,1	27,4	24,8	24,8	27,4	26,4	22,8	21,2	104,1	93,8

Fonte: Autor

A tabela 28 apresenta dados comparativos das entalpias específicas do ar interno mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 28 – Diferenças das mínimas, médias e máximas entalpias específicas do ar interno entre módulos experimentais [kJ/kg]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1		54,1	56,4	$\Delta h_{min} = 1,7$		$\Delta h_{min} = 2,4$		$\Delta h_{min} = 3,0$		$\Delta h_{min} = 3,8$	
		65,4	66,7	$\Delta h_{med} = 1,8$		$\Delta h_{med} = 3,0$		$\Delta h_{med} = 0,8$		$\Delta h_{med} = 17,3$	
		83,2	83,8	$\Delta h_{max} = 0,9$		$\Delta h_{max} = 1,4$		$\Delta h_{max} = 3,2$		$\Delta h_{max} = 62,6$	
Módulo 2		$\Delta h_{min} = 1,2$		55,3	58,1	$\Delta h_{min} = 0,7$		$\Delta h_{min} = 1,3$		$\Delta h_{min} = 5,5$	
		$\Delta h_{med} = 0,1$		65,5	68,5	$\Delta h_{med} = 1,2$		$\Delta h_{med} = 1,0$		$\Delta h_{med} = 15,5$	
		$\Delta h_{max} = 3,1$		80,1	82,9	$\Delta h_{max} = 2,3$		$\Delta h_{max} = 2,3$		$\Delta h_{max} = 63,5$	
Módulo 3		$\Delta h_{min} = 1,2$		$\Delta h_{min} = 0,0$		55,3	58,8	$\Delta h_{min} = 0,6$		$\Delta h_{min} = 6,2$	
		$\Delta h_{med} = 0,8$		$\Delta h_{med} = 0,7$		66,2	69,7	$\Delta h_{med} = 2,2$		$\Delta h_{med} = 14,3$	
		$\Delta h_{max} = 0,5$		$\Delta h_{max} = 2,6$		82,7	85,2	$\Delta h_{max} = 4,6$		$\Delta h_{max} = 61,2$	
Módulo 4		$\Delta h_{min} = 2,7$		$\Delta h_{min} = 1,5$		$\Delta h_{min} = 1,5$		56,8	59,4	$\Delta h_{min} = 6,8$	
		$\Delta h_{med} = 0,5$		$\Delta h_{med} = 0,4$		$\Delta h_{med} = 0,3$		65,9	67,5	$\Delta h_{med} = 16,5$	
		$\Delta h_{max} = 3,6$		$\Delta h_{max} = 0,5$		$\Delta h_{max} = 3,1$		79,6	80,6	$\Delta h_{max} = 65,8$	
Módulo 5		$\Delta h_{min} = 2,6$		$\Delta h_{min} = 3,8$		$\Delta h_{min} = 3,8$		$\Delta h_{min} = 5,3$		51,5	52,6
		$\Delta h_{med} = 9,7$		$\Delta h_{med} = 9,6$		$\Delta h_{med} = 8,9$		$\Delta h_{med} = 9,2$		75,1	84,0
		$\Delta h_{max} = 72,4$		$\Delta h_{max} = 75,5$		$\Delta h_{max} = 72,9$		$\Delta h_{max} = 76,0$		155,6	146,4

Fonte: Autor

A figura 73 apresenta gráficos com as curvas de umidade relativa do ar interno para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição. A validade da curva referente o módulo 5 no dia 30/11 tem validade apenas até aproximadamente 14h00, conforme explanado anteriormente.

Figura 73 - Comparação entre as curvas de umidade relativa do ar interno para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 29 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para umidade relativa do ar interno nos cinco módulos experimentais. Lembrando que, para o módulo 5 no dia 30/11, os dados considerados referem-se até as 14h00, conforme explanado anteriormente.

Tabela 29 – Dados representativos da umidade relativa do ar interno e variação máxima diária por módulo experimental [%]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Umidade relativa	mínima	58,8	62,6	63,9	68,0	66,1	68,3	68,0	67,3	32,2	36,2
	média	85,4	86,2	87,1	87,6	86,6	87,0	86,9	86,8	81,8	77,0
	Ar interno máxima	95,8	97,9	95,4	96,6	94,2	95,0	93,8	94,5	99,5	99,8
$\Delta \phi_{max}$ (variação diária)		37,0	35,3	31,5	28,6	28,1	26,7	25,8	27,2	67,3	63,6

Fonte: Autor

A tabela 30 apresenta dados comparativos das umidades relativas do ar interno mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 30 – Diferenças da mínima, média e máxima umidade relativa do ar interno entre módulos experimentais [%]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1		58,8	62,6	$\Delta \phi_{min} = 5,4$		$\Delta \phi_{min} = 5,7$		$\Delta \phi_{min} = 4,7$		$\Delta \phi_{min} = 26,4$	
		85,4	86,2	$\Delta \phi_{med} = 1,4$		$\Delta \phi_{med} = 0,8$		$\Delta \phi_{med} = 0,6$		$\Delta \phi_{med} = 9,2$	
		95,8	97,9	$\Delta \phi_{max} = 1,3$		$\Delta \phi_{max} = 2,9$		$\Delta \phi_{max} = 3,4$		$\Delta \phi_{max} = 1,9$	
Módulo 2		$\Delta \phi_{min} = 5,1$		63,9	8,0	$\Delta \phi_{min} = 0,3$		$\Delta \phi_{min} = 0,7$		$\Delta \phi_{min} = 31,8$	
		$\Delta \phi_{med} = 1,7$		87,1	87,6	$\Delta \phi_{med} = 0,6$		$\Delta \phi_{med} = 0,8$		$\Delta \phi_{med} = 10,6$	
		$\Delta \phi_{max} = 0,4$		95,4	96,6	$\Delta \phi_{max} = 1,6$		$\Delta \phi_{max} = 2,1$		$\Delta \phi_{max} = 3,2$	
Módulo 3		$\Delta \phi_{min} = 7,3$		$\Delta \phi_{min} = 2,2$		66,1	68,3	$\Delta \phi_{min} = 1,0$		$\Delta \phi_{min} = 32,1$	
		$\Delta \phi_{med} = 1,2$		$\Delta \phi_{med} = 0,5$		86,6	87,0	$\Delta \phi_{med} = 0,2$		$\Delta \phi_{med} = 10,0$	
		$\Delta \phi_{max} = 1,6$		$\Delta \phi_{max} = 1,2$		94,2	95,0	$\Delta \phi_{max} = 0,5$		$\Delta \phi_{max} = 4,8$	
Módulo 4		$\Delta \phi_{min} = 9,2$		$\Delta \phi_{min} = 4,1$		$\Delta \phi_{min} = 1,9$		68,0	67,3	$\Delta \phi_{min} = 31,1$	
		$\Delta \phi_{med} = 1,5$		$\Delta \phi_{med} = 0,2$		$\Delta \phi_{med} = 0,3$		86,9	86,8	$\Delta \phi_{med} = 9,8$	
		$\Delta \phi_{max} = 2,0$		$\Delta \phi_{max} = 1,6$		$\Delta \phi_{max} = 0,4$		93,8	94,5	$\Delta \phi_{max} = 5,3$	
Módulo 5		$\Delta \phi_{min} = 26,6$		$\Delta \phi_{min} = 31,7$		$\Delta \phi_{min} = 33,9$		$\Delta \phi_{min} = 35,8$		32,2	36,2
		$\Delta \phi_{med} = 3,6$		$\Delta \phi_{med} = 5,3$		$\Delta \phi_{med} = 4,8$		$\Delta \phi_{med} = 5,1$		81,8	77,0
		$\Delta \phi_{max} = 3,7$		$\Delta \phi_{max} = 4,1$		$\Delta \phi_{max} = 5,3$		$\Delta \phi_{max} = 5,7$		99,5	99,8

Fonte: Autor

A figura 74 apresenta gráficos com as curvas de entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição.

Figura 74 - Comparação entre as curvas de entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 31 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo nos cinco módulos experimentais.

Tabela 31 – Dados representativos de entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo e variação máxima diária por módulo experimental [kJ/kg]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Entalpia específica Ar externo	<i>mínima</i>	52,3	54,6	52,0	54,0	52,6	55,0	52,1	53,4	52,5	55,2
	<i>média</i>	60,1	61,4	59,8	61,6	61,5	63,2	59,6	60,8	62,8	64,42
	<i>máxima</i>	74,8	76,2	75,0	76,8	82,4	82,4	74,7	76,8	88,1	89,0
Δh_{max} (variação diária)		22,5	21,0	23,0	22,8	29,8	27,4	22,6	23,4	35,6	33,8

Fonte: Autor

A tabela 32 apresenta dados comparativos das entalpias do ar externo 10 cm acima do topo mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 32 – Diferenças das mínima, média e máxima entalpia específica do ar externo 10 cm acima do topo entre módulos experimentais [kJ/kg]

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1		52,3	54,6	$\Delta h_{min} = 0,6$		$\Delta h_{min} = 0,4$		$\Delta h_{min} = 1,2$		$\Delta h_{min} = 0,5$	
		60,1	61,4	$\Delta h_{med} = 0,2$		$\Delta h_{med} = 1,8$		$\Delta h_{med} = 0,6$		$\Delta h_{med} = 3,0$	
		74,8	76,2	$\Delta h_{max} = 0,6$		$\Delta h_{max} = 6,2$		$\Delta h_{max} = 0,6$		$\Delta h_{max} = 12,8$	
Módulo 2		$\Delta h_{min} = 0,3$		52,0	54,0	$\Delta h_{min} = 1,0$		$\Delta h_{min} = 0,6$		$\Delta h_{min} = 1,1$	
		$\Delta h_{med} = 0,3$		59,8	61,6	$\Delta h_{med} = 1,6$		$\Delta h_{med} = 0,8$		$\Delta h_{med} = 2,8$	
		$\Delta h_{max} = 0,2$		75,0	76,8	$\Delta h_{max} = 5,6$		$\Delta h_{max} = 0,0$		$\Delta h_{max} = 12,2$	
Módulo 3		$\Delta h_{min} = 0,3$		$\Delta h_{min} = 0,6$		52,6	55,0	$\Delta h_{min} = 1,6$		$\Delta h_{min} = 0,1$	
		$\Delta h_{med} = 1,4$		$\Delta h_{med} = 1,7$		61,5	63,2	$\Delta h_{med} = 2,4$		$\Delta h_{med} = 1,2$	
		$\Delta h_{max} = 7,6$		$\Delta h_{max} = 7,4$		82,4	82,4	$\Delta h_{max} = 5,6$		$\Delta h_{max} = 6,6$	
Módulo 4		$\Delta h_{min} = 0,2$		$\Delta h_{min} = 0,1$		$\Delta h_{min} = 0,5$		52,1	53,4	$\Delta h_{min} = 1,7$	
		$\Delta h_{med} = 0,5$		$\Delta h_{med} = 0,2$		$\Delta h_{med} = 1,9$		59,6	60,8	$\Delta h_{med} = 3,6$	
		$\Delta h_{max} = 0,1$		$\Delta h_{max} = 0,3$		$\Delta h_{max} = 7,7$		74,7	76,8	$\Delta h_{max} = 12,2$	
Módulo 5		$\Delta h_{min} = 0,2$		$\Delta h_{min} = 0,5$		$\Delta h_{min} = 0,1$		$\Delta h_{min} = 0,4$		52,5	55,1
		$\Delta h_{med} = 2,7$		$\Delta h_{med} = 3,0$		$\Delta h_{med} = 1,3$		$\Delta h_{med} = 3,2$		62,8	64,4
		$\Delta h_{max} = 13,3$		$\Delta h_{max} = 13,1$		$\Delta h_{max} = 5,7$		$\Delta h_{max} = 13,4$		88,1	89,0

Fonte: Autor

A figura 75 apresenta gráficos com as curvas de umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco módulos experimentais nos dois dias de medição.

Figura 75 - Comparação entre as curvas de umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo para os cinco protótipos em 29/11 (acima) e 30/11 (abaixo)

Fonte: Autor

A tabela 33 apresenta os dados mínimos, médios, máximos e a variação máxima ao longo de um dia de medição para umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo nos cinco módulos experimentais.

Tabela 33 – Dados representativos de umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo e variação máxima diária por módulo experimental

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Umidade relativa	<i>mínima</i>	47,4	44,0	47,0	43,4	54,3	47,3	47,8	42,8	56,1	49,8
	<i>média</i>	81,2	79,2	79,9	76,5	83,1	80,4	82,4	79,9	85,5	83,9
Ar externo	<i>máxima</i>	100,0	98,9	97,8	98,0	97,9	98,9	100,0	98,4	100,0	100,0
$\Delta \phi_{max}$ (variação diária)		52,6	54,9	50,8	54,6	43,6	51,6	52,2	55,6	43,9	50,2

Fonte: Autor

A tabela 34 apresenta dados comparativos das umidades relativas do externo 10 cm acima do ar externo mínimas, médias e máximas entre os módulos experimentais nos dois dias de medição.

Tabela 34 – Diferenças das mínima, média e máxima umidade relativa do ar externo 10 cm acima do topo entre módulos experimentais

		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4		Módulo 5	
		29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11	29/11	30/11
Módulo 1		47,4	44,0	$\Delta \phi_{mín} = 0,6$		$\Delta \phi_{mín} = 3,3$		$\Delta \phi_{mín} = 1,2$		$\Delta \phi_{mín} = 5,8$	
		81,2	79,2	$\Delta \phi_{méd} = 2,7$		$\Delta \phi_{méd} = 1,2$		$\Delta \phi_{méd} = 0,7$		$\Delta \phi_{méd} = 4,7$	
		100,0	98,9	$\Delta \phi_{máx} = 0,9$		$\Delta \phi_{máx} = 0,0$		$\Delta \phi_{máx} = 0,5$		$\Delta \phi_{máx} = 1,1$	
Módulo 2		$\Delta \phi_{mín} = 0,4$		47,0	43,4	$\Delta \phi_{mín} = 3,9$		$\Delta \phi_{mín} = 0,6$		$\Delta \phi_{mín} = 6,4$	
		$\Delta \phi_{méd} = 1,3$		79,9	76,5	$\Delta \phi_{méd} = 3,9$		$\Delta \phi_{méd} = 3,4$		$\Delta \phi_{méd} = 7,4$	
		$\Delta \phi_{máx} = 2,2$		97,8	98,0	$\Delta \phi_{máx} = 0,9$		$\Delta \phi_{máx} = 0,4$		$\Delta \phi_{máx} = 2,0$	
Módulo 3		$\Delta \phi_{mín} = 6,9$		$\Delta \phi_{mín} = 7,3$		54,3	47,3	$\Delta \phi_{mín} = 4,5$		$\Delta \phi_{mín} = 2,5$	
		$\Delta \phi_{méd} = 1,9$		$\Delta \phi_{méd} = 3,2$		83,1	80,4	$\Delta \phi_{méd} = 0,5$		$\Delta \phi_{méd} = 3,5$	
		$\Delta \phi_{máx} = 2,1$		$\Delta \phi_{máx} = 0,1$		97,9	98,9	$\Delta \phi_{máx} = 0,5$		$\Delta \phi_{máx} = 1,1$	
Módulo 4		$\Delta \phi_{mín} = 0,4$		$\Delta \phi_{mín} = 0,8$		$\Delta \phi_{mín} = 6,5$		47,8	42,8	$\Delta \phi_{mín} = 7,0$	
		$\Delta \phi_{méd} = 1,2$		$\Delta \phi_{méd} = 2,5$		$\Delta \phi_{méd} = 0,7$		82,4	79,9	$\Delta \phi_{méd} = 4,0$	
		$\Delta \phi_{máx} = 0,0$		$\Delta \phi_{máx} = 2,2$		$\Delta \phi_{máx} = 2,1$		100,0	98,4	$\Delta \phi_{máx} = 1,6$	
Módulo 5		$\Delta \phi_{mín} = 8,7$		$\Delta \phi_{mín} = 9,1$		$\Delta \phi_{mín} = 1,8$		$\Delta \phi_{mín} = 8,3$		56,1	49,8
		$\Delta \phi_{méd} = 4,3$		$\Delta \phi_{méd} = 5,6$		$\Delta \phi_{méd} = 2,4$		$\Delta \phi_{méd} = 3,1$		85,5	83,9
		$\Delta \phi_{máx} = 0,0$		$\Delta \phi_{máx} = 2,2$		$\Delta \phi_{máx} = 2,1$		$\Delta \phi_{máx} = 0,0$		100,0	100,0

Fonte: Autor

5 DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta uma discussão acerca dos resultados mostrados no capítulo anterior. Primeiramente, no item 5.1, é avaliado o desempenho térmico geral de todos os protótipos, discutindo as principais diferenças, similaridades e repetibilidade das propriedades com base nos resultados exibidos no item 4.2. Comparações entre cada camada das coberturas são apresentadas no item 5.2; o comportamento térmico do ar no interior dos protótipos, destacando a influência das coberturas, é discutido no item 5.3 e a influência das coberturas em relação ao comportamento do ar exterior (10 cm acima do topo) é discutida no item 5.4, sendo os três últimos itens referentes aos resultados exibidos no item 4.3.

Com o objetivo de melhor definir os parâmetros de comparação, as análises consideram duas condições de similaridade, sendo elas:

- Período diurno, compreendendo – para os dois dias de medição – o intervalo entre 07h00 e 19h00 (horário brasileiro de verão), cujos períodos de chuva serão destacados para efeito de comparação.
- Período noturno, compreendendo o intervalo entre 19h00 e 07h00 (horário de verão brasileiro) e considerando os dois dias de medição.

5.1 DESEMPENHO GERAL DOS MÓDULOS EXPERIMENTAIS

De modo geral, as camadas apresentaram uniformidade nos perfis de temperatura – exibindo comportamento semelhante em todas as coberturas dos protótipos e repetibilidade nos dias de medição – com valores mais próximos entre si durante o período noturno e mais distantes no período diurno. É possível verificar esta proximidade dos perfis também nos períodos de chuva intensa, devido a diminuição significativa nas temperaturas do ar externo e na incidência de radiação solar. O protótipo sem cobertura verde também apresentou comportamento semelhante, cujas temperaturas do ar interno, laje e ar externo ficaram mais próximas a noite e em períodos diurnos com precipitação e mais distantes de dia sem precipitação.

Para os protótipos com coberturas vegetadas, percebe-se que os perfis de temperatura das camadas possuem tendência de estarem mais próximos entre si naqueles com substrato menos espesso. Esta observação se justifica pelas menores capacidades térmicas, o que favorece o fluxo de calor e acarreta em variações mais rápidas de temperatura. Vale salientar também, a

influência da umidade do solo nessas coberturas que, devido aumento significativo da condutividade térmica (ver comparativos entre condutividades para terra vegetal seca e úmida na tabela 4), facilitam a transferência de calor, provocando, mais uma vez, rápidas variações de temperatura.

5.1.1 Desempenho geral diurno

Consultando os gráficos e tabelas do item 4.2, pode-se verificar semelhança significativa nos perfis de temperatura das camadas entre coberturas de diferentes espessuras de substrato, onde a temperatura mais baixa é sempre a da base do substrato, seguida pela temperatura da laje, que por sua vez, é superada pela temperatura da vegetação – que recebe radiação solar direta.

Uma importante consideração a ser feita neste item, refere-se ao aumento da temperatura da laje que supera a do substrato pelo período da manhã (entre 7h00 e 9h00), quando há o início da incidência de radiação solar sobre as superfícies das câmaras. Em uma cobertura verde situada sobre uma laje construída em alvenaria (concreto), normalmente, o gradiente de temperatura se dá da vegetação para o teto, com diminuição gradual devido as inércias térmicas dos componentes, conforme pode ser verificado na curva de temperatura para telha de concreto da figura 18, no trabalho de Jim e Peng (2012a). Diferente da estrutura de alvenaria de uma construção convencional, uma edificação concebida pelo reaproveitamento de contêineres possui paredes e laje constituídas de material metálico em contato direto entre si, cuja condutividade térmica é muito superior à dos outros materiais que compõem a cobertura verde. O que pode-se observar neste caso, é a provável condução do calor proveniente das paredes – que receberam radiação solar – para a laje de uma maneira muito mais rápida do que através da cobertura vegetada, cujos materiais provocam mais atrasos térmicos, exibindo comportamento inverso ao mencionado na figura 18. O oposto também é observável, quando há redução na temperatura do ambiente externo (devido chuva ou no período noturno) ocorre rápida condução de calor, desta vez em sentido oposto (da laje para as paredes), reduzindo mais rapidamente a temperatura da laje do que pelo substrato. Vale ressaltar também, que entre o substrato e a laje, há a camada de drenagem constituída de argila expandida e ar parado, que em conjunto, estabelecem considerável isolamento térmica.

Durante o período diurno, é possível verificar também diminuição da amplitude térmica das camadas com o aumento da espessura do substrato, sendo esta diferença mais evidente quando comparadas coberturas do módulo 1 (4 cm) e 4 (16 cm) entre si e ambas entre as demais.

As coberturas dos módulos 2 (8 cm) e 3 (12 cm) apresentaram amplitudes térmicas bastante semelhantes, no entanto, pode ser que a umidade do solo tenha influenciado nos resultados, tendo em vista que as coberturas foram montadas com terra vegetal em diferentes condições iniciais, sendo perceptível esta constatação por meio da tabela 25. Como era esperado, as maiores amplitudes térmicas ocorreram no módulo 5 (controle) devido à baixa capacidade térmica da cobertura constituída apenas pelo material da laje, conforme discutido anteriormente.

Nos períodos de chuva mais significativa, verificados por meio do aumento das umidades do ar externo (relativa) e do solo, observa-se queda rápida de temperatura nas camadas das coberturas, sobretudo, nas que encontram-se mais próximas do ar externo como a vegetação dos módulos 1 ao 4 e laje do módulo 5. É perceptível também uma significativa diminuição de temperatura para as camadas mais externas com a queda na taxa de aumento da radiação global incidente, consultando os gráficos para o período entre 10h00 e 12h00 no dia 29/11.

5.1.2 Desempenho geral noturno

No período noturno, quando não há incidência de radiação solar sobre os protótipos, observa-se uma aproximação das temperaturas das camadas das coberturas vegetadas, onde, diferentemente das condições diurnas, a temperatura da base do substrato passa a ser a mais elevada, seguida da laje e vegetação. Observa-se que o substrato transfere calor tanto para a laje (sentido descendente) como para a vegetação (sentido ascendente), calor este proveniente da absorção ao longo do dia.

Como já discutido para o período diurno, percebe-se considerável influência das capacidades térmicas dos componentes em relação ao gradiente de temperaturas das coberturas, porém, com uma inversão do desempenho da vegetação em relação a laje à noite, isso deve-se provavelmente ao contato direto da vegetação com o ar externo (mais frio e úmido) e também pela contribuição da umidade do solo.

Observando os gráficos e tabelas do item 4.2, constata-se que há influência da espessura do substrato em relação ao gradiente de temperatura das coberturas, verificando-se maior espaçamento das medições entre as camadas quando utilizadas maiores espessuras. Sem cobertura verde, o módulo 5 apresenta as menores temperaturas da laje no período noturno, sendo este tópico melhor discutido no item 5.2.2.

5.2 COMPORTAMENTO DAS CAMADAS DAS COBERTURAS

Neste item, são comparados os desempenhos térmicos das camadas que compõem as coberturas entre os protótipos. São apresentadas discussões primeiramente para as curvas de temperatura da laje, posteriormente para as curvas de temperatura e umidade do solo da camada de substrato e finalmente curvas de temperatura da vegetação.

5.2.1 Comparações entre desempenhos das lajes

Por serem constituídas de material com elevada condutividade térmica (aço carbono) e baixa espessura (~ 2 mm), as medições de temperatura foram realizadas apenas na superfície superior das lajes, portanto, considera-se para esta discussão, que a temperatura da superfície superior (em contato com a camada impermeabilizante) é igual a temperatura da superfície inferior (em contato com o ambiente interno), sendo razoável esta hipótese diante das propriedades mencionadas.

Levando-se em consideração as 24 horas em cada dia de medição, pode-se verificar, por meio da figura 67 e das tabelas 17 e 18, que a amplitude térmica das lajes é maior sob menores espessuras de substrato e vice-versa, inclusive apresentando repetibilidade no período. Na média dos dois dias, a variação máxima ocorrida no módulo 1, de menor espessura, foi de $10,9^{\circ}\text{C}$, enquanto que, para o módulo 4, de maior espessura, a variação foi de $6,3^{\circ}\text{C}$, representando uma redução de 44,2%. Comparando os módulos 2 e 3 (com amplitudes térmicas médias de $7,9^{\circ}\text{C}$ e $7,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente) com o módulo 1, ocorreu redução de 28,1% e 35,2%, respectivamente, esta condição permite afirmar que a amplitude térmica da laje metálica possui relação inversa à espessura do substrato.

Em relação ao módulo 5 (controle), cuja amplitude térmica média nos dois dias foi igual a $32,2^{\circ}\text{C}$, os módulos 1 ao 4 apresentaram redução de 66,0%, 75,6%, 78,0% e 80,4%, respectivamente na variação máxima de temperatura diária. Estes percentuais indicam que, independente da configuração, coberturas verdes são capazes de reduzir a temperatura do teto de edificações construídas a partir do reaproveitamento de contêineres, sendo que quanto maior a espessura dos substratos, menores são as amplitudes térmicas.

De modo similar a este trabalho, a influência das coberturas verdes no comportamento térmico de lajes de alvenaria (construção convencional), sobretudo em relação à amplitude térmica, pode ser verificada no comparativo realizado entre edificações com laje de alvenaria com e sem telhado verde desenvolvido por Morais (2004), onde constatou-se, para o período

analisado, uma diferença na amplitude térmica média em torno de 4,5°C (70% menor). Jim e Peng (2012) também constataram em seu trabalho uma redução média de 5,2°C na temperatura superficial do teto (convencional) evidenciando melhor desempenho da cobertura verde.

Durante o período diurno, quando ocorrem as maiores variações de temperatura, evidencia-se grande influência da insolação incidente nas paredes laterais das câmaras que conduzem calor para as lajes, conforme discutido anteriormente no item 5.1.1. No entanto, vale ressaltar que esta condição é minimizada pela ação do substrato que, por estar com menores temperaturas em sua superfície inferior e possuir maior capacidade térmica, é capaz de remover calor da laje ao mesmo tempo em que a mesma o recebe por condução das laterais.

Nos períodos de chuva intensa (ver item 4.1), os perfis de temperatura da laje de todos os módulos com cobertura verde ficam bastante semelhantes quando o solo está próximo a saturar, como pode ser observado nas curvas de umidade do solo no período de chuvas (Figura 71), sendo que no início da precipitação (antes do solo saturar), verifica-se o resfriamento mais rápido para os módulos com substratos menos espessos. As amplitudes térmicas médias para os dois dias de medição do módulo 1 ao 5 foram 6,7°C, 3,5°C, 3,2°C, 2,9°C e 20,5°C, respectivamente, mantendo temperaturas superficiais médias do módulo 1 ao 5 iguais a 26,5°C, 26,1°C, 25,6°C, 25,7 e 24,0°C, respectivamente, demonstrando influência da espessura do substrato nesta análise e como era esperado, sem cobertura vegetada, o módulo 5 apresentou as maiores variações e menores temperaturas em relação aos demais. Pode-se afirmar nesta análise que durante períodos chuvosos (quando há saturação do solo), as coberturas verdes extensivas influenciam o resfriamento da laje provocando atrasos neste processo, porém, a espessura do substrato não é um fator preponderante, tendo em vista as similaridades dos perfis de temperatura.

No período noturno, observa-se que as flutuações de temperatura são menores e mais próximas entre si, onde os módulos do 1 ao 5 apresentam variação máxima de 5,6°C, 5,4°C, 5,1°C, 4,3°C e 4,7°C, respectivamente. Mais uma vez, o módulo com maior capacidade térmica em sua cobertura (módulo 4) apresentou menor amplitude térmica com temperatura média da laje igual a 22,2°C, enquanto que o módulo 5 (controle) exibiu a segunda menor variação com temperatura média de 18,3°C, temperatura esta muito próxima a média do ar externo (19,3°C). Os módulos 1, 2 e 3 registraram médias iguais a 20,5°C, 21,6°C e 21,6°C, respectivamente. Diante dos dados, fica evidente que a cobertura verde contribui para manter a temperatura da laje mais elevada durante a noite, período este em que o substrato encontra-se com temperatura superior, fornecendo calor em sentido descendente, sendo mais efetiva com maiores espessuras de substrato.

5.2.2 Comparações entre desempenhos das camadas de substrato

Como mencionado anteriormente, as camadas de substrato foram montadas nas coberturas com diferentes condições iniciais de umidade, fator este que pode ter influência em relação aos resultados, de qualquer forma, com base nas curvas exibidas na figura 71 pode-se afirmar que em todos os módulos o substrato manteve-se úmido, variando entre 78% e 100% (saturado). Um aumento médio na umidade do solo de 5,1% do primeiro para o segundo dia foi evidenciado devido ao acúmulo após período de chuvas, ocorrendo saturação em todas as coberturas. Em relação às variações médias diárias, os módulos do 1 ao 4 obtiveram respectivamente 15,7%, 13,0%, 15,1% e 7,7%, e os valores médios obtidos foram 88,6%, 91,3%, 91,6% e 95,3%, demonstrando que as camadas de substrato com menor espessura têm menor capacidade de reter umidade, provavelmente devido à maior facilidade de evaporação e escoamento.

Em relação ao desempenho térmico, as curvas de temperatura da superfície inferior das camadas de substrato apresentaram comportamento similar ao das lajes, porém com amplitudes térmicas menores, onde do módulo 1 ao 4 foram obtidos 9,3°C, 6,4°C, 5,7°C e 3,7°C, respectivamente. Esses dados corroboram a influência do substrato sobre as coberturas vegetadas, onde as maiores espessuras promovem maior estabilidade térmica à edificação.

Durante o dia, quando os raios solares começaram a incidir sobre os protótipos aproximadamente as 7h00, iniciou-se um processo de inversão nos valores de temperatura em todos os módulos, partindo dos valores mais baixos registrados ao final do período noturno e por volta das 10h00 os perfis adquiriram comportamento quase linear com taxas mais altas para as menores espessuras e vice-versa, podendo ser observada repetibilidade nos dois dias de medição. Em relação à radiação solar, é possível verificar maior influência sobre a cobertura com menor espessura de substrato, esta constatação se deve ao fato de a máxima temperatura ter sido atingida em período menor de tempo no dia 30/11 (dia com maior incidência de radiação solar global, ver item 4.1), por volta das 13h00 do que no dia 29/11, quando a máxima temperatura foi registrada aproximadamente as 14h30, contudo, as camadas de substrato das demais coberturas obtiveram comportamento similar nos dois dias para o período sem chuva significativa, mesmo com a diferença nos índices de radiação solar, mais uma vez demonstrando maior estabilidade térmica para as maiores massas. Vale ressaltar também, a similaridade nos perfis de temperatura entre os módulos 2 e 3, verificada também na discussão referente às lajes.

Nos períodos de chuva mais intensa, percebe-se rápida variação na temperatura do substrato de menor espessura, principalmente no dia 29/11 – quando ocorre queda de mais de 3°C em aproximadamente 30 minutos – e maior atraso no resfriamento para as demais coberturas. As amplitudes médias registradas do protótipo 1 ao 4 foram respectivamente 5,1°C, 2,0°C, 2,0°C e 1,0°C e as médias iguais a 26,0°C, 26,1°C, 25,8°C e 24,8°C. É possível verificar que as temperaturas das camadas de substrato dos demais módulos (2, 3 e 4), ficam muito próximas quando ocorre saturação do solo, enquanto que o módulo 1 mantém os valores mais baixos, provavelmente por sofrer maior influência da laje nas trocas de calor.

Durante a noite, os módulos 1, 2 e 3 apresentaram flutuações similares, com amplitudes térmicas iguais a 6,0°C, 5,7°C e 5,4°C, respectivamente, enquanto que o módulo 4 apresentou variação máxima de 3,9°C, indicando maior estabilidade também no período noturno. Embora com a maior amplitude térmica próxima aos demais, o módulo 1 apresentou as menores temperaturas, com média para os dois dias igual a 20,5°C, enquanto que os módulos 2, 3 e 4 registraram médias de 22,3°C, 22,4°C e 22,8°C, respectivamente, evidenciando novamente a influência da espessura nas trocas de calor no período da noite.

5.2.3 Comparações entre desempenhos das camadas de vegetação

As camadas de vegetação dos módulos experimentais apresentaram comportamento térmico aleatório, sem fornecer subsídios que reforcem alguma influência das diferentes espessuras de substrato consideradas, principalmente no período diurno. No entanto, como mencionado no item anterior, os níveis de umidade do solo podem ter contribuído para os perfis obtidos e, um possível desvio no posicionamento dos termistores, pode ter contribuído para o registro de temperaturas mais elevadas por exposição à radiação solar.

As amplitudes térmicas médias para os dois dias de medição registradas para os módulos de 1 a 4 foram respectivamente 18,2°C, 16,8°C, 14,4°C e 19,4°C com temperaturas médias de 23,0°C, 23,5°C, 22,9°C e 23,7°C. Como pode ser observado, diferentemente das demais camadas, o módulo 4 apresentou as maiores médias de variação diária e de temperatura superficial. Consultando a tabela 21, percebe-se uma diminuição significativa nas temperaturas máximas alcançadas no segundo dia de medições, mesmo com índices de radiação solar global superiores ao primeiro dia, sendo provável este comportamento devido ao acúmulo de umidade do solo, conforme apresentado no item anterior. É possível também que o período de chuva rápida registrado próximo as 11h40 do dia 30/11 tenha influenciado os menores registros.

Durante os períodos de chuva mais significativa, como a vegetação encontra-se em contato direto com o ambiente externo, rapidamente as curvas de temperatura dos quatro módulos vegetados assumem perfis similares. As amplitudes térmicas médias registradas durante o período para os módulos de 1 a 4 foram respectivamente 15,6°C, 13,5°C, 10,5°C e 17,5°C, sendo as temperaturas médias superficiais iguais a 24,2°C, 24,4°C, 23,4°C e 24,1°C. Desta forma, fica evidente que em períodos chuvosos as temperaturas superficiais da camada de vegetação não sofrem influência da espessura do substrato, sendo possivelmente a maior influência relacionada ao nível inicial de umidade do solo.

No período noturno, o comportamento térmico das camadas de vegetação de todas as coberturas verdes é muito similar, com variações máximas do módulo 1 ao 4 de 3,9°C, 3,5°C, 3,2°C e 3,3°C, sendo as temperaturas superficiais médias iguais a 19,1°C, 20,0°C, 19,9°C e 19,6°C, sendo muito próximas a média do ar externo para a noite (19,3°C). As diferenças entre as amplitudes térmicas e temperaturas médias para os protótipos não supera a incerteza das medições (0,8°C), desta forma, pode-se afirmar que as camadas de vegetação, mesmo sendo cultivadas sobre espessuras de substrato diferentes, possuem comportamento extremamente similar para vegetações de mesma espécie durante períodos noturnos.

5.3 COMPORTAMENTO DO AR INTERNO

Este item é de extrema importância para discussão, pois visa analisar as condições ambientais internas que refletem diretamente no conforto térmico de possíveis ocupantes do tipo de edificação com as soluções aqui estudadas. É necessário reforçar que a maneira como os protótipos foram construídos não estabelecerá, de forma alguma, condições ideais para habitação, tendo em vista a falta de aberturas e circulação do ar no interior das câmaras. Desta forma, o objetivo do método empregado visa avaliar a variação da energia interna do ar nos protótipos proveniente das alterações de temperatura, entalpia específica e umidade relativa relacionando estes dados às diferentes configurações das coberturas, com influência mínima das paredes e pisos.

Considerando as 48 horas de medições, é possível verificar diferença significativa nas amplitudes térmicas médias entre os módulos experimentais, apresentando inclusive repetibilidade nos dias avaliados. O protótipo com cobertura de menor espessura (módulo 1) registrou as maiores variações médias diárias, com 12,8°C, enquanto que, o módulo 4 (de maior espessura) exibiu as menores variações, com média de 9,1°C, representando uma redução de

3,7°C ou 29,0%. Os módulos 2 e 3 apresentaram, respectivamente, amplitudes médias de 10,9°C e 10,7°C, representando pouca diferença entre ambos, porém, exibindo uma redução de 14,6% e 14,5% em relação ao protótipo 1, respectivamente. Em relação ao protótipo 5 (controle), que registrou variação média diária de temperatura de 36,5°C, os módulos do 1 ao 4 apresentaram redução de 64,9%, 70,0%, 70,7% e 75,1%, respectivamente. As entalpias específicas estimadas, exibiram do módulo 1 ao 4 variação média diária de 28,2kJ/kg, 24,8 kJ/kg, 26,9 kJ/kg e 22,1 kJ/kg, respectivamente, representando em relação ao módulo 1 uma redução de 12,1%, 4,8% e 21,8% (módulos 2, 3 e 4, respectivamente). Relacionado ao módulo 5, que exibiu variação diária (apenas para 29/11) de 104,1 kJ/kg, a redução foi de 72,9%, 76,2%, 74,2% e 78,8% (do módulo 1 ao 4, respectivamente). Sobre a umidade relativa estimada do ar interno, as variações médias foram de 36,1%, 30,0%, 27,4%, 26,5% e 67,3% do módulo 1 ao 5, respectivamente.

Os dados preliminares exibidos no parágrafo anterior evidenciam influência da espessura dos substratos no comportamento do ar interno nos contêineres, com impacto nas variações de temperatura, entalpia e umidade relativa, podendo inclusive contribuir positivamente com a eficiência energética em caso de utilização de sistema de climatização. Vários autores citados no presente trabalho constataram a eficácia das coberturas verdes em edificações de alvenaria, chegando a resultados significativos e próximos aos desta pesquisa, como por exemplo Moraes (2004) que evidenciou uma redução de até 5°C na temperatura do ar interno, além de Jaffal et. al (2012) cuja pesquisa exibiu redução de 2°C na temperatura interna e 6% de economia na demanda anual de energia e Ferraz (2012), que comparando uma cobertura verde extensiva com cobertura cerâmica, constatou que o telhado verde, dependendo de sua configuração, é capaz de manter condições de conforto térmico estabelecidas em norma sem utilização de sistema de climatização.

5.3.1 Desempenho diurno

Durante o dia sem precipitação, foram atingidas as maiores temperaturas internas e maiores amplitudes térmicas em todos os módulos experimentais. As máximas variações do período ocorreram no dia 29/11, registrando 13,2°C, 11,1°C, 10,9°C, 9,3°C e 35,3°C do módulo 1 ao 5, respectivamente. A máxima temperatura do ar externo (32,5°C) foi atingida às 11h14, neste horário, os módulos do 1 ao 5 registraram, respectivamente, 30,1°C, 28,2°C, 29,0°C, 27,9°C e 48,4°C, com destaque para o módulo 4 que ofereceu redução de 4,6°C ou 14,2%. Em relação as entalpias, os valores obtidos do módulo 1 ao 5 no horário mais quente do dia foram

80,0 kJ/kg, 77,5 kJ/kg, 80,6 kJ/kg, 77,1 kJ/kg e 134,8 kJ/kg, respectivamente e as umidades relativas foram 65,1%, 72,3%, 72,1%, 73,4% e 40,9%. Com base nos dados apresentados para o período diurno ensolarado, pode-se afirmar que o substrato interfere no comportamento térmico do ar interno, mostrando maior eficácia com maiores espessuras (módulo 4), exibindo as menores amplitudes térmicas e, para o horário mais quente do dia, mantendo o ar com menores níveis de energia, podendo minimizar os ganhos de carga térmica em períodos quentes.

Nos períodos de chuva mais intensa, percebe-se que as curvas de temperatura do ar interno, para os módulos vegetados, adquiriram perfis muito próximos entre si, apresentando praticamente as mesmas temperaturas no intervalo de tempo em que o substrato se manteve saturado, demonstrando inclusive repetibilidade em ambos dias de medição. Logo no início da chuva, visualiza-se uma redução rápida na temperatura para o módulo 5, devido a facilidade de troca de calor do ar com a laje molhada, sendo acompanhada pelos demais protótipos, primeiramente os menos espessos, até que todos convergiram para perfis semelhantes (na saturação). As amplitudes térmicas médias registradas nos períodos de chuva para os dois dias de medição, do módulo 1 ao 5, foram 8,6°C, 7,0°C, 7,1°C, 6,0°C e 23,4°C, sendo que as temperaturas médias foram, 25,8°C, 25,4°C, 25,2°C, 24,9°C e 25,5°C, respectivamente. As estimativas para entalpia específica e umidade relativa do ar interno médias forneceram resultados muito similares, sendo 73,3 kJ/kg e 81,1%, 73,4 kJ/kg e 83,5%, 73,6 kJ/kg e 85,0%, 72,2 kJ/kg e 84,8% e 71,5 kJ/kg e 84,5% para os módulos do 1 ao 5, respectivamente. Os dados evidenciam que, para períodos chuvosos, as coberturas verdes extensivas, independente da espessura do substrato, não têm impacto significativo em relação ao comportamento do ar interno, principalmente quando há saturação do solo.

5.3.2 Desempenho noturno

No período noturno, quando há o registro das menores temperaturas do ar externo, percebe-se uma maior influência das coberturas com substratos mais espessos no comportamento do ar interno, porém, de modo muito sutil registrando uma diferença entre amplitudes térmicas e temperaturas médias menores do que 1°C para as coberturas vegetadas. As variações de temperatura interna médias do módulo 1 ao 5 foram 4,3°C, 4,1°C, 4,2°C, 3,6°C e 5,6°C e as temperaturas médias registradas foram 19,9°C, 20,3°C, 20,5°C, 20,8°C e 18,5°C, respectivamente. As entalpias específicas e umidades relativas médias estimadas do módulo 1 ao 5, foram 58,7 kJ/kg e 94,7%, 60,2 kJ/kg e 94,8%, 60,5 kJ/kg e 93,4%, 61,2 kJ/kg e 93,0% e 55,1 kJ/kg e 97,9%, respectivamente. Diante dos dados registrados, pode-se afirmar que existe

uma tendência das maiores espessuras de substrato manterem as temperaturas do ar interno maiores, sendo porém, menos eficazes devido a interferência da temperatura superficial do teto que retira calor por convecção do ar interno, transferindo-o por condução – através das paredes – para o ambiente externo, situação esta já discutida no item 5.2.1.

5.4 COMPORTAMENTO DO AR EXTERNO

Em relação ao ar externo, medido a uma distância vertical de aproximadamente 10 cm da camada de vegetação, os módulos apresentaram comportamento pouco expressivo no que diz respeito a variação das temperaturas, não sendo possível atribuir relação com as espessuras de substrato estudadas. No entanto, consultado as curvas de entalpia específica e umidade relativa, perceber-se que há uma ligeira diminuição nessas duas propriedades em todos os módulos experimentais.

Para o ar externo, cujas propriedades foram medidas utilizando o módulo 5, foram registradas, para os dois dias de medição, amplitude térmica média de 14,3°C, temperatura média de 22,8°C, mínima média igual a 18,2°C e máxima média de 32,5°C. Entalpia específica média igual a 63,6 kJ/kg, com variação média de 34,7 kJ/kg e máximo valor médio igual a 88,5 kJ/kg. Umidade relativa média igual a 84,7%, com variação média de 47,0% atingindo saturação (100%) nos períodos de chuva.

As amplitudes térmicas médias para os módulos de 1 a 4 foram respectivamente 13,5°C, 13,66°C, 13,5°C e 13,5°C, sendo as temperaturas médias iguais a 22,6°C, 23,0°C, 22,8°C e 22,3°C. Para entalpia específica e umidade relativa, as médias gerais do módulo 1 ao 4 foram 60,7 kJ/kg e 80,2%, 60,7 kJ/kg e 78,2%, 62,4 kJ/kg e 81,7% e 60,2 kJ/kg e 81,2%, respectivamente e os máximos valores apenas para entalpia foram 75,5 kJ/kg, 75,9 kJ/kg, 82,4 kJ/Kg e 75,8 kJ/kg, respectivamente.

Com base nos dados acima, visualiza-se uma redução nas variações diárias de temperatura do ar externo em todos os protótipos, porém, com uma diferença menor do que 1°C, evidenciando uma ligeira interferência, no entanto, sem atribuir relações às espessuras de substrato. Para os dados de entalpia máxima, é possível identificar uma redução significativa em todos os módulos experimentais, levando a interpretar que a vegetação tem a capacidade de reduzir os índices de energia do ar externo, sendo mais evidente as trocas advectivas, reduzindo a umidade relativa média.

5.4.1 Desempenho diurno

Durante o período diurno sem chuva, o ar externo (módulo 5) exibiu temperatura média igual a 27,8°C, variação máxima de 12,5°C, com máxima de 32,5°C, entalpia específica e umidade relativa médias de 73,4 kJ/kg e 69,2%, respectivamente. Os módulos do 1 ao 4 registraram respectivamente temperaturas médias de 26,8°C, 27,3°C, 26,9°C e 26,6°C, amplitudes térmicas iguais a 11,7°C, 12,7°C, 12,2°C e 12,5°C, temperaturas máximas de 32,0°C, 32,7°C, 32,5°C e 32,2°C, entalpias específicas médias iguais a 66,3 kJ/kg, 66,3 kJ/kg, 69,6 kJ/kg e 65,8 kJ/kg e umidades relativas médias de 65,0%, 62,2%, 68,9% e 65,5%.

Analisando os resultados apresentados acima, evidencia-se uma sutil diferença entre as temperaturas registradas no módulo 1 comparadas aos demais módulos, onde o primeiro apresentou médias, amplitudes e máximos valores ligeiramente menores, com uma redução abaixo de 1°C, valor este muito próximo à incerteza das medições, no entanto, conforme mencionado na pesquisa de Eksi et al. (2017), pode ser que esta pequena diferença seja atribuída à evapotranspiração facilitada pelo substrato de menor espessura. Verificando as entalpias específicas e umidades relativas médias, percebe-se um aumento significativo do módulo 3 em relação aos demais, principalmente no primeiro dia de medição, podendo estes resultados estarem associados à umidade do solo que, neste protótipo, apresentou valores menores em relação aos demais.

5.4.2 Desempenho noturno

No período da noite foram registradas, para o ar externo ambiente, temperatura média de 19,3°C, amplitude térmica de 3,3°C, temperatura máxima igual a 21,3°C e mínima de 18,0°C, entalpia específica média de 56,1 kJ/kg e umidade relativa de 92,9%. Os módulos do 1 ao 4 exibiram respectivamente temperaturas médias de 19,7°C, 19,7°C, 19,7°C e 19,3°C, variações máximas de 4,1°C, 3,5°C, 3,8°C e 3,3°C, máximas temperaturas iguais a 22,2°C, 21,7°C, 21,9°C e 21,3°C, entalpias específicas médias iguais a 55,6 kJ/kg, 55,0 kJ/kg, 56,0 kJ/kg e 54,9 kJ/kg e umidades relativas médias iguais a 88,9%, 87,4%, 89,6% e 90,5%.

Diante dos resultados, verifica-se que todos os módulos apresentaram desempenho térmico bastante semelhante e com diferenças pouco significativas, comportamento este que pode ser atribuído às maiores faixas de umidade relativa presentes naturalmente no ar externo, minimizando os possíveis efeitos de evapotranspiração que pudessem influenciar os resultados.

6 CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentados de forma sintetizada os pontos conclusivos do capítulo anterior e também sugeridas propostas para trabalhos futuros.

6.1 SOBRE O DESEMPENHO GERAL DAS COBERTURAS

Avaliando os resultados gerais, pode-se afirmar que coberturas vegetadas extensivas representam uma solução termicamente viável quando aplicadas em edificações construídas a partir do reaproveitamento de contêineres. Para as condições climáticas locais desta pesquisa, fica estabelecido que a espessura do substrato possui influência significativa em relação ao comportamento térmico geral deste tipo de construção, sendo que as maiores espessuras refletem melhores desempenhos devido ao armazenamento de energia proveniente das maiores capacidades térmicas associadas, sugerindo o uso de coberturas semi-intensivas como uma alternativa possivelmente melhor.

O estudo revelou que a cobertura verde do módulo 4 (16 cm) reduziu a amplitude térmica do ar interno em aproximadamente 29% (3,7°C) em relação ao módulo 1 (4 cm) e comparando com o ar externo, no horário mais quente do dia (32,5°C), a maior cobertura reduziu a temperatura em 4,6°C ou 14,2%, podendo ser uma boa solução para redução de carga térmica interna e consequentemente melhorando os índices de eficiência energética.

Conclui-se que, diferentemente de uma cobertura verde sobre laje convencional, devido a condução de calor pelas paredes metálicas do contêiner, o aumento da espessura do substrato contribui com a remoção de calor da laje devido às menores flutuações associadas, promovendo temperaturas superficiais internas mais baixas. E como ponto de destaque, esta condição altera o gradiente de temperatura das camadas da cobertura, modificando os sentidos do fluxo de calor, absorvendo calor da laje e da vegetação durante o dia e cedendo para ambos durante a noite.

Para períodos de chuva, conclui-se que as coberturas influenciam no desempenho térmico geral deste tipo de edificação de forma similar aos períodos noturnos, tendendo a manter as temperaturas internas mais elevadas, porém, quando há saturação do solo, a espessura

do substrato passa a não influenciar o comportamento térmico, devido novamente a interferência significativa da laje.

6.2 SOBRE O COMPORTAMENTO DAS CAMADAS E DO AR INTERNO E EXTERNO

Além da laje que, conforme mencionado no item anterior possui grande influência em relação ao desempenho das coberturas, a camada de substrato – foco deste trabalho – se revelou um importante componente da cobertura verde para auxiliar no condicionamento passivo do ar interior em edificações concebidas pelo reaproveitamento de contêineres. Devido as maiores capacidades térmicas associadas às coberturas mais espessas, pôde-se evidenciar um melhor desempenho quanto à estabilidade térmica e resfriamento do módulo 4 (16 cm) diante os demais. Em relação à amplitude térmica, por exemplo, ocorreu uma redução de aproximadamente 60% comparado ao módulo 1, seguidos de aproximadamente 42% e 35% comparado aos módulos 2 e 3, respectivamente.

Sobre as camadas de vegetação, não fica clara uma relação direta da espessura do substrato com o comportamento térmico da vegetação. É evidente, a partir dos resultados, que a radiação solar incidente altera consideravelmente a temperatura da superfície vegetada, assim como a chuva e as condições climáticas inerentes ao período da noite, devido a exposição direta com esses mecanismos. Contudo, sem ter subsídios suficientes para concluir a esse respeito – por não ser o foco da pesquisa –, o desempenho térmico da vegetação parece ter maior influência das condições de umidade do solo, podendo esta questão ser foco de pesquisas futuras.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de contribuir com o tema, dando continuidade a este trabalho, os seguintes assuntos podem ser abordados:

- Análise térmica em coberturas verdes semi-intensivas e intensivas aplicadas em contêineres.
- Influência da condução de calor das paredes para a laje (com e sem insolação) de contêineres com cobertura verde.

- Estudo de diferentes tipos de vegetação em coberturas verdes aplicadas em contêineres.
- Influência da umidade do solo no desempenho térmico de coberturas verdes aplicadas em contêineres.
- Desempenho energético de coberturas verdes aplicadas em contêineres empregando sistemas de climatização.
- Comparação entre desempenho energético de edificações construídas com contêineres utilizando isolantes convencionais e cobertura verde.
- Desempenho térmico sazonal em coberturas verdes aplicadas em contêineres
- Modelagem e simulação de coberturas verdes aplicadas a contêineres.
- Análise térmica em coberturas verdes aplicadas em contêineres para condições de inverno.

REFERÊNCIAS

ABINT, Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos e Tecidos Técnicos. **Manual naotecidos**: classificação, identificação e aplicações de não tecidos. 1999. Disponível em: <http://www.abint.org.br/pdf/Manual_ntecidos.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2018.

ABRECON, Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Abrecon**: pesquisa. 2015. Disponível em: <http://abrecon.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso em: 5 set. 2018.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama**: apresentação. 2016. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 5 set. 2018.

ABREU, R. L. **Mapa são bernardo do campo**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/São_Bernardo_do_Campo#/media/File:SaoPaulo_Municip_Sa_oBernardodoCampo.svg>. Acesso em: 5 jul. 2018.

ALLEN, R. G. **Crop evapotranspiration** : guidelines for computing crop water requirements. 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm#Contents>>. Acesso em: 7 maio. 2018.

ALVES FILHO, A. P. **Estudos sobre o potencial de arrefecimento climático dos telhados verdes visando a implantação em bairros populares de grandes zonas urbanas do estado de São Paulo**. São Bernardo do Campo, 2018.

ALVIZURI, J. et al. Green roof thermal buffering: Insights derived from fixed and portable monitoring equipment. **Energy and Buildings**, v. 151, p. 455–468, 2017.

AMAZON. **Termistor NTC**. Disponível em: <<https://www.amazon.com/100-Temperature-Measurement-Thermistors-MF52-103/dp/B0087YI1KW>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ARCHDAILY. **Casa container Granja Viana**. 2016. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box>>. Acesso em: 5 set. 2018.

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Handbook Fundamentals**. Atlanta, 2009.

BERARDI, U. et. al. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. **Applied Energy**. v. 115, p. 411-428, 2014.

BONAFÉ, Gabriel. **Container é estrutura sustentável e econômica para construção civil**. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/container-e-estrutura-sustentavel-e->

economica-para-construcao-civil_9793_10_0>. Acesso em: 5 set. 2018.

CALORY, Sara Q. C. **Estudo do uso de contêineres em edificações no Brasil**. 2015. 54 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

CASTRO, T. **Construções com uso de contêineres viram tendência no Brasil**. 2018.

Disponível em:

<<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2018/04/14/interna-brasil,673111/como-construir-uma-casa-usando-conteiner.shtml>>. Acesso em: 5 set. 2018.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Serviços**. Disponível em:

<<http://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/relConfiguracaoEstacao.do?method=gerarRelatorio>>.

Acesso em: 2 set. 2018.

CHÁ COM LETRAS. **O problema do mundo na visão de Bertrand Russell**. Disponível em: <<http://www.chacomletras.com.br/2009/10/todo-o-problema-do-mundo-e-que-os-tolos-e-os-fanaticos-estao-cheios-de-certezas-e-as-pessoas-mais-sabias-estao-cheias-de-duvidas-bertrand-russell/comment-page-1/>>. Acesso em: 30 jan. 2019.

CHAN, A. L. S.; CHOW, T. T. Evaluation of overall thermal transfer value (OTTV) for commercial buildings constructed with green roof. **Applied Energy**, v. 107, p. 10–24, 2013.

CICLOVIVO. **Amsterdã possui maior condomínio de contêineres do mundo**. Disponível

em: <http://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/contenineres_reutilizados_viram_condominio_estudantil_em_amsterda/>.

Acesso em: 5 set. 2018.

DVORAK, B.; VOLDER, A. Green roof vegetation for North American ecoregions: A literature review. **Landscape and Urban Planning**, v. 96, p. 197–213, 2010.

EARLES, T. A.; CLARY, J. **Urban storm drainage** - criteria manual. Denver, 2010.

ECOTELHADO. **Empresa Ecotelhado**. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/quem-somos/>>. Acesso em: 3 dez. 2017a.

ECOTELHADO. **Contêiner sustentável**. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/container-sustentavel/>>. Acesso em: 5 set. 2018b.

EKSI, M. et al. Effect of substrate depth, vegetation type, and season on green roof thermal properties. **Energy and Buildings**, v. 145, p. 174–187, 2017.

ESANDINAVIA. **10 casas escandinavas com telhados verdes que são exemplos de sustentabilidade**. Disponível em: <<https://www.nomades011.com/10-casas-escandinavas-com-telhados-verdes-que-sao-exemplos-de-sustentabilidade/>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

ESQUEMA. **Pensar verde para um mundo melhor**. Disponível em: <<http://www.imovelweb.com.br/noticias/arquitetura/pensar-verde-para-um-mundo-melhor/>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

FERRARO. **Ferraro container habitat**. Disponível em: <<http://www.ferrarohabitat.com/ferraro.php>>. Acesso em: 5 set. 2018.

FERRAZ, I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional cobertura cerâmica**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FORD, T. V. E. **Bioarquitetura e bioconstrução: 10 telhados verdes monumentais**. Disponível em: <<http://lecycpicorelli-bioarquitetura.blogspot.com.br/2013/04/10-telhados-verdes-monumentais.html#axzz5AWN0PgTD>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

FRANKENSTEIN, S.; KOENIG, G. G. **Fast all-season soil strength (FASST)**. Washington, 2004.

FREITAS, B. B. **Análise Térmica de Containers com sistema de cobertura verde**. São Bernardo do Campo, 2018.

GOOGLE, G. **Centro universitário FEI: Campus São Bernardo do Campo - Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Centro+Universitário+FEI+-+Campus+São+Bernardo+do+Campo/@-23.7279992,-46.5778188,122m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94ce4158ef9c7c05:0x776b798985695f52!8m2!3d-23.7239362!4d-46.5794812>>. Acesso em: 5 jul. 2018a.

GOOGLE, G. **Endereço CETESB: Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/R.+dos+Vianas,+625+-+Baeta+Neves,+São+Bernardo+do+Campo+-+SP,+09760-000/@-23.7148829,-46.5843118,5800m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94ce422fd3b7b26d:0x920de05f7541c19f!8m2!3d-23.6992821!4d-46.5467168>>. Acesso em: 2 set. 2018b.

HEIDARINEJAD, G.; ESMAILI, A. Numerical simulation of the dual effect of green roof thermal performance. **Energy Conversion and Management**, v. 106, p. 1418–1425, 2015.

HIRABAHASI, J. G. **Construção com containers utilizando-se de tecnologias de telhados e paredes verdes para isolamento térmico e acústico**. São Bernardo do Campo, 2017.

INCOMPLAST. **Polietileno (PEAD)**. Disponível em: <<http://incomplast.com.br/polietileno-pead/>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

IPÊ. **Arquitetura Sustentável**. Disponível em: <<http://www.revistaipe.com.br/arquitetura-sustentavel/>>. Acesso em: 5 set. 2018.

ISBU, Intermodal Steel Building Units and Container Homes. **All about shipping containers**. Disponível em: <<http://www.isbu-association.org/all-about-shipping-containers.htm>>. Acesso em: 5 set. 2018.

JAFFAL, I.; OULDBOUKHITINE, S. E.; BELARBI, R. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. **Renewable Energy**, v. 43, p. 157–164, 2012.

JIM, C. Y.; PENG, L. L. H. Substrate moisture effect on water balance and thermal regime of a tropical extensive green roof. **Ecological Engineering**, v. 47, p. 9–23, 2012a.

JIM, C. Y.; PENG, L. L. H. Weather effect on thermal and energy performance of an extensive tropical green roof. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 11, n. 1, p. 73–85, 2012b.

KREITH, F.; BOHN, M. S. **Princípios de Transferência de Calor**. 6. ed. São Paulo: Thomson, 2003.

MAGILL, J. **A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Southern Illinois University Carbondale, Carbondale, 2011.

MAPA. **Weblet Importer**. Disponível em: <<http://oqueetendencia.com/wp-content/uploads/2015/06/mapas-do-brasil-com-estados-2.png>>. Acesso em: 5 jul. 2018.

MENDES, L. V. S. **Jardim vertical: viabilidade e modelos**. São Bernardo do Campo, 2017.

METALICA. **Container city: um novo conceito em arquitetura sustentável**. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/container-city-um-novo-conceito-em-arquitetura-sustentavel>>. Acesso em: 5 set. 2018.

MILLENIUM. **Millennium park in Chicago**. Disponível em: <<http://aasarchitecture.com/2012/08/millennium-park-in-chicago.html>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

MORAIS, C. S. de. **Desempenho térmico de coberturas vegetais em edificações na cidade de São Carlos**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MOREIRA, J. R. S. **Fundamentos e Aplicações da Psicrometria**. 1. ed. São Paulo: 1999.

MULTILÓGICA. **Sensor de umidade do solo**. Disponível em: <<https://multilogica-shop.com/sensor-de-umidade-do-solo>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MURGIA, M. **O emprego dos telhados verdes como tecnologia social**: Geração de renda através do desenvolvimento de projetos de infraestrutura verde. São Bernardo do Campo, 2018.

NIACHOU, A. et al. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. **Energy and Buildings**, v. 33, n. 7, p. 719–729, 2001.

OCCHI, T.; ALMEIDA, C. C. O. Uso de Containers na Construção Civil: Viabilidade Construtiva e Percepção dos Moradores de Passo Fundo-RS. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 1, p. 16–27, 2016.

PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1712–1722, 2011.

PASCHOAL, M.; MENEGUEÇO, B. **Casa contêiner**: sustentável, inovadora e tecnológica. Disponível em: <<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Arquitetura/noticia/2016/12/casa-container-sustentavel-inovadora-e-tecnologica.html>>. Acesso em: 5 set. 2018.

PECK, S. W. et al. **Greenbacks From Green Roofs**: Forging a New Industry in Canada. Disponível em: <<[http://greenroofs.ca/grhcc/ Greenbacks. pdf](http://greenroofs.ca/grhcc/Greenbacks.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

PERUSSI, R.; VECCHIA, F. A. DA S. Análise do comportamento térmico de um sistema de cobertura verde utilizando plataformas de teste. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 225-236, dez. 2016.

PISELLO, A. L.; PISELLI, C.; COTANA, F. Thermal-physics and energy performance of an innovative green roof system: The Cool-Green Roof. **Solar Energy**, v. 116, p. 337–356, 2015.

POMPÉIA. **Casa luxuosa de mais de 2 mil anos de idade é reaberta em Pompeia**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/turismo-e-viagem/noticia/2015/03/casa-luxuosa-de-mais-de-2-mil-anos-de-idade-e-reaberta-em-pompeia-italia.html>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

REFRATIL **Argila Expandida**. Disponível em: <<http://www.refratil.com.br/produto/argila-expandida>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

ROCHA, S. **Os números do mercado de telhados verdes no mundo**. Disponível em: <<http://institutocidadejardim.com.br/2016/09/13/um-telhado-verde-nao-faz-verao-2-os-numeros-do-mercado-de-telhados-verdes-no-mundo/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

ROCHA, S.; SCARDIA, F. **Telhados verdes: da pre-história ao velho oeste americano**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/valghislain10/telhados-verdes-da-pr-histria-ao-velho-oestecompressed>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

SAILOR, D. J. A green roof model for building energy simulation programs. **Energy and Buildings**, v. 40, p. 1466-1478, 2008.

SBC, São Bernardo do Campo. **Sumário de dados 2012**. Disponível em: <<http://www.saobernardo.sp.gov.br/documents/10181/37461/02+-+Capítulo+II+-+Geografia+e+meio+ambiente/b0d4c100-9778-441e-9906-1f3be6e1d2a1?version=1.1>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SILVA, I. B. DE J. **Desempenho térmico e hídrico de telhados verdes: um estudo utilizando tecnologias de IoT em escolas públicas**. São Bernardo do Camp, 2018.

SILVA, T. F. **Jardins suspensos da Babilônia: história**. Disponível em: <<http://cdn.history.com/sites/2/2015/06/hith-Hanging-Gardens-of-Babylon-E.jpeg>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

SKYGARDEN. **Apresentação SkyGarden**. Disponível em: <<http://www.skygarden.com.br/index.php/empresa/apresentacao>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

SQUIER, M.; DAVIDSON, C. I. Heat flux and seasonal thermal performance of an extensive green roof. **Building and Environment**, v. 107, p. 235–244, 2016.

TAN, C. L. et al. Impact of soil and water retention characteristics on green roof thermal performance. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 830–842, 2017.

TAVARES, K. **Cresce no país o uso de contêineres na construção de casas**. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/imoveis/cresce-no-pais-uso-de-conteineres-na-construcao-de-casas-4071259#ixzz5Q3ap2Yng>>. Acesso em: 5 set. 2018.

TRIBUNA. **Contêineres: uma revolução no transporte de cargas**. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/porto&mar/conteineres-uma-revolucao-no-transporte-de-cargas-1/?cHash=9a13238286fe628fe60441c05ee67ae8>>. Acesso em: 5 set. 2018.

VIKINGS. **The viking longhouse**. Disponível em: <<https://www.shetlandamenity.org/viking-longhouse>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

ZIGURATE. **Aulas on-line de história**. Disponível em: <<http://aulasonlinedehistoria.blogspot.com.br/2015/07/mesopotamia-o-berco-da-civilizacao-os.html>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

APÊNDICE A – TABELA DE CALIBRAÇÃO DOS TERMISTORES

	Term. Platina		Termistor	Term. Platina		Termistor	Term. Platina		Termistor	Term. Platina		Termistor
	R1 ref.	T1 ref.	R1 term.	R2 ref.	T2 ref.	R2 term.	R3 ref.	T3 ref.	R3 term.	R4 ref.	T4 ref.	R4 term.
	(Ω)	(°C)	(kΩ)	(Ω)	(°C)	(kΩ)	(Ω)	(°C)	(kΩ)	(Ω)	(°C)	(kΩ)
1ITa	25,227	0,00	32,580	27,487	22,54	11,300	29,517	42,92	4,790	32,500	73,09	1,576
1ITb	25,227	0,00	31,530	27,487	22,54	10,910	29,516	42,91	4,630	32,496	73,05	1,520
1ITc	25,227	0,00	32,810	27,487	22,54	11,350	29,516	42,91	5,690	32,495	73,04	1,582
1IUa	25,228	0,01	32,900	27,489	22,56	11,400	29,520	42,95	4,830	32,508	73,18	1,585
1IUb	25,228	0,01	32,670	27,489	22,56	11,290	29,520	42,95	4,790	32,503	73,12	1,573
1IUC	25,228	0,01	32,550	27,489	22,56	11,270	29,520	42,95	4,780	32,503	73,12	1,572
1LTa	25,227	0,00	32,720	27,485	22,52	11,330	29,512	42,87	4,820	32,515	73,25	1,572
1LTb	25,227	0,00	32,520	27,485	22,52	11,270	29,512	42,87	4,790	32,513	73,23	1,565
1LTc	25,227	0,00	32,920	27,485	22,52	11,390	29,512	42,87	4,840	32,511	73,21	1,679
1STa	25,227	0,00	32,560	27,485	22,52	11,270	29,511	42,86	4,790	32,522	73,32	1,558
1STb	25,227	0,00	32,720	27,485	22,52	11,330	29,511	42,86	4,820	32,521	73,31	1,568
1STc	25,227	0,00	32,720	27,485	22,52	11,340	29,511	42,86	4,830	32,519	73,29	1,571
1VTa	25,227	0,00	32,660	27,486	22,53	11,340	29,518	42,93	4,810	32,534	73,44	1,561
1VTb	25,228	0,01	32,720	27,486	22,53	11,340	29,518	42,93	4,820	32,532	73,42	1,565
1VTc	25,228	0,01	32,820	27,486	22,53	11,430	29,518	42,93	4,830	32,530	73,40	1,570
1ETa	25,227	0,00	32,720	27,488	22,55	11,330	29,515	42,90	4,820	32,483	72,92	1,588
1ETb	25,227	0,00	32,650	27,488	22,55	11,310	29,515	42,90	4,810	32,481	72,90	1,587
1ETc	25,227	0,00	32,660	27,488	22,55	11,310	29,515	42,90	4,810	32,479	72,88	1,589
1EUa	25,228	0,01	32,550	27,491	22,58	11,280	29,513	42,88	4,800	32,490	72,99	1,579
1EUB	25,227	0,00	32,580	27,490	22,57	11,270	29,513	42,88	4,790	32,488	72,97	1,575
1EUC	25,227	0,00	32,730	27,490	22,57	11,350	29,513	42,88	4,830	32,486	72,95	1,592
2ITa	25,227	0,00	32,700	27,488	22,55	11,320	29,502	42,77	4,840	32,415	72,23	1,626
2ITb	25,227	0,00	32,700	27,488	22,55	11,330	29,502	42,77	4,840	32,413	72,21	1,629
2ITc	25,227	0,00	32,750	27,488	22,55	11,350	29,502	42,77	4,860	32,411	72,19	1,636
2IUa	25,227	0,00	33,170	27,488	22,55	11,500	29,501	42,76	4,910	32,421	72,29	1,645
2IUb	25,227	0,00	32,700	27,488	22,55	11,320	29,501	42,76	4,840	32,420	72,28	1,620
2IUC	25,227	0,00	0,000	27,488	22,55	0,000	29,501	42,76	4,860	32,419	72,27	1,630
2LTa	25,227	0,00	32,510	27,488	22,55	11,270	29,500	42,75	4,820	32,442	72,50	1,605
2LTb	25,227	0,00	33,000	27,488	22,55	11,440	29,500	42,75	4,890	32,440	72,48	1,628
2LTc	25,227	0,00	32,480	27,488	22,55	11,250	29,500	42,75	4,810	32,438	72,46	1,603
2STa	25,227	0,00	32,480	27,488	22,55	11,250	29,498	42,73	4,820	32,430	72,38	1,608
2STb	25,227	0,00	33,000	27,488	22,55	11,440	29,498	42,73	4,890	32,429	72,37	1,634
2STc	25,227	0,00	32,800	27,488	22,55	11,350	29,498	42,73	4,860	32,427	72,35	1,625
2VTa	25,227	0,00	32,670	27,487	22,54	11,330	29,497	42,72	4,850	32,402	72,10	1,634
2VTb	25,227	0,00	32,980	27,487	22,54	11,420	29,497	42,72	4,880	32,401	72,09	1,643
2VTC	25,227	0,00	33,140	27,487	22,54	11,490	29,497	42,72	4,920	32,399	72,07	1,657
2ETa	25,227	0,00	32,980	27,488	22,55	11,440	29,494	42,69	4,900	32,458	72,67	1,618
2ETb	25,227	0,00	32,410	27,488	22,55	11,230	29,494	42,69	4,810	32,455	72,64	1,588
2ETc	25,227	0,00	32,640	27,488	22,55	11,310	29,494	42,69	4,850	32,454	72,63	1,602
2EUa	25,227	0,00	32,480	27,488	22,55	11,250	29,495	42,70	4,820	32,450	72,59	1,599
2EUB	25,227	0,00	32,520	27,488	22,55	11,270	29,495	42,70	4,830	32,447	72,56	1,598
2EUC	25,227	0,00	32,280	27,488	22,55	11,230	29,495	42,70	4,810	32,445	72,53	1,594
3ITa	25,226	-0,01	33,020	27,487	22,54	11,450	29,474	42,48	4,950	32,577	73,88	1,555
3ITb	25,226	-0,01	27,470	27,487	22,54	11,010	29,474	42,48	5,380	32,575	73,86	1,999
3ITc	25,226	-0,01	32,630	27,487	22,54	11,270	29,473	42,47	4,860	32,572	73,83	1,531
3IUa	25,226	-0,01	32,420	27,487	22,54	11,240	29,474	42,48	4,850	32,583	73,94	1,521
3IUb	25,226	-0,01	32,720	27,487	22,54	11,330	29,474	42,48	4,890	32,581	73,92	1,536
3IUC	25,226	-0,01	32,570	27,487	22,54	11,270	29,474	42,48	4,870	32,579	73,90	1,527
3LTa	25,226	-0,01	32,320	27,489	22,56	11,210	29,476	42,50	4,840	32,599	74,10	1,508
3LTb	25,226	-0,01	32,910	27,489	22,56	11,390	29,476	42,50	4,910	32,598	74,09	1,530
3LTc	25,226	-0,01	32,500	27,489	22,56	11,260	29,476	42,50	4,860	32,596	74,07	1,518
3STa	25,226	-0,01	32,710	27,489	22,56	11,330	29,483	42,58	4,880	32,599	74,10	1,520
3STb	25,226	-0,01	32,490	27,489	22,56	11,250	29,481	42,56	4,850	32,600	74,11	1,513
3STc	25,226	-0,01	32,680	27,489	22,56	11,310	29,481	42,56	4,870	32,600	74,11	1,516
3VTa	25,226	-0,01	32,490	27,487	22,54	11,260	29,473	42,47	4,870	32,588	73,99	1,524
3VTb	25,226	-0,01	32,610	27,487	22,54	11,300	29,473	42,47	4,880	32,587	73,98	1,527
3VTC	25,226	-0,01	32,700	27,487	22,54	11,340	29,473	42,47	4,900	32,585	73,96	1,534
3ETa	25,226	-0,01	32,630	27,488	22,55	11,300	29,480	42,54	4,870	32,586	73,97	1,513
3ETb	25,226	-0,01	32,400	27,488	22,55	11,230	29,479	42,53	4,840	32,593	74,04	1,504
3ETc	25,226	-0,01	33,630	27,488	22,55	11,660	29,479	42,53	5,020	32,595	74,06	1,565
3EUa	25,226	-0,01	32,550	27,488	22,55	11,280	29,477	42,51	4,870	32,594	74,05	1,521
3EUB	25,226	-0,01	33,200	27,488	22,55	11,510	29,477	42,51	4,970	32,592	74,03	1,551
3EUC	25,226	-0,01	32,890	27,488	22,55	11,380	29,476	42,50	4,920	32,591	74,02	1,533
4ITa	25,226	-0,01	32,500	27,486	22,53	11,320	29,461	42,35	4,890	32,551	73,61	1,542
4ITb	25,226	-0,01	32,660	27,486	22,53	11,380	29,461	42,35	4,920	32,548	73,58	1,551
4ITc	25,226	-0,01	32,540	27,486	22,53	11,340	29,461	42,35	4,880	32,545	73,55	1,541
4IUa	25,226	-0,01	32,710	27,487	22,54	11,340	29,460	42,34	4,920	32,539	73,49	1,568
4IUb	25,226	-0,01	27,460	27,487	22,54	10,980	29,460	42,34	5,390	32,535	73,45	2,010
4IUC	25,226	-0,01	32,500	27,487	22,54	11,260	29,460	42,34	4,920	32,534	73,44	1,560
4LTa	25,226	-0,01	32,840	27,489	22,56	11,400	29,463	42,37	4,940	32,530	73,40	1,570
4LTb	25,226	-0,01	32,520	27,489	22,56	11,300	29,462	42,36	4,900	32,528	73,38	1,558
4LTc	25,226	-0,01	32,380	27,489	22,56	11,250	29,462	42,36	4,880	32,526	73,36	1,550
4STa	25,226	-0,01	32,670	27,488	22,55	11,330	29,464	42,38	4,910	32,523	73,33	1,565
4STb	25,226	-0,01	32,500	27,488	22,55	11,260	29,464	42,38	4,880	32,521	73,31	1,557
4STc	25,226	-0,01	32,410	27,488	22,55	11,240	29,464	42,38	4,880	32,519	73,29	1,556
4VTa	25,226	-0,01	33,060	27,488	22,55	11,460	29,467	42,41	4,970	32,508	73,18	1,590
4VTb	25,226	-0,01	32,580	27,488	22,55	11,290	29,467	42,41	4,900	32,507	73,16	1,570
4VTC	25,226	-0,01	32,530	27,488	22,55	11,260	29,467	42,41	4,880	32,505	73,14	1,563
4ETa	25,226	-0,01	32,850	27,489	22,56	11,380	29,466	42,40	4,930	32,503	73,12	1,586
4ETb	25,226	-0,01	32,770	27,489	22,56	11,360	29,466	42,40	4,930	32,501	73,10	1,584
4ETc	25,226	-0,01	33,150	27,489	22,56	11,480	29,466	42,40	4,980	32,500	73,09	1,599
4EUa	25,226	-0,01	32,960	27,486	22,53	11,410	29,465	42,39	4,960	32,515	73,25	1,582
4EUB	25,226	-0,01	32,730	27,486	22,53	11,340	29,465	42,39	4,930	32,513	73,23	1,575
4EUC	25,226	-0,01	32,860	27,486	22,53	11,370	29,465	42,39	4,930	32,511	73,21	1,574
5ITa	25,226	-0,01	33,090	27,486	22,53	11,490	29,454	42,28	5,000	32,486	72,95	1,608
5ITb	25,226	-0,01	32,790	27,486	22,53	11,380	29,454	42,28	4,950	32,484	72,93	1,594

	Term. Platina			Termistor			Term. Platina			Termistor			Term. Platina			Termistor		
	R1 ref.	T1 ref.	R1 term.	R2 ref.	T2 ref.	R2 term.	R3 ref.	T3 ref.	R3 term.	R4 ref.	T4 ref.	R4 term.	R3 ref.	T3 ref.	R3 term.	R4 ref.	T4 ref.	R4 term.
	(Ω)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{k}\Omega$)	(Ω)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{k}\Omega$)	(Ω)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{k}\Omega$)	(Ω)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{k}\Omega$)	(Ω)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{k}\Omega$)	(Ω)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{k}\Omega$)
5ITc	25,226	-0,01	27,440	27,486	22,53	11,000	29,454	42,28	5,400	32,482	72,91	2,045	29,454	42,28	5,400	32,482	72,91	2,045
5IUa	25,226	-0,01	32,690	27,486	22,53	11,320	29,452	42,26	4,930	32,472	72,81	1,588	29,452	42,26	4,930	32,472	72,81	1,588
5IUb	25,226	-0,01	32,770	27,486	22,53	11,350	29,452	42,26	4,950	32,470	72,79	1,597	29,452	42,26	4,950	32,470	72,79	1,597
5IUC	25,226	-0,01	32,660	27,486	22,53	11,300	29,452	42,26	4,940	32,468	72,77	1,596	29,452	42,26	4,940	32,468	72,77	1,596
5LTa	25,226	-0,01	33,060	27,485	22,52	11,450	29,451	42,25	5,000	32,466	72,75	1,614	29,451	42,25	5,000	32,466	72,75	1,614
5LTb	25,226	-0,01	33,050	27,485	22,52	11,460	29,451	42,25	5,000	32,464	72,73	1,617	29,451	42,25	5,000	32,464	72,73	1,617
5LTc	25,226	-0,01	32,650	27,485	22,52	11,320	29,451	42,25	4,940	32,462	72,71	1,597	29,451	42,25	4,940	32,462	72,71	1,597
5ETa	25,226	-0,01	33,070	27,485	22,52	11,470	29,450	42,24	5,000	32,461	72,70	1,618	29,450	42,24	5,000	32,461	72,70	1,618
5ETb	25,226	-0,01	32,550	27,486	22,53	11,280	29,450	42,24	4,930	32,458	72,67	1,597	29,450	42,24	4,930	32,458	72,67	1,597
5ETc	25,226	-0,01	32,450	27,486	22,53	11,250	29,450	42,24	4,900	32,457	72,66	1,588	29,450	42,24	4,900	32,457	72,66	1,588
5EUa	25,226	-0,01	27,320	27,486	22,53	10,960	29,453	42,27	5,400	32,478	72,87	2,049	29,453	42,27	5,400	32,478	72,87	2,049
5EUb	25,226	-0,01	27,390	27,486	22,53	11,090	29,453	42,27	5,490	32,476	72,85	2,107	29,453	42,27	5,490	32,476	72,85	2,107
5EUc	25,226	-0,01	32,790	27,486	22,53	11,340	29,452	42,26	4,940	32,475	72,84	1,592	29,452	42,26	4,940	32,475	72,84	1,592

**APÊNDICE B – TABELA DE REGRESSÃO LINEAR PARA AJUSTE DOS
COEFICIENTES DOS TERMISTORES**

Termistor	T1	T2	T3	T4	R1	R2	R3	R4	x1	x2	x3	x4	y1	y2	y3	y4	ΣX	ΣY	ΣX*Y	X _{medio}	Y _{medio}	Σx ²	Σy ²	a	b
1fTa	0.00	22.54	42.92	73.09	32.58	11.30	4.79	1.58	0.003661	0.003362	0.003164	0.002888	3.483699	2.424803	1.566530	0.454890	0.013095	7.929022	0.027224	0.003274	1.982480	0.00004319	20.68	3920.25	-10.85
1fTb	0.00	22.54	42.91	73.05	31.53	10.91	4.63	1.52	0.003661	0.003362	0.003164	0.002888	3.450939	2.389680	1.532557	0.418710	0.013095	7.791886	0.026774	0.003274	1.847972	0.00004319	20.14	3925.68	-10.90
1fTc	0.00	22.54	42.91	73.04	32.81	11.35	5.69	1.58	0.003661	0.003362	0.003164	0.002889	3.490733	2.429218	1.573970	0.458990	0.013095	8.113757	0.027821	0.003273	2.029336	0.00004319	21.32	3968.01	-10.84
1fTa	0.01	22.56	42.95	73.12	32.90	11.40	4.83	1.59	0.003661	0.003362	0.003164	0.002887	3.493473	2.432613	1.574846	0.460584	0.013094	7.962517	0.027331	0.003273	1.990629	0.00004318	20.82	3922.66	-10.85
1fTb	0.01	22.56	42.95	73.12	32.56	11.29	4.79	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002888	3.486457	2.429214	1.566530	0.452985	0.013094	7.929890	0.027224	0.003273	1.982472	0.00004319	20.89	3924.87	-10.87
1fTc	0.01	22.56	42.95	73.12	32.55	11.27	4.78	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002888	3.482777	2.429141	1.564441	0.452349	0.013094	7.921711	0.027196	0.003273	1.980428	0.00004319	20.85	3921.33	-10.86
1fTa	0.00	22.52	42.87	73.25	32.72	11.34	4.82	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002887	3.487987	2.427454	1.572774	0.447886	0.013094	7.940563	0.027262	0.003274	1.985141	0.00004319	20.74	3921.72	-10.85
1fTb	0.00	22.52	42.87	73.23	32.52	11.27	4.79	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002887	3.481855	2.422144	1.566530	0.447886	0.013095	7.918416	0.027189	0.003274	1.979504	0.00004319	20.64	3920.82	-10.86
1fTc	0.00	22.52	42.87	73.21	32.92	11.39	4.84	1.58	0.003661	0.003362	0.003164	0.002887	3.494080	2.429736	1.576915	0.518198	0.013095	8.021929	0.027506	0.003274	2.005462	0.00004319	20.88	3925.19	-10.81
1fTa	0.00	22.52	42.86	73.32	32.57	11.27	4.79	1.56	0.003661	0.003362	0.003164	0.002886	3.483085	2.422144	1.566530	0.443403	0.013094	7.935162	0.027181	0.003273	1.978791	0.00004319	20.85	3924.26	-10.87
1fTb	0.00	22.52	42.86	73.31	32.72	11.33	4.82	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002886	3.487987	2.427454	1.572774	0.448901	0.013094	7.938015	0.027255	0.003273	1.984504	0.00004319	20.73	3922.54	-10.86
1fTc	0.00	22.52	42.86	73.29	32.72	11.34	4.83	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002887	3.487987	2.428336	1.574846	0.451712	0.013094	7.942882	0.027270	0.003274	1.985720	0.00004319	20.75	3920.64	-10.85
1fTa	0.00	22.53	42.93	73.44	32.66	11.34	4.81	1.56	0.003661	0.003362	0.003164	0.002885	3.486151	2.428336	1.570697	0.445327	0.013092	7.930511	0.027230	0.003273	1.982628	0.00004318	20.72	3920.77	-10.85
1fTb	0.01	22.53	42.93	73.42	32.72	11.34	4.82	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002885	3.487987	2.428336	1.572774	0.447886	0.013092	7.936983	0.027260	0.003273	1.984246	0.00004318	20.74	3920.62	-10.85
1fTc	0.01	22.53	42.93	73.40	32.82	11.43	4.83	1.57	0.003661	0.003362	0.003164	0.002886	3.491039	2.436241	1.574846	0.451076	0.013092	7.953202	0.027304	0.003273	1.986300	0.00004318	20.81	3923.20	-10.85
1fTa	0.00	22.55	42.90	72.92	32.72	11.33	4.82	1.59	0.003661	0.003362	0.003166	0.002890	3.497987	2.427454	1.572774	0.462475	0.013096	7.950690	0.027291	0.003274	1.987672	0.00004320	20.75	3922.21	-10.85
1fTb	0.00	22.55	42.90	72.90	32.65	11.31	4.81	1.59	0.003661	0.003362	0.003164	0.002890	3.489845	2.425687	1.570697	0.461845	0.013097	7.944075	0.027269	0.003274	1.986019	0.00004320	20.72	3921.29	-10.85
1fTc	0.00	22.55	42.90	72.88	32.66	11.31	4.81	1.59	0.003661	0.003362	0.003164	0.002890	3.486151	2.425687	1.570697	0.463105	0.013097	7.945640	0.027274	0.003274	1.986410	0.00004320	20.72	3920.94	-10.85
1fTa	0.01	22.58	42.88	72.99	32.55	11.28	4.80	1.58	0.003661	0.003361	0.003164	0.002889	3.482777	2.423031	1.568616	0.456792	0.013096	7.931216	0.027226	0.003274	1.982804	0.00004319	20.67	3921.27	-10.86
1fTb	0.01	22.58	42.88	72.97	32.58	11.27	4.79	1.58	0.003661	0.003361	0.003164	0.002889	3.483699	2.422144	1.566530	0.454255	0.013096	7.932623	0.027214	0.003274	1.981657	0.00004320	20.66	3925.84	-10.87
1fTc	0.01	22.58	42.88	72.95	32.73	11.35	4.83	1.59	0.003661	0.003362	0.003164	0.002889	3.488292	2.429218	1.574846	0.464901	0.013096	7.957347	0.027312	0.003274	1.989337	0.00004320	20.77	3918.83	-10.84
2fTa	0.00	22.55	42.77	72.23	32.70	11.32	4.84	1.63	0.003661	0.003362	0.003165	0.002895	3.487375	2.426571	1.576915	0.466123	0.013104	7.976984	0.027372	0.003276	1.994246	0.00004324	20.77	3920.10	-10.85
2fTb	0.00	22.55	42.77	72.21	32.70	11.33	4.84	1.63	0.003661	0.003362	0.003165	0.002895	3.487375	2.426571	1.576915	0.467966	0.013104	7.979710	0.027381	0.003276	1.994928	0.00004324	20.78	3918.98	-10.84
2fTc	0.00	22.55	42.77	72.19	32.75	11.35	4.86	1.64	0.003661	0.003362	0.003165	0.002896	3.489903	2.429218	1.581038	0.492254	0.013104	7.991413	0.027418	0.003276	1.997853	0.00004324	20.82	3915.62	-10.83
2fTa	0.00	22.55	42.76	72.29	33.17	11.50	4.91	1.65	0.003661	0.003362	0.003165	0.002896	3.501646	2.442347	1.591274	0.497740	0.013103	8.033007	0.003276	0.003276	2.006252	0.00004324	21.01	3921.53	-10.84
2fTb	0.00	22.55	42.76	72.28	32.70	11.32	4.84	1.62	0.003661	0.003362	0.003165	0.002895	3.487375	2.426571	1.576915	0.462426	0.013103	7.973287	0.027362	0.003276	1.993322	0.00004324	20.77	3922.71	-10.86
2fTc	0.00	22.55	42.76	72.27	0.00	0.00	4.86	1.63	0.003661	0.003362	0.003165	0.002893	3.491548	2.422144	1.572774	0.473124	0.013101	7.949590	0.027285	0.003275	1.987397	0.00004323	20.69	3919.19	-10.85
2fTa	0.00	22.55	42.75	72.50	32.51	11.27	4.82	1.61	0.003661	0.003362	0.003166	0.002893	3.486506	2.423716	1.570697	0.467352	0.013102	8.008168	0.027477	0.003275	2.002042	0.00004323	20.92	3920.05	-10.84
2fTb	0.00	22.55	42.75	72.48	33.00	11.44	4.89	1.63	0.003661	0.003362	0.003166	0.002893	3.490625	2.430881	1.578979	0.471877	0.013102	7.943567	0.027265	0.003275	1.985892	0.00004323	20.66	3920.27	-10.85
2fTc	0.00	22.55	42.75	72.46	32.48	11.25	4.81	1.60	0.003661	0.003362	0.003166	0.002894	3.480625	2.423088	1.572774	0.474991	0.013103	7.948759	0.027281	0.003276	1.987189	0.00004324	20.67	3919.27	-10.84
2fTa	0.00	22.55	42.73	72.38	32.48	11.25	4.82	1.61	0.003661	0.003362	0.003166	0.002894	3.490625	2.437116	1.587192	0.479103	0.013103	8.011847	0.027488	0.003276	2.002962	0.00004324	20.93	3920.27	-10.84
2fTb	0.00	22.55	42.73	72.37	33.00	11.44	4.89	1.63	0.003661	0.003362	0.003166	0.002894	3.490625	2.430881	1.578979	0.471877	0.013103	7.948759	0.027281	0.003276	1.987189	0.00004324	20.67	3919.27	-10.84
2fTc	0.00	22.55	42.73	72.35	32.90	11.35	4.86	1.63	0.003661	0.003362	0.003166	0.002894	3.490429	2.432618	1.581038	0.485500	0.013103	7.986193	0.027404	0.003276	1.996548	0.00004324	20.82	3919.81	-10.84
2fTa	0.00	22.54	42.72	72.10	32.67	11.33	4.85	1.63	0.003661	0.003362	0.003166	0.002896	3.486427	2.427454	1.578979	0.491031	0.013103	7.989321	0.027384	0.003276	1.995980	0.00004325	20.78	3919.39	-10.84
2fTb	0.00	22.54	42.72	72.09	32.98	11.42	4.86	1.64	0.003661	0.003362	0.003166	0.002897	3.489901	2.432618	1.585145	0.496524	0.013105	8.012937	0.027491	0.003276	2.003234	0.00004325	20.91	3924.18	-10.85
2fTc	0.00	22.54	42.72	72.07	33.14	11.49	4.92	1.66	0.003661	0.003362	0.003166	0.002897	3.500741	2.441477	1.593309	0.505009	0.013106	8.040535	0.027580	0.003276	2.010134	0.00004325	21.01	3919.85	-10.83
2fTa	0.00	22.55	42.69	72.67	32.98	11.44	4.90	1.62	0.003661	0.003362	0.003166	0.002892	3.495901	2.437116	1.589235	0.481191	0.013101	8.003443	0.027464	0.003275	2.000861	0.00004323	20.92	3919.73	-10.84
2fTb	0.00	22.55	42.69	72.64	32.41	11.23	4.81	1.59	0.003661	0.003362	0.003166	0.002892	3.478467	2.425687	1.578979	0.462475	0.013101	7.930224	0.027224	0.003275	1.982557	0.00004323	20.73	3922.47	-10.86
2fTc	0.00	22.55	42.69	72.63	32.64	11.31	4.85	1.60	0.003661	0.003362	0.003166	0.002892	3.485539	2.425687	1.578979	0.471253	0.013101	7.961457	0.027326	0.003275	1.990364	0.00004323	20.75	3920.41	-10.85
2fTa	0.00	22.55	42.70	72.59	32.48	11.25	4.82	1.60	0.003661	0.003362	0.003166	0.002892	3.490625	2.423088	1.572774	0.469378	0.013101	7.9431							

Termistor	T1	T2	T3	T4	R1	R2	R3	R4	x1	x2	x3	x4	y1	y2	y3	y4	ΣX	ΣY	$\Sigma X+Y$	X_{medio}	Y_{medio}	Σx^2	Σy^2	a	b
4ITa	-0.01	22.53	42.35	73.61	32.50	11.32	4.89	1.54	0.003861	0.003382	0.003170	0.002884	3.481240	2.426571	1.587192	0.433080	0.013096	7.928084	0.027231	0.003274	1.982021	0.00004320	20.71	3923.96	-10.87
4ITb	-0.01	22.53	42.35	73.58	32.66	11.38	4.92	1.55	0.003861	0.003382	0.003170	0.002884	3.486151	2.431957	1.593309	0.439900	0.013097	7.950217	0.027304	0.003274	1.987554	0.00004321	20.80	3923.79	-10.86
4ITc	-0.01	22.53	42.35	73.55	32.54	11.34	4.88	1.54	0.003861	0.003382	0.003170	0.002884	3.482470	2.428336	1.585145	0.432432	0.013097	7.928383	0.027234	0.003274	1.982096	0.00004321	20.72	3923.83	-10.89
4IUb	-0.01	22.54	42.34	73.49	32.71	11.34	4.92	1.57	0.003861	0.003382	0.003170	0.002885	3.487601	2.428336	1.593309	0.449801	0.013097	7.959127	0.027329	0.003274	1.989782	0.00004321	20.80	3915.16	-10.83
4IUb	-0.01	22.54	42.34	73.45	32.76	11.36	4.90	1.57	0.003861	0.003382	0.003170	0.002885	3.481230	2.426571	1.585145	0.432432	0.013097	7.928383	0.027234	0.003274	1.982096	0.00004321	20.72	3923.83	-10.89
4IUb	-0.01	22.54	42.34	73.45	32.76	11.36	4.90	1.57	0.003861	0.003382	0.003170	0.002885	3.481230	2.426571	1.585145	0.432432	0.013097	7.928383	0.027234	0.003274	1.982096	0.00004321	20.72	3923.83	-10.89
4IUb	-0.01	22.54	42.34	73.45	32.76	11.36	4.90	1.57	0.003861	0.003382	0.003170	0.002885	3.481230	2.426571	1.585145	0.432432	0.013097	7.928383	0.027234	0.003274	1.982096	0.00004321	20.72	3923.83	-10.89
4ITa	-0.01	22.56	42.37	73.40	32.84	11.40	4.94	1.57	0.003861	0.003382	0.003169	0.002886	3.491647	2.433613	1.597365	0.451076	0.013098	7.973702	0.027370	0.003274	1.993425	0.00004321	20.87	3922.24	-10.85
4ITb	-0.01	22.56	42.36	73.38	32.52	11.30	4.90	1.56	0.003861	0.003382	0.003169	0.002886	3.481855	2.424903	1.589235	0.443403	0.013098	7.939296	0.027264	0.003274	1.984824	0.00004321	20.73	3920.40	-10.85
4ITc	-0.01	22.56	42.36	73.36	32.38	11.25	4.88	1.55	0.003861	0.003382	0.003169	0.002886	3.477541	2.420368	1.585145	0.439255	0.013098	7.921309	0.027205	0.003275	1.988268	0.00004321	20.66	3922.08	-10.86
4STa	-0.01	22.55	42.38	73.33	32.67	11.33	4.91	1.57	0.003861	0.003382	0.003169	0.002886	3.486457	2.427454	1.591274	0.447886	0.013098	7.953071	0.027309	0.003275	1.988268	0.00004321	20.78	3922.29	-10.86
4STb	-0.01	22.55	42.38	73.31	32.50	11.26	4.88	1.56	0.003861	0.003382	0.003169	0.002886	3.481240	2.421257	1.585145	0.442761	0.013098	7.930403	0.027235	0.003275	1.982601	0.00004322	20.69	3922.95	-10.86
4STc	-0.01	22.55	42.38	73.29	32.41	11.24	4.88	1.56	0.003861	0.003382	0.003169	0.002887	3.479457	2.419479	1.585145	0.442118	0.013099	7.925210	0.027217	0.003275	1.981302	0.00004322	20.66	3920.60	-10.86
4VTa	-0.01	22.55	42.41	73.18	33.06	11.46	4.97	1.59	0.003861	0.003382	0.003169	0.002887	3.488324	2.438963	1.595420	0.463734	0.013099	8.004341	0.027476	0.003275	2.001065	0.00004322	20.97	3922.78	-10.85
4VTb	-0.01	22.55	42.41	73.16	32.58	11.29	4.90	1.57	0.003861	0.003382	0.003169	0.002888	3.483669	2.423917	1.589235	0.451076	0.013099	7.947927	0.027290	0.003275	1.986982	0.00004322	20.74	3920.56	-10.85
4VTC	-0.01	22.55	42.41	73.14	32.53	11.26	4.88	1.56	0.003861	0.003382	0.003169	0.002888	3.482163	2.421257	1.585145	0.446807	0.013100	7.935172	0.027250	0.003275	1.983793	0.00004322	20.70	3923.35	-10.87
4ETa	-0.01	22.56	42.40	73.12	32.85	11.38	4.93	1.59	0.003861	0.003382	0.003169	0.002888	3.491952	2.431957	1.595339	0.461215	0.013100	7.980363	0.027396	0.003275	1.995091	0.00004322	20.87	3920.75	-10.85
4ETb	-0.01	22.56	42.40	73.10	32.77	11.36	4.93	1.59	0.003861	0.003382	0.003169	0.002888	3.489513	2.430098	1.595339	0.459953	0.013100	7.974904	0.027377	0.003275	1.993726	0.00004322	20.84	3918.55	-10.84
4ETc	-0.01	22.56	42.40	73.09	33.15	11.48	4.98	1.60	0.003861	0.003382	0.003169	0.002888	3.501043	2.440606	1.605430	0.469378	0.013100	8.016457	0.027514	0.003275	2.004114	0.00004322	21.01	3922.61	-10.84
4EUa	-0.01	22.53	42.39	73.25	32.96	11.41	4.96	1.58	0.003861	0.003382	0.003169	0.002887	3.495295	2.434490	1.601406	0.459690	0.013099	7.989880	0.027429	0.003275	1.997470	0.00004322	20.92	3921.65	-10.85
4EUb	-0.01	22.53	42.39	73.23	32.73	11.34	4.93	1.58	0.003861	0.003382	0.003169	0.002887	3.488292	2.428336	1.595339	0.454255	0.013099	7.966223	0.027351	0.003275	1.991556	0.00004322	20.82	3919.32	-10.84
4EUc	-0.01	22.53	42.39	73.21	32.86	11.37	4.93	1.57	0.003861	0.003382	0.003169	0.002887	3.492256	2.430978	1.595339	0.453620	0.013099	7.972194	0.027373	0.003275	1.993048	0.00004322	20.86	3925.51	-10.87
5ITa	-0.01	22.53	42.28	72.95	33.09	11.49	5.00	1.61	0.003861	0.003382	0.003170	0.002889	3.496231	2.441477	1.609438	0.474991	0.013103	8.025137	0.027543	0.003276	2.006284	0.00004324	21.02	3919.39	-10.83
5ITb	-0.01	22.53	42.28	72.93	32.79	11.38	4.95	1.59	0.003861	0.003382	0.003170	0.002889	3.490124	2.431957	1.599388	0.466247	0.013103	7.987615	0.027420	0.003276	1.996904	0.00004324	20.87	3919.89	-10.84
5ITc	-0.01	22.53	42.28	72.91	32.71	11.40	5.00	1.62	0.003861	0.003382	0.003170	0.002890	3.512002	2.437895	1.609399	0.4715398	0.013103	8.111694	0.027649	0.003276	2.027923	0.00004324	20.07	3365.57	-9.00
5IUa	-0.01	22.53	42.26	72.81	32.69	11.32	4.93	1.59	0.003861	0.003382	0.003170	0.002891	3.487069	2.426571	1.595339	0.452475	0.013104	7.971455	0.027368	0.003276	1.992864	0.00004325	20.81	3925.38	-10.87
5IUb	-0.01	22.53	42.26	72.79	32.77	11.35	4.95	1.60	0.003861	0.003382	0.003170	0.002891	3.489513	2.430218	1.599388	0.468127	0.013104	7.986246	0.027415	0.003276	1.996561	0.00004325	20.85	3921.84	-10.85
5IUb	-0.01	22.53	42.26	72.77	32.66	11.30	4.94	1.60	0.003861	0.003382	0.003170	0.002891	3.485151	2.424903	1.597365	0.467500	0.013104	7.975820	0.027380	0.003276	1.993555	0.00004325	20.80	3918.54	-10.84
5IUb	-0.01	22.53	42.26	72.75	33.06	11.45	5.00	1.61	0.003861	0.003382	0.003171	0.002891	3.498324	2.437990	1.609438	0.478716	0.013105	8.024467	0.027540	0.003276	2.006117	0.00004325	21.00	3920.85	-10.84
5ITa	-0.01	22.52	42.25	72.75	33.05	11.46	5.00	1.62	0.003861	0.003382	0.003171	0.002891	3.498022	2.438863	1.609438	0.480573	0.013105	8.026885	0.027547	0.003276	2.006724	0.00004325	21.01	3913.33	-10.83
5ITb	-0.01	22.52	42.25	72.71	32.65	11.32	4.94	1.60	0.003861	0.003382	0.003171	0.002891	3.488945	2.426571	1.597365	0.468127	0.013105	7.977908	0.027357	0.003276	1.994477	0.00004325	20.81	3920.38	-10.85
5ETa	-0.01	22.52	42.24	72.70	33.07	11.47	5.00	1.62	0.003861	0.003382	0.003171	0.002891	3.498627	2.439735	1.609438	0.481191	0.013105	8.028990	0.027555	0.003276	2.007249	0.00004326	21.01	3920.93	-10.84
5ETb	-0.01	22.53	42.24	72.67	32.55	11.28	4.93	1.60	0.003861	0.003382	0.003171	0.002892	3.482777	2.423031	1.595339	0.468127	0.013105	7.969274	0.027357	0.003276	1.992319	0.00004326	20.77	3918.04	-10.84
5ETc	-0.01	22.53	42.24	72.66	32.45	11.25	4.90	1.59	0.003861	0.003382	0.003171	0.002892	3.487970	2.420368	1.599235	0.462475	0.013106	7.961779	0.027302	0.003276	1.987945	0.00004326	20.71	3922.89	-10.86
5EUa	-0.01	22.53	42.27	72.87	27.32	10.96	5.40	2.05	0.003861	0.003382	0.003170	0.002890	3.507619	2.394252	1.696399	0.717352	0.013103	8.105622	0.027627	0.003276	2.026406	0.00004324	20.03	3358.21	-8.97
5EUb	-0.01	22.53	42.27	72.85	27.39	11.09	5.49	2.11	0.003861	0.003382	0.003170	0.002890	3.510178	2.406044	1.702928	0.745265	0.013104	8.164415	0.027809	0.003276	2.041104	0.00004325	20.20	3325.73	-8.86
5EUC	-0.01	22.53	42.26	72.84	32.79	11.34	4.94	1.59	0.003861	0.003382	0.003170	0.002890	3.490124	2.428336	1.597365	0.464991	0.013104	7.980816	0.027398	0.003276	1.995204	0.00004325	20.85	3924.75	-10.86

APÊNDICE C – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 1

hora	Data	TBS interno Tmed (°C)	TBS interno u_Tmed	TBU interno Tmed (°C)	TBU interno u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C)	Temp. laje u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C)	Temp. substrato u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C)	Temp. vegetação u_Tmed	TBS externo Tmed (°C)	TBS externo u_Tmed	TBU externo Tmed (°C)	TBU externo u_Tmed	Umidade Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h (kJ/kg)	Prop. ar interno UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg)	Prop. ar externo UR (%)
28/11/2018	0:11	19,42	0,51	18,79	0,51	20,05	0,51	20,18	0,51	18,86	0,51	18,88	0,51	17,97	0,51	80	56,96	54,16	54,16	92,06
28/11/2018	0:23	19,39	0,51	18,75	0,51	20,00	0,51	20,10	0,51	18,61	0,51	18,74	0,51	17,86	0,51	80	56,79	53,79	53,79	92,23
28/11/2018	0:33	19,32	0,51	18,68	0,51	19,91	0,51	20,04	0,51	18,27	0,51	18,66	0,51	17,69	0,51	80	56,56	53,20	53,20	91,21
28/11/2018	0:44	19,19	0,51	18,57	0,51	19,85	0,51	19,97	0,51	18,37	0,51	18,67	0,51	17,68	0,51	79	56,18	53,19	53,19	91,24
28/11/2018	0:55	19,14	0,51	18,48	0,51	19,80	0,51	19,90	0,51	18,31	0,51	18,63	0,51	17,65	0,51	79	55,89	53,06	53,06	91,72
28/11/2018	1:06	19,10	0,51	18,48	0,51	19,69	0,51	19,81	0,51	18,51	0,51	18,51	0,51	17,60	0,51	80	55,88	52,91	52,91	91,91
28/11/2018	1:16	19,07	0,51	18,40	0,51	19,69	0,51	19,78	0,51	18,42	0,51	18,44	0,51	17,58	0,51	80	55,61	52,85	52,85	92,36
28/11/2018	1:27	19,00	0,51	18,39	0,51	19,61	0,51	19,70	0,51	18,60	0,51	18,47	0,51	17,66	0,51	79	55,58	53,11	53,11	92,60
28/11/2018	1:38	18,99	0,51	18,38	0,51	19,56	0,51	19,64	0,51	18,44	0,51	18,38	0,51	17,64	0,51	79	55,53	53,03	53,03	93,32
28/11/2018	1:49	18,96	0,51	18,34	0,51	19,59	0,51	19,59	0,51	18,39	0,51	18,20	0,51	17,55	0,51	79	55,39	52,74	52,74	94,09
28/11/2018	2:00	18,90	0,51	18,31	0,51	19,45	0,51	19,55	0,51	18,55	0,51	18,29	0,51	17,57	0,51	79	55,30	52,83	52,83	93,63
28/11/2018	2:11	18,88	0,51	18,30	0,51	19,38	0,51	19,47	0,51	18,30	0,51	18,20	0,51	17,48	0,51	79	55,25	52,51	52,51	93,52
28/11/2018	2:22	18,82	0,51	18,24	0,51	19,32	0,51	19,42	0,51	18,53	0,51	18,26	0,51	17,53	0,51	79	55,05	52,69	52,69	93,48
28/11/2018	2:33	18,81	0,51	18,22	0,51	19,32	0,51	19,39	0,51	18,51	0,51	18,18	0,51	17,46	0,51	79	55,00	52,47	52,47	93,57
28/11/2018	2:44	18,76	0,51	18,22	0,51	19,27	0,51	19,34	0,51	18,43	0,51	18,12	0,51	17,41	0,51	79	54,99	52,30	52,30	93,61
28/11/2018	2:55	18,73	0,51	18,19	0,51	19,22	0,51	19,30	0,51	18,55	0,51	18,23	0,51	17,50	0,51	79	54,90	52,18	52,18	93,45
28/11/2018	3:06	18,73	0,51	18,18	0,51	19,17	0,51	19,25	0,51	18,32	0,51	18,29	0,51	17,48	0,51	79	54,66	52,10	52,10	92,74
28/11/2018	3:17	18,72	0,51	18,14	0,51	19,17	0,51	19,22	0,51	18,28	0,51	18,38	0,51	17,49	0,51	79	54,74	52,55	52,55	92,01
28/11/2018	3:27	18,69	0,51	18,13	0,51	19,16	0,51	19,18	0,51	18,14	0,51	18,48	0,51	17,49	0,51	79	54,69	52,53	52,53	91,17
28/11/2018	3:38	18,65	0,51	18,11	0,51	19,10	0,51	19,12	0,51	18,12	0,51	18,42	0,51	17,50	0,51	79	54,62	52,56	52,56	91,79
28/11/2018	3:49	18,64	0,51	18,06	0,51	19,07	0,51	19,08	0,51	18,19	0,51	18,57	0,51	17,62	0,51	79	54,46	52,98	52,98	91,57
28/11/2018	4:00	18,64	0,51	18,05	0,51	19,00	0,51	19,03	0,51	18,17	0,51	18,55	0,51	17,63	0,51	79	54,43	53,00	53,00	91,82
28/11/2018	4:11	18,64	0,51	18,05	0,51	18,97	0,51	18,99	0,51	18,09	0,51	18,52	0,51	17,60	0,51	79	54,41	52,91	52,91	91,84
28/11/2018	4:22	18,61	0,51	18,05	0,51	18,97	0,51	18,96	0,51	18,02	0,51	18,52	0,51	17,59	0,51	79	54,41	52,88	52,88	91,71
28/11/2018	4:33	18,58	0,51	18,03	0,51	18,92	0,51	18,91	0,51	18,04	0,51	18,53	0,51	17,61	0,51	79	54,34	52,96	52,96	91,84
28/11/2018	4:44	18,58	0,51	18,02	0,51	18,91	0,51	18,86	0,51	18,15	0,51	18,56	0,51	17,66	0,51	79	54,33	53,11	53,11	92,02
28/11/2018	4:55	18,58	0,51	18,03	0,51	18,88	0,51	18,86	0,51	18,19	0,51	18,66	0,51	17,74	0,51	79	54,34	53,36	53,36	91,62
28/11/2018	5:06	18,59	0,51	18,02	0,51	18,85	0,51	18,90	0,51	18,20	0,51	18,74	0,51	17,81	0,51	79	54,33	53,60	53,60	91,78
28/11/2018	5:17	18,55	0,51	18,03	0,51	18,83	0,51	18,78	0,51	18,05	0,51	18,60	0,51	17,79	0,51	79	54,34	53,53	53,53	92,74
28/11/2018	5:27	18,51	0,51	17,99	0,51	18,75	0,51	18,73	0,51	18,04	0,51	18,61	0,51	17,80	0,51	79	54,21	53,57	53,57	92,79
28/11/2018	5:38	18,46	0,51	17,96	0,51	18,75	0,51	18,71	0,51	18,13	0,51	18,60	0,51	17,88	0,51	79	54,20	53,85	53,85	91,92
28/11/2018	5:49	18,47	0,51	17,99	0,51	18,70	0,51	18,69	0,51	18,05	0,51	18,64	0,51	17,85	0,51	79	54,23	53,83	53,83	91,52
28/11/2018	6:00	18,46	0,51	17,97	0,51	18,70	0,51	18,65	0,51	17,97	0,51	18,60	0,51	17,85	0,51	79	54,14	53,75	53,75	91,62
28/11/2018	6:11	18,46	0,51	17,97	0,51	18,63	0,51	18,63	0,51	17,86	0,51	19,02	0,51	17,93	0,51	79	54,15	53,99	53,99	90,41
28/11/2018	6:22	18,42	0,51	17,96	0,51	18,69	0,51	18,62	0,51	17,88	0,51	18,93	0,51	17,91	0,51	79	54,12	53,92	53,92	91,01
28/11/2018	6:33	18,46	0,51	17,97	0,51	18,65	0,51	18,57	0,51	18,03	0,51	19,01	0,51	17,97	0,51	79	54,14	53,86	53,86	90,91
28/11/2018	6:44	18,55	0,51	18,00	0,51	18,65	0,51	18,55	0,51	18,35	0,51	19,24	0,51	18,14	0,51	79	54,24	54,07	54,07	90,41
28/11/2018	6:55	18,70	0,51	18,09	0,51	18,67	0,51	18,53	0,51	18,74	0,51	20,58	0,51	18,43	0,51	79	54,56	55,70	55,70	89,40
28/11/2018	7:06	19,00	0,51	18,28	0,51	18,77	0,51	18,52	0,51	19,59	0,51	20,58	0,51	18,94	0,51	79	55,20	57,42	57,42	86,27
28/11/2018	7:17	19,42	0,51	18,54	0,51	18,88	0,51	18,56	0,51	19,97	0,51	20,81	0,51	19,10	0,51	79	56,08	58,01	58,01	85,85
28/11/2018	7:28	19,53	0,51	18,81	0,51	19,06	0,51	18,64	0,51	20,57	0,51	21,23	0,51	19,28	0,51	79	57,02	58,64	58,64	84,09
28/11/2018	7:38	20,20	0,51	19,06	0,51	19,27	0,51	18,70	0,51	20,02	0,51	20,31	0,51	18,75	0,51	79	57,89	60,30	60,30	86,83
28/11/2018	7:49	20,33	0,51	19,14	0,51	19,38	0,51	18,90	0,51	19,98	0,51	20,43	0,51	18,83	0,51	79	58,14	60,50	60,50	86,56
28/11/2018	8:00	20,36	0,51	19,21	0,51	19,49	0,51	18,91	0,51	20,18	0,51	20,64	0,51	19,98	0,51	79	58,41	60,30	60,30	86,15
28/11/2018	8:11	20,86	0,51	19,44	0,51	19,67	0,51	19,03	0,51	21,02	0,51	21,23	0,51	19,24	0,51	79	59,22	60,21	60,21	83,75
28/11/2018	8:22	22,24	0,51	20,15	0,51	20,14	0,51	22,59	0,51	22,59	0,51	21,49	0,51	19,39	0,51	80	61,76	60,99	60,99	83,02
28/11/2018	8:33	21,95	0,51	20,14	0,51	20,36	0,51	19,32	0,51	23,45	0,51	22,57	0,51	19,95	0,51	80	61,73	60,99	60,99	79,43
28/11/2018	8:44	23,75	0,51	20,93	0,51	20,98	0,51	19,53	0,51	26,00	0,51	23,23	0,51	20,40	0,51	80	64,64	62,65	62,65	78,25
28/11/2018	8:55	25,03	0,51	21,76	0,51	21,75	0,51	19,88	0,51	28,32	0,51	24,05	0,51	21,13	0,51	80	67,84	75,02	75,02	65,41
28/11/2018	9:06	25,66	0,51	22,25	0,51	22,41	0,51	20,38	0,51	28,52	0,51	23,69	0,51	20,59	0,51	81	69,79	75,35	75,35	63,34
28/11/2018	9:17	25,96	0,51	22,46	0,51	22,86	0,51	20,70	0,51	30,40	0,51	24,52	0,51	20,93	0,51	81	70,60	74,84	74,84	73,51
28/11/2018	9:28	26,53	0,51	22,71	0,51	23,35	0,51	21,17	0,51	31,43	0,51	24,76	0,51	20,94	0,51	82	71,62	73,06	73,06	71,93
28/11/2018	9:39	26,78	0,51	22,84	0,51	23,78	0,51	21,63	0,51	32,78	0,51	25,21	0,51	21,17	0,51	82	72,12	72,35	72,35	70,87
28/11/2018	9:50	27,13	0,51	23,02	0,51	24,15	0,51	22,06	0,51	34,95	0,51	26,14	0,51	21,66	0,51	83	72,88	71,51	71,51	67,37
28/11/2018	10:01	27,54	0,51	23,21	0,51	24,65	0,51	22,51	0,51	37,86	0,51	27,72	0,51	22,54	0,51	83	73,65	70,32	70,32	65,22
28/11/2018	10:12	28,25	0,51	23,64	0,51	25,14	0,51	23,01	0,51	38,24	0,51	27,98	0,51	22,22	0,51	84	75,46	68,98	68,98	61,91
28/11/2018	10:23	28,62	0,51	23,87	0,51	25,63	0,51	23,51	0,51	38,24	0,51	27,95	0,51	22,00	0,51	84	76,44	68,33	68,33	60,79
28/11/2018	10:34	28,97	0,51	24,01	0,51	26,05	0,51	23,94	0,51	39,11	0,51	2								

Data	Hora	TBS interno	TEU interno	Temp. laje	Temp. substrato	Temp. vegetação	TBS externo	TEU externo	Umidade (%)	Prop. ar interno	Prop. ar externo
		Tmed (°C)	u _{int} Tmed (°C)	u _{int} Tmed (°C)	Tmed (°C)	u _{int} Tmed (°C)	Tmed (°C)	u _{int} Tmed (°C)	Tmed (%)	h (kg/kg)	h (kg/kg)
29/11/2018	10:56	29,68	0,52	26,96	0,52	24,77	29,56	0,54	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	11:07	30,12	0,52	24,66	0,54	27,36	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	11:18	30,16	0,52	24,69	0,54	27,62	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	11:29	30,78	0,53	26,09	0,53	26,87	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	11:40	31,07	0,53	25,48	0,53	26,24	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	11:51	31,51	0,53	26,89	0,53	26,58	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	12:02	31,89	0,53	26,82	0,55	26,98	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	12:13	31,30	0,53	25,48	0,53	27,33	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	12:24	31,77	0,53	26,59	0,54	26,71	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	12:35	31,66	0,53	26,28	0,55	27,91	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	12:46	31,66	0,53	25,91	0,53	27,70	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	12:57	31,64	0,53	25,17	0,54	27,96	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	13:08	31,91	0,53	26,29	0,54	28,18	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	13:19	31,78	0,53	26,18	0,54	28,21	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	13:30	32,17	0,53	25,33	0,55	28,36	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	13:41	31,63	0,53	25,35	0,54	28,44	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	13:52	31,58	0,53	25,05	0,54	28,48	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	14:03	31,33	0,53	24,93	0,54	28,52	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	14:19	30,78	0,52	24,78	0,55	28,59	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	14:30	29,86	0,52	24,72	0,57	28,84	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	14:41	29,96	0,52	24,69	0,55	29,65	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	14:52	28,95	0,52	24,52	0,56	28,58	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	15:03	28,17	0,52	24,26	0,57	28,54	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	15:14	27,50	0,52	24,05	0,56	28,83	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	15:25	26,74	0,52	23,84	0,52	28,45	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	15:36	26,10	0,52	23,61	0,52	28,09	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	15:47	25,38	0,51	23,29	0,52	27,31	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	15:58	23,90	0,51	22,25	0,52	25,58	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	16:09	23,25	0,51	21,83	0,52	25,04	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	16:20	23,09	0,51	21,82	0,51	24,78	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	16:31	22,84	0,51	21,82	0,51	24,54	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	16:42	22,87	0,51	21,84	0,51	24,34	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	16:53	22,67	0,51	21,27	0,52	23,79	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	17:04	22,95	0,51	21,83	0,51	23,95	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	17:15	23,11	0,51	21,86	0,51	23,67	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	17:26	23,20	0,51	21,91	0,51	23,78	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	17:37	23,01	0,51	21,92	0,51	23,72	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	17:48	22,83	0,51	21,80	0,51	23,59	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	17:59	22,92	0,51	21,78	0,51	23,57	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	18:15	22,82	0,51	21,72	0,51	23,46	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	18:26	22,75	0,51	21,67	0,51	23,39	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	18:37	22,79	0,51	21,66	0,51	23,33	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	18:48	22,77	0,51	21,65	0,51	23,27	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	18:58	22,74	0,51	21,54	0,51	23,16	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	19:09	22,74	0,51	21,54	0,51	23,08	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	19:20	22,57	0,51	21,46	0,51	23,06	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	19:31	22,36	0,51	21,34	0,51	22,97	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	19:42	22,15	0,51	21,28	0,51	22,86	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	19:53	21,96	0,51	21,15	0,51	22,81	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	20:04	21,78	0,51	21,01	0,51	22,66	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	20:15	21,66	0,51	20,93	0,51	22,51	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	20:26	21,58	0,51	20,84	0,51	22,46	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	20:37	21,51	0,51	20,75	0,51	22,37	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	20:48	21,42	0,51	20,62	0,51	22,29	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	20:59	21,37	0,51	20,48	0,51	22,19	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	21:10	21,33	0,51	20,45	0,51	22,05	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	21:21	21,25	0,51	20,38	0,51	21,99	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	21:32	21,15	0,51	20,26	0,51	21,86	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90
29/11/2018	21:42	21,07	0,51	20,18	0,51	21,80	30,45	0,52	23,07	0,57	58,90

Data	Hora	TBS interno	TBS externo	Temp. laje	Temp. substrato	Temp. vegetação	TBS externo	TBU externo	Umid.Solo	Prop. ar interno	Prop. ar externo
		Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Hmed (%)	h(kJ/kg) UR (%)	h(kJ/kg) UR (%)
29/11/2018	21:53	20,91	20,10	21,67	21,72	19,51	21,14	19,52	90	61,60	55,96
29/11/2018	22:04	20,82	20,00	21,54	21,60	19,55	20,97	19,41	89	61,27	55,99
29/11/2018	22:15	20,73	20,00	21,49	21,53	19,40	20,79	19,25	89	60,95	55,99
29/11/2018	22:26	20,64	20,00	21,38	21,40	19,53	20,53	19,33	89	60,70	55,99
29/11/2018	22:37	20,53	20,00	21,27	21,31	19,48	20,48	19,31	89	60,41	55,99
29/11/2018	22:48	20,47	20,00	21,14	21,20	19,34	20,52	19,31	89	60,18	55,99
29/11/2018	22:59	20,38	20,00	21,07	21,13	19,34	20,43	19,32	89	59,99	55,99
29/11/2018	23:10	20,29	20,00	20,98	21,02	19,34	20,30	19,17	88	59,80	55,99
29/11/2018	23:21	20,21	20,00	20,88	20,93	19,23	20,14	19,09	88	59,54	55,99
29/11/2018	23:32	20,11	20,00	20,79	20,84	19,12	20,07	19,01	88	59,24	55,99
29/11/2018	23:43	20,03	20,00	20,69	20,75	18,92	20,19	18,91	88	58,91	55,99
29/11/2018	23:54	19,94	20,00	20,65	20,67	18,96	20,19	18,91	88	58,62	55,99
30/11/2018	00:05	19,82	20,00	20,55	20,56	18,93	20,22	18,86	88	58,31	55,99
30/11/2018	00:16	19,73	20,00	20,45	20,49	19,01	20,15	18,76	88	58,01	55,99
30/11/2018	00:26	19,62	20,00	20,37	20,41	18,99	20,19	18,64	88	57,70	55,99
30/11/2018	00:37	19,51	20,00	20,32	20,36	18,88	20,19	18,53	88	57,40	55,99
30/11/2018	00:48	19,42	20,00	20,27	20,31	18,88	20,14	18,42	88	57,10	55,99
30/11/2018	00:59	19,33	20,00	20,21	20,25	18,88	20,14	18,31	88	56,80	55,99
30/11/2018	01:10	19,24	20,00	20,15	20,19	18,88	20,14	18,20	88	56,50	55,99
30/11/2018	01:21	19,15	20,00	20,08	20,12	18,88	20,14	18,09	88	56,20	55,99
30/11/2018	01:32	19,06	20,00	20,02	20,06	18,88	20,14	17,98	88	55,90	55,99
30/11/2018	01:43	18,97	20,00	19,96	20,00	18,88	20,14	17,87	88	55,60	55,99
30/11/2018	01:54	18,88	20,00	19,90	19,94	18,88	20,14	17,76	88	55,30	55,99
30/11/2018	02:05	18,79	20,00	19,84	19,88	18,88	20,14	17,65	88	55,00	55,99
30/11/2018	02:16	18,70	20,00	19,78	19,82	18,88	20,14	17,54	88	54,70	55,99
30/11/2018	02:27	18,61	20,00	19,72	19,76	18,88	20,14	17,43	88	54,40	55,99
30/11/2018	02:38	18,52	20,00	19,66	19,70	18,88	20,14	17,32	88	54,10	55,99
30/11/2018	02:49	18,43	20,00	19,60	19,64	18,88	20,14	17,21	88	53,80	55,99
30/11/2018	03:00	18,34	20,00	19,54	19,58	18,88	20,14	17,10	88	53,50	55,99
30/11/2018	03:11	18,25	20,00	19,48	19,52	18,88	20,14	16,99	88	53,20	55,99
30/11/2018	03:22	18,16	20,00	19,42	19,46	18,88	20,14	16,88	88	52,90	55,99
30/11/2018	03:33	18,07	20,00	19,36	19,40	18,88	20,14	16,77	88	52,60	55,99
30/11/2018	03:44	17,98	20,00	19,30	19,34	18,88	20,14	16,66	88	52,30	55,99
30/11/2018	03:55	17,89	20,00	19,24	19,28	18,88	20,14	16,55	88	52,00	55,99
30/11/2018	04:06	17,80	20,00	19,18	19,22	18,88	20,14	16,44	88	51,70	55,99
30/11/2018	04:17	17,71	20,00	19,12	19,16	18,88	20,14	16,33	88	51,40	55,99
30/11/2018	04:28	17,62	20,00	19,06	19,10	18,88	20,14	16,22	88	51,10	55,99
30/11/2018	04:39	17,53	20,00	19,00	19,04	18,88	20,14	16,11	88	50,80	55,99
30/11/2018	04:50	17,44	20,00	18,94	18,98	18,88	20,14	16,00	88	50,50	55,99
30/11/2018	05:01	17,35	20,00	18,88	18,92	18,88	20,14	15,89	88	50,20	55,99
30/11/2018	05:12	17,26	20,00	18,82	18,86	18,88	20,14	15,78	88	49,90	55,99
30/11/2018	05:23	17,17	20,00	18,76	18,80	18,88	20,14	15,67	88	49,60	55,99
30/11/2018	05:34	17,08	20,00	18,70	18,74	18,88	20,14	15,56	88	49,30	55,99
30/11/2018	05:45	17,00	20,00	18,64	18,68	18,88	20,14	15,45	88	49,00	55,99
30/11/2018	05:56	16,91	20,00	18,58	18,62	18,88	20,14	15,34	88	48,70	55,99
30/11/2018	06:07	16,82	20,00	18,52	18,56	18,88	20,14	15,23	88	48,40	55,99
30/11/2018	06:18	16,73	20,00	18,46	18,50	18,88	20,14	15,12	88	48,10	55,99
30/11/2018	06:29	16,64	20,00	18,40	18,44	18,88	20,14	15,01	88	47,80	55,99
30/11/2018	06:40	16,55	20,00	18,34	18,38	18,88	20,14	14,90	88	47,50	55,99
30/11/2018	06:51	16,46	20,00	18,28	18,32	18,88	20,14	14,79	88	47,20	55,99
30/11/2018	07:02	16,37	20,00	18,22	18,26	18,88	20,14	14,68	88	46,90	55,99
30/11/2018	07:13	16,28	20,00	18,16	18,20	18,88	20,14	14,57	88	46,60	55,99
30/11/2018	07:24	16,19	20,00	18,10	18,14	18,88	20,14	14,46	88	46,30	55,99
30/11/2018	07:35	16,10	20,00	18,04	18,08	18,88	20,14	14,35	88	46,00	55,99
30/11/2018	07:46	16,01	20,00	17,98	18,02	18,88	20,14	14,24	88	45,70	55,99
30/11/2018	07:57	15,92	20,00	17,92	17,96	18,88	20,14	14,13	88	45,40	55,99
30/11/2018	08:08	15,83	20,00	17,86	17,90	18,88	20,14	14,02	88	45,10	55,99
30/11/2018	08:19	15,74	20,00	17,80	17,84	18,88	20,14	13,91	88	44,80	55,99
30/11/2018	08:30	15,65	20,00	17,74	17,78	18,88	20,14	13,80	88	44,50	55,99
30/11/2018	08:41	15,56	20,00	17,68	17,72	18,88	20,14	13,69	88	44,20	55,99
30/11/2018	08:52	15,47	20,00	17,62	17,66	18,88	20,14	13,58	88	43,90	55,99
30/11/2018	09:03	15,38	20,00	17,56	17,60	18,88	20,14	13,47	88	43,60	55,99
30/11/2018	09:14	15,29	20,00	17,50	17,54	18,88	20,14	13,36	88	43,30	55,99
30/11/2018	09:25	15,20	20,00	17,44	17,48	18,88	20,14	13,25	88	43,00	55,99
30/11/2018	09:36	15,11	20,00	17,38	17,42	18,88	20,14	13,14	88	42,70	55,99
30/11/2018	09:47	15,02	20,00	17,32	17,36	18,88	20,14	13,03	88	42,40	55,99
30/11/2018	09:58	14,93	20,00	17,26	17,30	18,88	20,14	12,92	88	42,10	55,99
30/11/2018	10:09	14,84	20,00	17,20	17,24	18,88	20,14	12,81	88	41,80	55,99
30/11/2018	10:20	14,75	20,00	17,14	17,18	18,88	20,14	12,70	88	41,50	55,99
30/11/2018	10:31	14,66	20,00	17,08	17,12	18,88	20,14	12,59	88	41,20	55,99
30/11/2018	10:42	14,57	20,00	17,02	17,06	18,88	20,14	12,48	88	40,90	55,99
30/11/2018	10:53	14,48	20,00	16,96	17,00	18,88	20,14	12,37	88	40,60	55,99
30/11/2018	11:04	14,39	20,00	16,90	16,94	18,88	20,14	12,26	88	40,30	55,99
30/11/2018	11:15	14,30	20,00	16,84	16,88	18,88	20,14	12,15	88	40,00	55,99
30/11/2018	11:26	14,21	20,00	16,78	16,82	18,88	20,14	12,04	88	39,70	55,99
30/11/2018	11:37	14,12	20,00	16,72	16,76	18,88	20,14	11,93	88	39,40	55,99
30/11/2018	11:48	14,03	20,00	16,66	16,70	18,88	20,14	11,82	88	39,10	55,99
30/11/2018	11:59	13,94	20,00	16,60	16,64	18,88	20,14	11,71	88	38,80	55,99
30/11/2018	12:10	13,85	20,00	16,54	16,58	18,88	20,14	11,60	88	38,50	55,99
30/11/2018	12:21	13,76	20,00	16,48	16,52	18,88	20,14	11,49	88	38,20	55,99
30/11/2018	12:32	13,67	20,00	16,42	16,46	18,88	20,14	11,38	88	37,90	55,99
30/11/2018	12:43	13,58	20,00	16,36	16,40	18,88	20,14	11,27	88	37,60	55,99
30/11/2018	12:54	13,49	20,00	16,30	16,34	18,88	20,14	11,16	88	37,30	55,99
30/11/2018	13:05	13,40	20,00	16,24	16,28	18,88	20,14	11,05	88	37,00	55,99
30/11/2018	13:16	13,31	20,00	16,18	16,22	18,88	20,14	10,94	88	36,70	55,99
30/11/2018	13:27	13,22	20,00	16,12	16,16	18,88	20,14	10,83	88	36,40	55,99
30/11/2018	13:38	13,13	20,00	16,06	16,10	18,88	20,14	10,72	88	36,10	55,99
30/11/2018	13:49	13,04	20,00	16,00	16,04	18,88	20,14	10,61	88	35,80	55,99
30/11/2018	14:00	12,95	20,00	15,94	15,98	18,88	20,14	10,50	88	35,50	55,99
30/11/2018	14:11	12,86	20,00	15,88	15,92	18,88	20,14	10,39	88	35,20	55,99
30/11/2018	14:22	12,77	20,00	15,82	15,86	18,88	20,14	10,28	88	34,90	55,99
30/11/2018	14:33	12,68	20,00	15,76	15,80	18,88	20,14	10,17	88	34,60	55,99
30/11/2018	14:44	12,59	20,00	15,70	15,74	18,88	20,14	10,06	88	34,30	55,99
30/11/2018	14:55	12,50	20,00	15,64	15,68	18,88	20,14	9,95	88	34,00	55,99
30/11/2018	15:06	12,41	20,00	15,58	15,62	18,88	20,14	9,84	88	33,70	55,99
30/11/2018	15:1										

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C)	TBS interno u_Tmed	TBU interno Tmed (°C)	TBU interno u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C)	Temp. laje u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C)	Temp. substrato u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C)	Temp. vegetação u_Tmed	TBS externo Tmed (°C)	TBS externo u_Tmed	TBU externo Tmed (°C)	TBU externo u_Tmed	Umidade Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h (kJ/kg)	Prop. ar interno UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg)	Prop. ar externo UR (%)
30/11/2018	8:38	21,08	0,51	20,14	0,51	19,94	0,51	19,35	0,51	21,92	0,57	22,62	0,51	20,29	0,51	88	61,76	92,10	62,25	81,65
30/11/2018	8:49	21,67	0,51	20,49	0,51	20,12	0,51	19,46	0,51	22,47	0,58	23,23	0,52	20,74	0,51	88	63,06	90,30	63,93	80,73
30/11/2018	9:00	22,66	0,51	21,08	0,51	20,57	0,51	19,64	0,51	24,98	0,63	24,40	0,52	21,65	0,52	88	65,27	87,41	67,41	79,32
30/11/2018	9:10	24,45	0,51	22,08	0,51	21,25	0,51	19,89	0,51	25,27	0,69	24,55	0,52	21,44	0,52	88	68,12	92,05	66,57	76,82
30/11/2018	9:21	25,15	0,51	22,58	0,51	21,95	0,51	20,27	0,51	26,89	0,60	25,41	0,52	21,95	0,53	89	71,12	80,87	66,58	74,91
30/11/2018	9:32	25,96	0,52	23,95	0,52	22,54	0,52	20,71	0,51	27,64	0,69	25,75	0,52	22,33	0,53	89	72,65	78,20	70,07	75,27
30/11/2018	9:43	26,72	0,52	23,51	0,52	23,15	0,52	21,20	0,52	29,16	0,67	27,44	0,53	23,32	0,53	90	74,96	77,17	74,13	71,50
30/11/2018	9:54	27,47	0,52	24,07	0,52	23,76	0,52	21,73	0,51	30,27	0,72	27,69	0,54	23,49	0,54	90	77,38	76,27	74,83	71,22
30/11/2018	10:05	27,81	0,52	24,45	0,52	24,34	0,52	22,25	0,52	30,90	0,67	27,71	0,54	23,16	0,55	91	79,02	76,62	73,43	69,02
30/11/2018	10:16	28,28	0,52	24,73	0,53	24,81	0,53	22,77	0,53	31,90	0,56	27,64	0,53	23,12	0,55	92	80,27	75,66	73,30	69,22
30/11/2018	10:27	28,60	0,52	25,01	0,53	25,28	0,53	23,30	0,52	30,84	0,55	27,50	0,52	22,39	0,55	92	81,54	75,56	70,28	65,50
30/11/2018	10:38	28,72	0,52	25,05	0,53	25,71	0,53	23,79	0,51	31,42	0,61	29,35	0,54	23,51	0,54	93	81,72	75,11	74,66	62,37
30/11/2018	10:49	28,99	0,52	24,94	0,53	26,10	0,52	24,24	0,51	29,72	0,94	28,16	0,53	22,16	0,56	93	81,21	72,84	69,30	60,64
30/11/2018	11:00	29,27	0,52	25,11	0,53	26,51	0,52	24,67	0,51	30,40	1,31	29,49	0,53	23,27	0,55	94	81,96	72,29	73,83	60,32
30/11/2018	11:11	29,61	0,52	25,21	0,53	26,90	0,52	25,07	0,52	30,34	1,19	30,40	0,54	23,62	0,56	94	82,42	71,02	76,17	59,02
30/11/2018	11:22	29,74	0,52	25,36	0,53	27,26	0,52	25,46	0,52	28,99	0,84	30,32	0,53	23,54	0,55	94	83,11	71,22	74,95	57,85
30/11/2018	11:33	29,97	0,52	25,49	0,53	27,62	0,52	25,81	0,53	28,49	0,65	30,26	0,56	23,42	0,57	94	83,69	70,71	74,46	57,53
30/11/2018	11:52	30,30	0,52	25,51	0,53	28,23	0,53	26,40	0,54	26,92	0,55	29,91	0,54	22,38	0,57	94	83,76	69,05	70,15	53,52
30/11/2018	12:03	30,30	0,52	25,48	0,53	28,49	0,53	26,69	0,55	26,25	0,72	30,34	0,53	22,26	0,55	95	83,61	68,89	69,63	51,02
30/11/2018	12:14	30,53	0,52	25,44	0,54	28,74	0,52	26,96	0,57	26,21	0,88	29,93	0,53	21,65	0,58	95	83,41	67,44	67,21	49,63
30/11/2018	12:25	30,87	0,53	25,38	0,54	28,97	0,53	27,07	0,58	26,89	0,99	30,77	0,53	22,05	0,61	95	83,15	65,39	68,74	48,99
30/11/2018	12:36	30,54	0,52	25,20	0,54	29,16	0,53	27,25	0,60	26,67	0,77	30,12	0,53	21,66	0,58	96	82,33	66,03	67,22	48,62
30/11/2018	12:47	30,31	0,52	25,03	0,54	29,17	0,53	27,31	0,62	27,28	0,71	29,89	0,53	21,41	0,59	96	81,54	66,22	66,27	46,53
30/11/2018	12:58	30,15	0,52	24,93	0,54	29,14	0,53	27,37	0,62	27,66	0,73	30,04	0,52	21,42	0,58	96	81,12	66,48	66,32	47,98
30/11/2018	13:09	30,31	0,52	24,89	0,54	29,17	0,53	27,40	0,63	30,72	1,46	31,91	0,52	22,83	0,60	96	80,89	65,40	72,16	47,69
30/11/2018	13:20	30,20	0,52	24,81	0,54	29,20	0,52	27,46	0,64	28,44	0,72	29,18	0,52	20,92	0,59	95	80,53	65,52	64,40	49,03
30/11/2018	13:31	29,76	0,52	24,65	0,54	29,01	0,52	27,41	0,65	27,21	0,66	29,55	0,52	21,17	0,59	95	79,87	66,91	65,35	48,73
30/11/2018	13:42	29,43	0,52	24,70	0,53	29,02	0,53	27,35	0,64	32,89	1,14	31,11	0,54	21,98	0,64	95	80,07	64,70	68,48	46,46
30/11/2018	13:53	30,61	0,52	24,81	0,54	29,06	0,52	27,44	0,61	32,13	0,86	31,66	0,57	22,05	0,67	95	80,52	63,43	68,73	44,66
30/11/2018	14:04	30,70	0,52	24,78	0,53	29,13	0,52	27,47	0,63	27,63	0,82	29,95	0,52	20,56	0,61	95	80,41	62,86	63,02	44,03
30/11/2018	14:15	29,90	0,52	24,48	0,54	28,98	0,53	27,44	0,63	28,55	0,66	29,89	0,52	20,94	0,62	94	79,07	65,17	64,45	46,15
30/11/2018	14:26	29,43	0,52	24,17	0,54	28,81	0,53	27,36	0,63	26,39	0,58	29,25	0,52	20,56	0,59	94	77,73	65,83	63,04	46,85
30/11/2018	14:37	28,85	0,52	24,02	0,55	28,55	0,52	27,23	0,64	26,30	0,64	29,09	0,52	20,37	0,60	94	77,09	68,03	62,31	46,54
30/11/2018	14:48	28,62	0,52	23,76	0,55	28,28	0,52	27,06	0,65	26,33	0,59	28,89	0,52	20,41	0,60	94	75,96	67,66	62,48	47,60
30/11/2018	14:59	28,91	0,52	23,73	0,53	28,14	0,52	26,88	0,64	29,29	0,56	29,87	0,53	21,14	0,59	94	75,84	65,99	65,21	47,24
30/11/2018	15:10	29,54	0,52	23,95	0,53	28,13	0,52	26,79	0,63	33,16	0,55	31,26	0,54	22,63	0,58	94	76,77	63,99	71,08	48,95
30/11/2018	15:21	30,20	0,52	24,29	0,54	28,28	0,54	26,85	0,61	29,95	0,53	30,19	0,53	21,66	0,59	94	78,24	62,59	67,25	48,59
30/11/2018	15:32	30,01	0,52	24,37	0,54	28,31	0,52	26,92	0,60	33,47	0,59	29,84	0,57	23,68	0,55	94	78,57	63,96	75,59	60,96
30/11/2018	15:43	30,12	0,52	24,61	0,54	28,36	0,52	27,06	0,59	29,34	0,55	27,71	0,52	22,86	0,53	94	79,65	64,78	72,18	67,19
30/11/2018	15:54	29,15	0,52	24,42	0,54	28,27	0,52	27,19	0,57	25,60	0,66	26,11	0,53	22,63	0,52	94	78,84	68,80	71,32	75,10
30/11/2018	16:05	26,93	0,52	24,02	0,52	27,85	0,52	27,19	0,57	23,96	0,57	24,65	0,62	21,40	0,52	95	77,17	79,25	66,43	75,93
30/11/2018	16:16	26,62	0,52	23,88	0,54	27,41	0,52	26,96	0,57	25,15	0,52	25,39	0,53	22,63	0,51	97	76,56	78,98	71,32	79,67
30/11/2018	16:27	26,93	0,52	23,91	0,54	27,26	0,52	26,86	0,56	24,76	0,53	25,38	0,52	22,50	0,51	98	76,69	78,53	70,81	78,88
30/11/2018	16:38	26,80	0,52	23,87	0,53	27,10	0,52	26,77	0,55	24,00	0,54	25,14	0,52	22,14	0,51	99	76,52	79,09	69,35	77,90
30/11/2018	16:49	26,55	0,52	23,74	0,53	26,96	0,52	26,66	0,56	24,47	0,53	25,34	0,52	22,20	0,51	100	75,97	79,81	69,56	77,02
30/11/2018	17:00	26,75	0,52	23,80	0,53	26,89	0,51	26,51	0,55	25,09	0,53	25,51	0,52	22,12	0,52	100	76,21	78,93	69,24	75,36
30/11/2018	17:11	26,46	0,52	23,64	0,53	26,81	0,52	26,55	0,54	22,70	0,55	24,81	0,51	20,99	0,53	100	75,56	79,70	64,83	72,10
30/11/2018	17:22	26,49	0,52	23,47	0,52	26,69	0,52	26,45	0,55	25,33	0,55	26,21	0,54	22,19	0,52	99	74,83	78,36	69,49	71,53
30/11/2018	17:33	26,65	0,52	23,59	0,52	26,68	0,52	26,41	0,54	24,89	0,53	24,96	0,52	22,06	0,52	99	75,33	76,94	69,03	76,52
30/11/2018	17:44	25,77	0,52	23,47	0,52	26,52	0,52	26,33	0,54	20,85	0,57	19,77	0,51	19,49	0,51	99	74,86	83,11	59,41	97,48
30/11/2018	17:55	23,92	0,51	22,29	0,52	26,04	0,52	25,76	0,55	20,49	0,51	19,33	0,52	19,30	0,51	100	70,00	87,32	57,32	96,19
30/11/2018	18:06	23,40	0,51	21,76	0,52	25,67	0,52	25,76	0,55	20,88	0,52	19,77	0,52	19,32	0,51	100	67,88	87,11	58,81	96,07
30/11/2018	18:17	23,04	0,51	21,50	0,51	25,36	0,52	25,45	0,55	20,70	0,51	19,87	0,51	19,15	0,51	100	66,86	87,74	58,20	93,79
30/11/2018	18:28	22,93	0,51	21,44	0,51	25,00	0,52	25,14	0,55	21,66	0,51	20,01	0,52	19,19	0,51	100	66,64	88,15	58,34	92,95
30/11/2018	18:38	22,82	0,51	21,38	0,51	24,73	0,52	24,86	0,54	21,84	0,51	20,20	0,52	19,21	0,51	100	66,40	88,47	58,41	91,54
30/11/2018	18:49	22,75	0,51	21,33	0,51	24,49	0,52	24,69	0,53	21,49	0,51	20,49	0,52	19,37	0,51	100	66,22	88,65	58,95	90,51
30/11/2018	19:00	22,58	0,51	21,18	0,51	24,27	0,51	24,50	0,53	20,65	0,51	20,54	0,53	19,12	0,51	100	65,65	88,76	58,08	88,06
30/11/2018	19:11	22,40	0,51	21,03	0,51	24														

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umid. Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h(kJ/kg) UR (%)	Prop. ar externo h(kJ/kg) UR (%)
30/11/2018	19:33	22,26 0,51	20,98 0,51	23,71 0,51	23,94 0,52	21,42 0,52	21,04 0,51	19,13 0,51	98	64,90 89,88	58,09 84,30
30/11/2018	19:44	22,16 0,51	20,97 0,51	23,53 0,51	23,81 0,52	20,93 0,53	20,42 0,51	19,52 0,51	98	64,85 90,36	59,50 92,31
30/11/2018	19:55	21,90 0,51	20,99 0,51	23,39 0,51	23,66 0,52	20,74 0,51	19,66 0,51	19,24 0,51	98	64,54 91,67	58,34 96,19
30/11/2018	20:06	21,77 0,51	20,79 0,51	23,21 0,52	23,46 0,52	21,09 0,51	19,90 0,52	19,40 0,51	98	64,18 91,93	59,08 95,64
30/11/2018	20:17	21,70 0,51	20,79 0,51	23,11 0,52	23,30 0,52	20,74 0,51	19,86 0,51	19,38 0,51	98	64,17 92,49	59,04 95,86
30/11/2018	20:28	21,60 0,51	20,72 0,51	22,91 0,52	23,16 0,52	20,63 0,52	20,14 0,51	19,64 0,51	98	63,90 92,65	59,94 95,63
30/11/2018	20:39	21,45 0,51	20,66 0,51	22,74 0,51	22,94 0,52	20,35 0,51	19,67 0,51	19,28 0,51	98	63,69 93,38	58,66 95,57
30/11/2018	20:50	21,34 0,51	20,57 0,51	22,60 0,51	22,80 0,52	20,30 0,51	19,78 0,51	19,37 0,51	98	63,35 93,54	58,99 96,45
30/11/2018	21:01	21,28 0,51	20,52 0,51	22,45 0,51	22,63 0,52	20,46 0,51	19,88 0,51	19,52 0,51	98	63,19 93,71	59,54 96,89
30/11/2018	21:12	21,25 0,51	20,54 0,51	22,36 0,51	22,50 0,52	20,27 0,51	20,00 0,51	19,73 0,51	99	63,24 94,03	60,27 97,60
30/11/2018	21:23	21,24 0,51	20,57 0,51	22,18 0,51	22,32 0,52	20,22 0,51	19,73 0,51	19,56 0,51	98	63,35 94,39	59,68 98,52
30/11/2018	21:33	21,08 0,51	20,49 0,51	22,08 0,51	22,18 0,51	19,95 0,51	19,55 0,51	19,34 0,51	97	63,06 95,03	58,88 98,13
30/11/2018	21:44	20,89 0,51	20,31 0,51	21,93 0,52	22,02 0,51	19,71 0,51	19,33 0,51	19,09 0,51	97	62,41 95,11	58,01 97,89
30/11/2018	21:55	20,71 0,51	20,18 0,51	21,67 0,51	21,82 0,52	19,66 0,51	19,31 0,51	19,12 0,51	93	61,93 95,50	56,11 98,35
30/11/2018	22:06	20,56 0,51	20,05 0,51	21,47 0,51	21,56 0,52	19,60 0,51	19,28 0,51	19,09 0,51	93	61,45 95,70	56,00 98,33
30/11/2018	22:17	20,43 0,51	19,97 0,51	21,34 0,52	21,38 0,51	19,44 0,51	19,14 0,51	18,94 0,51	92	61,14 96,06	57,49 98,22
30/11/2018	22:28	20,33 0,51	19,99 0,51	21,20 0,51	21,22 0,51	19,67 0,51	19,27 0,51	19,11 0,51	93	60,85 96,16	56,09 98,58
30/11/2018	22:39	20,29 0,51	19,98 0,51	21,07 0,51	21,10 0,51	19,68 0,51	19,42 0,51	19,19 0,51	93	60,82 96,45	56,35 97,92
30/11/2018	22:50	20,21 0,51	19,86 0,51	20,82 0,51	20,95 0,51	19,51 0,51	19,22 0,51	19,08 0,51	90	60,74 96,93	57,97 98,71
30/11/2018	23:01	19,95 0,51	19,67 0,51	20,53 0,51	20,70 0,51	19,01 0,51	18,89 0,51	18,73 0,51	87	60,08 97,63	56,74 98,52
30/11/2018	23:12	19,69 0,51	19,44 0,51	20,30 0,51	20,43 0,51	18,81 0,51	18,83 0,51	18,66 0,51	86	59,24 97,80	56,52 98,49
30/11/2018	23:23	19,59 0,51	19,33 0,51	20,12 0,51	20,15 0,51	18,86 0,51	18,75 0,51	18,63 0,51	86	58,65 97,71	56,40 98,90
30/11/2018	23:34	19,50 0,51	19,26 0,51	20,01 0,51	19,99 0,51	18,82 0,51	18,92 0,51	18,69 0,51	85	58,62 97,90	56,61 97,95
30/11/2018	23:45	19,40 0,51	19,15 0,51	19,90 0,51	19,89 0,51	18,70 0,51	18,89 0,51	18,64 0,51	86	58,22 97,81	56,45 97,82
30/11/2018	23:55	19,33 0,51	19,07 0,51	19,78 0,51	19,76 0,51	18,82 0,51	18,82 0,51	18,61 0,51	87	57,94 97,73	56,34 98,15

APÊNDICE D – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 2

Data	Hora	TBS interno	TBS externo	TBS interno	TBS externo	Temp. laje	Temp. substrato	Temp. vegetação	TBS interno	TBS externo	TBU interno	TBU externo	Umid.Solo	Prop. ar interno	Prop. ar externo
29/11/2018	0:14	19,78	19,78	19,10	19,10	21,00	21,85	19,75	18,84	18,84	17,82	17,82	80	58,04	53,63
29/11/2018	0:24	19,74	19,74	19,08	19,08	20,84	21,78	19,67	18,75	18,75	17,78	17,78	86	57,96	53,51
29/11/2018	0:35	18,65	18,65	19,02	19,02	20,84	21,99	19,31	18,52	18,52	17,55	17,55	86	57,76	52,76
29/11/2018	0:45	18,57	18,57	18,94	18,94	20,84	21,85	19,32	18,58	18,58	17,56	17,56	86	57,48	52,77
29/11/2018	0:56	19,49	19,49	18,85	18,85	20,78	21,63	19,28	18,49	18,49	17,51	17,51	86	57,15	52,61
29/11/2018	1:06	19,47	19,47	18,83	18,83	20,74	21,55	19,44	18,41	18,41	17,51	17,51	85	57,08	52,63
29/11/2018	1:17	18,41	18,41	18,77	18,77	20,68	21,46	19,37	18,36	18,36	17,46	17,46	85	56,86	52,45
29/11/2018	1:27	19,39	19,39	18,75	18,75	20,61	21,43	19,47	18,43	18,43	17,57	17,57	85	56,82	52,81
29/11/2018	1:38	19,39	19,39	18,75	18,75	20,67	21,40	19,40	18,35	18,35	17,53	17,53	85	56,82	52,88
29/11/2018	1:48	19,35	19,35	18,74	18,74	20,63	21,30	19,30	18,15	18,15	17,40	17,40	85	56,77	52,27
29/11/2018	1:59	19,30	19,30	18,69	18,69	20,48	21,26	19,43	18,26	18,26	17,50	17,50	85	56,56	52,57
29/11/2018	2:09	19,28	19,28	18,67	18,67	20,46	21,20	19,31	18,15	18,15	17,38	17,38	85	56,55	52,20
29/11/2018	2:20	19,23	19,23	18,67	18,67	20,41	21,21	19,37	18,22	18,22	17,44	17,44	85	56,52	52,37
29/11/2018	2:30	19,21	19,21	18,63	18,63	20,34	21,12	19,38	18,16	18,16	17,33	17,33	85	56,40	52,01
29/11/2018	2:41	19,20	19,20	18,59	18,59	20,30	21,09	19,35	18,14	18,14	17,32	17,32	85	56,25	51,99
29/11/2018	2:51	18,15	18,15	18,59	18,59	20,27	21,05	19,42	18,19	18,19	17,37	17,37	85	56,25	52,15
29/11/2018	3:02	18,15	18,15	18,58	18,58	20,21	20,98	19,35	18,28	18,28	17,42	17,42	85	56,22	52,31
29/11/2018	3:12	18,14	18,14	18,57	18,57	20,19	20,90	19,27	18,34	18,34	17,38	17,38	85	56,19	52,18
29/11/2018	3:23	18,13	18,13	18,54	18,54	20,13	20,85	19,12	18,31	18,31	17,35	17,35	85	56,08	52,07
29/11/2018	3:33	18,05	18,05	18,50	18,50	20,11	20,85	19,11	18,33	18,33	17,37	17,37	84	55,95	52,14
29/11/2018	3:43	18,05	18,05	18,50	18,50	20,06	20,85	19,03	18,39	18,39	17,36	17,36	84	55,83	52,13
29/11/2018	3:54	18,05	18,05	18,48	18,48	20,03	20,78	19,03	18,54	18,54	17,45	17,45	84	55,87	52,41
29/11/2018	4:04	18,05	18,05	18,47	18,47	20,00	20,70	18,89	18,43	18,43	17,40	17,40	84	55,84	52,24
29/11/2018	4:15	18,05	18,05	18,46	18,46	19,95	20,68	18,86	18,43	18,43	17,44	17,44	84	55,81	52,38
29/11/2018	4:25	18,04	18,04	18,42	18,42	19,91	20,65	18,73	18,42	18,42	17,43	17,43	84	55,86	52,34
29/11/2018	4:36	18,09	18,09	18,41	18,41	19,91	20,60	18,94	18,47	18,47	17,54	17,54	84	55,85	52,72
29/11/2018	4:46	18,08	18,08	18,41	18,41	19,85	20,56	18,94	18,51	18,51	17,53	17,53	84	55,85	52,68
29/11/2018	4:57	18,01	18,01	18,41	18,41	19,82	20,51	19,02	18,65	18,65	17,62	17,62	84	55,83	52,88
29/11/2018	5:07	18,01	18,01	18,41	18,41	19,82	20,49	19,98	18,65	18,65	17,63	17,63	84	55,85	53,01
29/11/2018	5:18	18,08	18,08	18,39	18,39	19,78	20,43	19,84	18,66	18,66	17,65	17,65	84	55,88	53,06
29/11/2018	5:28	18,03	18,03	18,36	18,36	19,75	20,38	19,85	18,71	18,71	17,68	17,68	84	55,49	53,17
29/11/2018	5:39	18,01	18,01	18,36	18,36	19,74	20,32	19,95	18,79	18,79	17,77	17,77	84	55,46	53,47
29/11/2018	5:49	18,01	18,01	18,36	18,36	19,74	20,33	19,89	18,78	18,78	17,77	17,77	84	55,49	53,47
29/11/2018	6:00	18,00	18,00	18,36	18,36	19,63	20,27	19,81	18,81	18,81	17,72	17,72	84	55,46	53,31
29/11/2018	6:10	18,07	18,07	18,36	18,36	19,60	20,26	19,68	18,99	18,99	17,78	17,78	84	55,46	53,50
29/11/2018	6:21	18,08	18,08	18,33	18,33	19,58	20,23	19,67	18,87	18,87	17,73	17,73	84	55,38	53,36
29/11/2018	6:31	18,06	18,06	18,30	18,30	19,54	20,16	19,73	18,07	18,07	17,83	17,83	84	55,26	53,66
29/11/2018	6:42	18,05	18,05	18,30	18,30	19,54	20,14	19,02	19,28	19,28	17,87	17,87	84	55,49	54,14
29/11/2018	6:52	18,08	18,08	18,44	18,44	19,56	20,09	19,25	19,46	19,46	18,09	18,09	84	55,75	54,54
29/11/2018	7:03	19,27	19,27	18,58	18,58	19,61	20,09	19,57	20,06	20,06	18,41	18,41	84	56,21	55,59
29/11/2018	7:13	18,52	18,52	18,72	18,72	19,61	20,08	19,91	20,34	20,34	18,55	18,55	84	56,71	56,08
29/11/2018	7:24	18,76	18,76	18,88	18,88	19,68	20,04	20,06	20,87	20,87	18,62	18,62	84	57,25	56,31
29/11/2018	7:34	18,93	18,93	18,99	18,99	19,78	20,02	20,19	20,48	20,48	18,62	18,62	84	57,84	56,31
29/11/2018	7:45	20,07	20,07	19,12	19,12	19,82	19,98	20,48	20,96	20,96	18,77	18,77	84	58,09	58,84
29/11/2018	7:55	20,18	20,18	19,21	19,21	19,80	19,99	20,22	20,59	20,59	18,68	18,68	84	58,39	58,13
29/11/2018	8:06	20,28	20,28	19,29	19,29	19,91	20,01	20,81	21,70	21,70	18,99	18,99	84	58,87	57,86
29/11/2018	8:16	20,89	20,89	19,59	19,59	20,09	20,04	22,23	24,14	24,14	19,77	19,77	84	59,75	60,28
29/11/2018	8:27	21,85	21,85	20,16	20,16	20,40	20,06	21,16	21,39	21,39	18,91	18,91	84	61,80	60,28
29/11/2018	8:37	21,95	21,95	20,22	20,22	20,67	20,08	24,55	25,48	25,48	20,31	20,31	84	62,04	62,25
29/11/2018	8:48	23,42	23,42	21,03	21,03	21,08	21,04	25,76	25,87	25,87	20,59	20,59	84	65,04	63,28
29/11/2018	8:58	24,25	24,25	21,83	21,83	21,64	20,22	26,94	25,70	25,70	20,61	20,61	85	67,35	63,37
29/11/2018	9:09	24,71	24,71	22,03	22,03	21,68	20,35	27,68	25,84	25,84	20,86	20,86	85	68,91	64,29
29/11/2018	9:19	24,89	24,89	22,18	22,18	22,21	20,48	29,19	26,12	26,12	20,89	20,89	85	69,45	64,39
29/11/2018	9:30	25,38	25,38	22,35	22,35	22,48	20,51	31,20	26,86	26,86	21,52	21,52	85	70,18	66,81
29/11/2018	9:40	25,67	25,67	22,56	22,56	22,70	20,77	31,80	26,43	26,43	21,05	21,05	86	71,82	66,00
29/11/2018	9:51	26,01	26,01	22,75	22,75	23,00	20,82	33,32	27,73	27,73	21,84	21,84	86	71,82	66,00
29/11/2018	10:01	26,42	26,42	22,94	22,94	23,25	21,11	35,35	29,50	29,50	22,09	22,09	86	72,57	69,51
29/11/2018	10:12	26,95	26,95	23,33	23,33	23,56	21,23	36,25	29,18	29,18	21,91	21,91	86	74,19	68,28
29/11/2018	10:22	27,45	27,45	23,52	23,52	23,82	21,53	36,37	28,58	28,58	21,57	21,57	86	75,00	68,95

Data	Hora	TBS interno	TBS externo	Temp. substrato	Temp. vegetação	TBS externo	TBU externo	Umid. Solo	Prop. ar interno	Prop. ar externo
		Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Hmed (%)	h (kJ/Kg)	UR (%)
29/11/2018	10:33	27,45	0,52	24,07	0,51	29,34	0,64	87	75,28	80,34
29/11/2018	10:43	27,82	0,52	24,31	0,52	28,31	0,60	87	76,39	80,34
29/11/2018	10:54	27,91	0,52	24,52	0,52	30,47	0,62	87	76,70	80,34
29/11/2018	11:05	28,20	0,52	24,76	0,52	34,54	0,61	87	77,46	80,34
29/11/2018	11:15	28,17	0,52	24,10	0,54	24,89	0,52	87	77,48	80,34
29/11/2018	11:26	28,75	0,52	24,37	0,54	32,87	0,58	87	79,66	80,34
29/11/2018	11:36	28,03	0,52	24,40	0,55	30,69	0,54	87	79,18	80,34
29/11/2018	11:47	29,35	0,52	24,60	0,55	31,25	0,53	88	78,84	80,34
29/11/2018	11:57	29,67	0,52	24,70	0,55	33,09	0,54	88	80,09	80,34
29/11/2018	12:08	29,42	0,52	24,85	0,55	31,88	0,55	88	79,88	80,34
29/11/2018	12:18	29,40	0,52	24,48	0,55	32,54	0,53	88	79,12	80,34
29/11/2018	12:29	29,65	0,52	24,88	0,56	30,15	0,53	88	79,96	80,34
29/11/2018	12:40	29,53	0,52	24,51	0,56	32,82	0,53	88	79,96	80,34
29/11/2018	12:50	29,63	0,52	24,51	0,56	31,48	0,54	88	79,22	80,34
29/11/2018	13:01	30,01	0,52	24,76	0,57	33,95	0,54	88	78,57	80,34
29/11/2018	13:11	29,87	0,52	24,47	0,57	30,82	0,54	88	79,02	80,34
29/11/2018	13:22	30,26	0,52	24,62	0,57	31,87	0,54	88	78,69	80,34
29/11/2018	13:32	30,39	0,52	24,70	0,58	30,34	0,53	88	80,04	80,34
29/11/2018	13:43	30,00	0,52	24,55	0,56	33,83	0,51	88	79,38	80,34
29/11/2018	13:53	30,10	0,52	24,50	0,57	32,97	0,56	88	79,17	80,34
29/11/2018	14:04	29,85	0,52	24,44	0,56	30,21	0,53	88	78,91	80,34
29/11/2018	14:19	29,37	0,52	24,28	0,56	27,48	0,52	89	78,22	80,34
29/11/2018	14:30	28,67	0,52	24,04	0,56	27,41	0,52	89	77,21	80,34
29/11/2018	14:40	28,56	0,52	24,07	0,54	27,36	0,52	89	77,33	80,34
29/11/2018	14:51	27,77	0,52	23,85	0,53	27,18	0,52	88	76,38	80,34
29/11/2018	15:01	26,98	0,52	23,59	0,52	26,88	0,52	88	75,30	80,34
29/11/2018	15:12	26,48	0,52	23,37	0,52	26,63	0,52	88	74,30	80,34
29/11/2018	15:22	26,81	0,51	23,18	0,51	26,85	0,52	88	73,62	80,34
29/11/2018	15:33	26,32	0,51	22,96	0,51	26,41	0,52	88	72,71	80,34
29/11/2018	15:44	24,69	0,51	22,75	0,51	26,26	0,52	88	71,85	80,34
29/11/2018	15:54	23,93	0,51	22,34	0,51	26,12	0,52	90	70,18	80,34
29/11/2018	16:05	23,39	0,51	21,84	0,52	25,92	0,52	91	69,22	80,34
29/11/2018	16:15	23,20	0,51	21,78	0,51	25,69	0,52	95	67,97	80,34
29/11/2018	16:26	23,01	0,51	21,69	0,51	25,28	0,52	97	67,61	80,34
29/11/2018	16:36	22,90	0,51	21,89	0,51	25,04	0,51	97	67,63	80,34
29/11/2018	16:47	22,93	0,51	21,70	0,51	24,84	0,51	95	67,66	80,34
29/11/2018	16:57	23,04	0,51	21,75	0,51	25,12	0,52	96	67,87	80,34
29/11/2018	17:08	23,34	0,51	21,88	0,52	24,64	0,51	97	68,39	80,34
29/11/2018	17:18	23,51	0,51	22,03	0,52	24,68	0,51	98	69,27	80,34
29/11/2018	17:29	23,51	0,51	22,11	0,52	24,85	0,52	98	69,27	80,34
29/11/2018	17:39	23,20	0,51	22,08	0,51	24,77	0,52	98	69,22	80,34
29/11/2018	17:50	23,11	0,51	22,00	0,51	24,30	0,51	98	68,87	80,34
29/11/2018	18:00	23,17	0,51	22,02	0,51	24,25	0,51	98	68,93	80,34
29/11/2018	18:15	23,00	0,51	22,00	0,51	24,13	0,51	98	68,95	80,34
29/11/2018	18:25	22,95	0,51	21,97	0,51	24,09	0,51	98	68,73	80,34
29/11/2018	18:36	22,98	0,51	21,95	0,51	24,01	0,51	98	68,66	80,34
29/11/2018	18:46	22,97	0,51	21,95	0,51	23,84	0,51	97	68,68	80,34
29/11/2018	18:57	22,90	0,51	21,93	0,51	24,48	0,51	97	68,57	80,34
29/11/2018	19:07	22,95	0,51	21,91	0,51	23,88	0,51	97	68,52	80,34
29/11/2018	19:18	22,79	0,51	21,87	0,51	23,82	0,51	97	68,35	80,34
29/11/2018	19:28	22,55	0,51	21,77	0,51	23,74	0,51	97	67,97	80,34
29/11/2018	19:39	22,37	0,51	21,84	0,51	24,27	0,51	97	67,46	80,34
29/11/2018	19:49	22,18	0,51	21,51	0,51	23,68	0,51	97	66,95	80,34
29/11/2018	20:00	21,99	0,51	21,37	0,51	23,50	0,51	97	66,42	80,34
29/11/2018	20:10	21,86	0,51	21,26	0,51	23,38	0,51	96	66,00	80,34
29/11/2018	20:21	21,80	0,51	21,18	0,51	23,31	0,51	96	65,71	80,34
29/11/2018	20:31	21,74	0,51	21,12	0,51	23,32	0,52	96	65,45	80,34
29/11/2018	20:42	21,65	0,51	21,03	0,51	23,89	0,51	96	65,11	80,34
29/11/2018	20:52	21,61	0,51	23,07	0,51	23,80	0,51	96	65,01	80,34

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umid.Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h (kJ/kg) UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg) UR (%)
29/11/2018	21:03	21,58 0,51	20,94 0,51	23,01 0,51	23,74 0,51	20,93 0,54	21,02 0,52	18,88 0,51	96	64,74 57,22	82,48 82,48
29/11/2018	21:13	21,51 0,51	20,86 0,51	22,93 0,51	23,66 0,52	20,80 0,54	21,14 0,52	18,74 0,51	96	64,44 56,72	80,53 80,53
29/11/2018	21:24	21,43 0,51	20,80 0,51	22,88 0,51	23,62 0,51	20,71 0,53	20,99 0,52	18,72 0,51	96	64,21 56,05	81,47 81,47
29/11/2018	21:34	21,35 0,51	20,70 0,51	22,82 0,51	23,60 0,51	20,46 0,53	21,16 0,52	18,64 0,51	96	63,83 56,38	79,58 79,58
29/11/2018	21:45	21,25 0,51	20,60 0,51	22,74 0,51	23,51 0,52	20,66 0,52	20,80 0,51	18,63 0,51	96	63,47 56,35	82,17 82,17
29/11/2018	21:55	21,15 0,51	20,51 0,51	22,65 0,51	23,42 0,52	20,48 0,53	20,74 0,52	18,40 0,51	96	63,15 55,54	80,78 80,78
29/11/2018	22:06	21,10 0,51	20,46 0,51	22,59 0,51	23,35 0,51	20,40 0,53	20,82 0,52	18,19 0,51	95	62,90 54,84	78,61 78,61
29/11/2018	22:16	21,03 0,51	20,40 0,51	22,52 0,51	23,29 0,51	20,30 0,53	20,62 0,52	18,10 0,51	95	62,74 54,54	79,36 79,36
29/11/2018	22:27	20,93 0,51	20,33 0,51	22,43 0,51	23,20 0,51	20,32 0,52	20,50 0,52	18,15 0,51	95	62,48 54,71	80,63 80,63
29/11/2018	22:37	20,85 0,51	20,24 0,51	22,37 0,51	23,16 0,51	20,21 0,53	20,53 0,51	18,09 0,51	95	62,13 54,49	79,89 79,89
29/11/2018	22:48	20,80 0,51	20,16 0,51	22,33 0,51	23,08 0,51	20,24 0,53	20,42 0,51	18,13 0,51	95	61,83 54,64	81,08 81,08
29/11/2018	22:58	20,74 0,51	20,13 0,51	22,23 0,51	23,04 0,51	20,15 0,53	20,43 0,51	18,18 0,51	95	61,74 54,82	81,31 81,31
29/11/2018	23:09	20,70 0,51	20,07 0,51	22,16 0,51	22,93 0,52	20,18 0,52	20,31 0,52	18,06 0,51	95	61,51 54,68	82,64 82,64
29/11/2018	23:19	20,61 0,51	19,98 0,51	22,07 0,51	22,83 0,52	20,06 0,52	20,03 0,51	17,96 0,51	95	61,19 54,08	81,98 81,98
29/11/2018	23:30	20,50 0,51	19,90 0,51	22,00 0,51	22,80 0,51	19,94 0,52	20,13 0,51	17,95 0,51	94	60,88 54,03	81,79 81,79
29/11/2018	23:40	20,43 0,51	19,80 0,51	21,92 0,51	22,76 0,52	19,78 0,53	20,20 0,51	17,88 0,51	94	60,54 54,15	81,52 81,52
29/11/2018	23:51	20,36 0,51	19,77 0,51	21,84 0,51	22,68 0,52	19,66 0,52	20,25 0,51	17,87 0,51	94	60,40 54,09	81,05 81,05
30/11/2018	0:01	20,36 0,51	19,73 0,51	21,77 0,51	22,54 0,52	19,94 0,52	20,09 0,51	17,98 0,51	94	60,28 54,12	82,27 82,27
30/11/2018	0:12	20,31 0,51	19,72 0,51	21,72 0,51	22,50 0,52	19,60 0,52	20,15 0,51	17,97 0,51	94	60,23 54,10	81,80 81,80
30/11/2018	0:22	20,28 0,51	19,69 0,51	21,67 0,51	22,45 0,51	19,93 0,52	20,10 0,51	18,03 0,51	94	59,90 54,30	82,66 82,66
30/11/2018	0:33	20,27 0,51	19,64 0,51	21,59 0,51	22,37 0,51	19,92 0,52	20,12 0,51	18,02 0,51	93	59,86 54,28	82,39 82,39
30/11/2018	0:43	20,26 0,51	19,64 0,51	21,53 0,51	22,31 0,52	19,94 0,52	20,17 0,51	18,05 0,51	93	59,85 54,37	82,30 82,30
30/11/2018	0:54	20,27 0,51	19,64 0,51	21,47 0,51	22,23 0,51	19,95 0,51	20,10 0,51	18,08 0,51	93	59,86 54,46	83,06 83,06
30/11/2018	1:04	20,22 0,51	19,63 0,51	21,43 0,51	22,22 0,51	19,95 0,51	20,14 0,51	18,06 0,51	93	59,92 54,40	82,56 82,56
30/11/2018	1:15	20,19 0,51	19,59 0,51	21,39 0,51	22,13 0,51	19,92 0,51	20,16 0,51	18,04 0,51	93	59,77 54,34	82,29 82,29
30/11/2018	1:25	20,18 0,51	19,57 0,51	21,31 0,51	22,06 0,51	19,98 0,51	20,02 0,51	18,07 0,51	93	59,70 54,46	83,64 83,64
30/11/2018	1:36	20,14 0,51	19,53 0,51	21,28 0,51	22,02 0,51	19,98 0,51	20,09 0,51	18,01 0,51	93	59,55 54,23	82,54 82,54
30/11/2018	1:46	20,09 0,51	19,51 0,51	21,23 0,51	21,93 0,52	19,94 0,51	20,08 0,51	18,07 0,51	92	59,49 54,44	83,15 83,15
30/11/2018	1:57	20,08 0,51	19,50 0,51	21,18 0,51	21,88 0,51	19,92 0,51	19,99 0,51	18,05 0,51	92	59,48 54,38	83,66 83,66
30/11/2018	2:07	20,05 0,51	19,49 0,51	21,13 0,51	21,84 0,51	19,88 0,51	20,11 0,51	17,94 0,51	92	59,40 54,01	81,88 81,88
30/11/2018	2:18	20,03 0,51	19,49 0,51	21,09 0,51	21,74 0,51	19,82 0,51	20,16 0,51	17,94 0,51	92	59,43 53,99	81,43 81,43
30/11/2018	2:28	20,01 0,51	19,47 0,51	21,05 0,51	21,68 0,51	19,86 0,51	19,97 0,51	18,05 0,51	92	59,35 54,38	83,79 83,79
30/11/2018	2:39	19,98 0,51	19,43 0,51	21,00 0,51	21,65 0,51	19,86 0,51	19,98 0,51	18,04 0,51	91	59,20 54,34	83,65 83,65
30/11/2018	2:49	19,93 0,51	19,42 0,51	20,94 0,51	21,59 0,51	19,85 0,51	20,05 0,51	18,07 0,51	92	59,18 54,44	83,37 83,37
30/11/2018	3:00	19,93 0,51	19,41 0,51	20,91 0,51	21,57 0,51	19,87 0,51	20,13 0,51	18,08 0,51	91	59,12 54,46	82,79 82,79
30/11/2018	3:10	19,94 0,51	19,41 0,51	20,88 0,51	21,53 0,51	19,86 0,52	20,28 0,51	17,97 0,51	91	59,14 54,11	80,99 80,99
30/11/2018	3:21	19,92 0,51	19,42 0,51	20,87 0,51	21,45 0,51	19,81 0,51	20,13 0,51	17,98 0,51	91	59,15 54,12	82,02 82,02
30/11/2018	3:31	19,91 0,51	19,39 0,51	20,78 0,51	21,42 0,51	19,84 0,51	20,06 0,51	18,05 0,51	91	59,06 54,39	83,16 83,16
30/11/2018	3:42	19,88 0,51	19,38 0,51	20,77 0,51	21,35 0,51	19,85 0,51	19,95 0,51	18,10 0,51	91	58,95 54,55	84,42 84,42
30/11/2018	3:52	19,83 0,51	19,33 0,51	20,73 0,51	21,35 0,51	19,85 0,51	19,97 0,51	18,12 0,51	91	58,98 54,62	84,40 84,40
30/11/2018	4:03	19,83 0,51	19,33 0,51	20,69 0,51	21,28 0,51	19,86 0,51	19,90 0,51	18,11 0,51	91	58,96 54,59	84,88 84,88
30/11/2018	4:13	19,78 0,51	19,32 0,51	20,63 0,51	21,21 0,51	19,81 0,51	20,00 0,51	18,07 0,51	91	58,81 54,44	83,73 83,73
30/11/2018	4:24	19,71 0,51	19,24 0,51	20,61 0,51	21,18 0,51	19,84 0,51	19,84 0,51	18,09 0,51	91	58,83 54,52	85,19 85,19
30/11/2018	4:34	19,65 0,51	19,21 0,51	20,55 0,51	21,14 0,51	19,26 0,52	19,93 0,51	18,08 0,51	91	58,43 54,47	84,34 84,34
30/11/2018	4:45	19,58 0,51	19,16 0,51	20,51 0,51	21,11 0,51	19,37 0,51	19,72 0,51	18,11 0,51	91	58,26 54,61	86,28 86,28
30/11/2018	4:55	19,56 0,51	19,15 0,51	20,44 0,51	21,07 0,51	19,41 0,51	19,64 0,51	18,19 0,51	91	58,20 54,57	87,55 87,55
30/11/2018	5:05	19,55 0,51	19,14 0,51	20,41 0,51	21,09 0,51	19,33 0,51	19,90 0,51	18,11 0,51	91	58,17 54,60	84,88 84,88
30/11/2018	5:16	19,56 0,51	19,14 0,51	20,37 0,51	20,95 0,51	19,29 0,51	19,93 0,51	18,21 0,51	91	58,17 54,92	85,41 85,41
30/11/2018	5:26	19,57 0,51	19,14 0,51	20,34 0,51	20,92 0,52	19,38 0,51	19,81 0,51	18,28 0,51	90	58,17 56,24	87,00 87,00
30/11/2018	5:37	19,56 0,51	19,15 0,51	20,32 0,51	20,89 0,51	19,43 0,51	19,81 0,51	18,30 0,51	90	58,20 55,18	87,17 87,17
30/11/2018	5:47	19,57 0,51	19,15 0,51	20,30 0,51	20,85 0,51	19,41 0,51	19,75 0,51	18,31 0,51	90	58,20 55,26	87,83 87,83
30/11/2018	5:58	19,55 0,51	19,13 0,51	20,27 0,51	20,81 0,51	19,38 0,51	19,70 0,51	18,36 0,51	90	58,15 55,46	88,59 88,59
30/11/2018	6:08	19,52 0,51	19,12 0,51	20,24 0,51	20,72 0,52	19,31 0,51	19,74 0,51	18,27 0,51	90	58,11 55,12	87,39 87,39
30/11/2018	6:19	19,53 0,51	19,14 0,51	20,20 0,51	20,74 0,51	19,32 0,51	19,84 0,51	18,30 0,51	90	58,17 55,25	86,91 86,91
30/11/2018	6:29	19,55 0,51	19,15 0,51	20,17 0,51	20,67 0,51	19,36 0,51	19,82 0,51	18,33 0,51	90	58,21 55,34	87,27 87,27
30/11/2018	6:40	19,57 0,51	19,15 0,51	20,17 0,51	20,67 0,52	19,43 0,51	19,93 0,51	18,46 0,51	90	58,23 56,77	87,47 87,47
30/11/2018	6:50	19,63 0,51	19,19 0,51	20,11 0,51	20,67 0,51	19,55 0,51	20,00 0,51	18,61 0,51	90	58,37 56,32	88,23 88,23
30/11/2018	7:01	19,67 0,51	19,23 0,51	20,14 0,51	20,64 0,51	19,63 0,51	20,32 0,51	18,61 0,51	90	58,50 56,27	85,63 85,63
30/11/2018	7:11	19,76 0,51	19,31 0,51	20,12 0,51	20,64 0,52	19,60 0,51	20,34 0,51	18,73 0,51	90	58,78 56,70	86,49 86,49

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C)	TBS interno u_Tmed	TBU interno Tmed (°C)	TBU interno u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C)	Temp. laje u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C)	Temp. substrato u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C)	Temp. vegetação u_Tmed	TBS externo Tmed (°C)	TBS externo u_Tmed	TBU externo Tmed (°C)	TBU externo u_Tmed	Umid.Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h (kJ/kg)	Prop. ar interno UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg)	Prop. ar externo UR (%)
30/11/2018	7:22	19,86	0,51	19,38	0,51	20,13	0,51	20,56	0,51	19,87	0,51	20,43	0,51	18,08	0,51	90	59,03	95,82	56,52	85,36
30/11/2018	7:32	20,00	0,51	19,48	0,51	20,16	0,51	20,51	0,52	20,12	0,51	20,57	0,51	18,87	0,51	90	59,37	95,50	57,18	85,76
30/11/2018	7:43	20,12	0,51	19,63	0,51	20,19	0,51	20,52	0,51	20,33	0,51	20,83	0,51	18,99	0,51	90	59,90	95,76	57,62	84,83
30/11/2018	7:53	20,32	0,51	19,73	0,51	20,21	0,51	20,46	0,51	20,69	0,52	21,30	0,51	19,27	0,51	90	60,29	94,95	58,00	83,45
30/11/2018	8:04	20,62	0,51	19,96	0,51	20,29	0,51	20,49	0,51	21,20	0,51	21,53	0,51	19,64	0,51	90	61,11	94,42	59,56	83,89
30/11/2018	8:14	20,83	0,51	20,16	0,51	20,36	0,51	20,49	0,52	21,04	0,51	21,53	0,51	19,32	0,51	90	61,93	94,29	58,75	82,11
30/11/2018	8:25	20,97	0,51	20,23	0,51	20,46	0,51	20,46	0,51	21,45	0,52	22,05	0,51	19,74	0,51	90	62,10	93,78	60,25	81,54
30/11/2018	8:35	21,24	0,51	20,44	0,51	20,67	0,51	20,49	0,51	22,18	0,52	22,66	0,51	20,05	0,51	90	62,86	93,28	61,38	79,67
30/11/2018	8:46	21,63	0,51	20,70	0,51	20,68	0,51	20,50	0,51	23,36	0,53	23,36	0,53	20,45	0,52	90	63,84	92,31	62,82	77,65
30/11/2018	8:56	22,18	0,51	21,07	0,51	20,87	0,51	20,56	0,51	23,56	0,55	25,06	0,80	21,00	0,52	90	65,24	90,97	64,86	70,64
30/11/2018	9:07	23,40	0,51	21,80	0,51	21,27	0,51	20,63	0,51	26,03	0,65	26,47	0,75	21,39	0,52	90	68,06	87,51	66,31	64,98
30/11/2018	9:17	24,28	0,51	22,45	0,52	21,75	0,51	20,72	0,51	26,96	0,69	26,51	0,81	20,99	0,53	91	70,64	85,99	64,82	67,93
30/11/2018	9:28	24,86	0,51	22,71	0,52	22,12	0,51	20,79	0,51	26,95	0,69	26,80	0,86	21,45	0,54	90	71,69	83,80	66,52	63,51
30/11/2018	9:38	25,57	0,51	23,18	0,52	22,53	0,52	20,88	0,52	28,48	0,83	28,34	0,81	22,58	0,53	91	73,83	82,36	71,02	62,19
30/11/2018	9:49	26,26	0,51	23,66	0,52	22,93	0,51	21,06	0,51	29,58	0,84	29,39	0,80	23,42	0,54	91	75,63	81,09	74,48	61,68
30/11/2018	9:59	27,03	0,52	24,12	0,52	23,33	0,52	21,26	0,51	29,50	0,80	28,04	0,73	22,51	0,53	91	77,60	81,23	70,74	63,34
30/11/2018	10:10	27,72	0,52	24,40	0,52	23,62	0,52	21,46	0,51	30,06	0,80	28,23	0,70	23,02	0,55	92	78,85	81,22	72,81	60,25
30/11/2018	10:21	27,31	0,52	24,65	0,52	23,88	0,51	21,69	0,51	30,48	0,84	29,46	0,70	23,63	0,53	92	79,97	81,13	74,96	61,96
30/11/2018	10:31	27,47	0,52	24,83	0,52	24,10	0,52	21,90	0,52	29,81	0,86	28,80	0,85	22,70	0,55	92	80,75	81,30	71,48	60,51
30/11/2018	10:42	27,58	0,52	24,84	0,52	24,28	0,52	22,13	0,52	29,20	0,86	29,67	0,82	22,66	0,55	92	80,79	80,66	71,30	56,16
30/11/2018	10:52	27,77	0,52	24,77	0,53	24,44	0,52	22,32	0,52	29,24	0,87	30,99	0,84	23,97	0,54	92	80,50	79,01	76,78	57,05
30/11/2018	11:03	27,96	0,52	24,91	0,53	24,68	0,52	22,60	0,52	28,45	0,78	30,81	0,87	23,23	0,54	93	81,09	78,72	73,60	53,95
30/11/2018	11:13	28,13	0,52	24,96	0,53	24,85	0,52	22,88	0,51	28,05	0,68	29,93	0,85	23,14	0,55	93	81,33	78,02	73,28	57,53
30/11/2018	11:24	28,27	0,52	25,05	0,53	25,03	0,52	23,10	0,52	27,59	0,59	30,72	0,85	23,39	0,53	93	81,73	77,78	75,96	57,26
30/11/2018	11:34	28,48	0,52	25,20	0,53	25,25	0,52	23,37	0,52	27,43	0,59	30,72	0,83	23,39	0,56	93	82,40	77,48	74,32	55,24
30/11/2018	11:52	28,73	0,52	25,18	0,54	25,60	0,52	23,76	0,52	26,55	0,68	30,58	0,84	22,83	0,55	93	82,31	75,83	71,12	51,87
30/11/2018	12:03	28,75	0,52	25,16	0,53	25,79	0,52	24,00	0,52	26,46	0,65	29,96	0,99	22,80	0,57	94	82,20	75,58	71,85	55,54
30/11/2018	12:13	28,94	0,52	25,08	0,54	25,66	0,52	24,24	0,52	26,42	0,56	30,19	0,86	22,42	0,58	94	81,83	74,00	70,29	52,47
30/11/2018	12:24	28,22	0,52	25,06	0,54	26,17	0,52	24,46	0,52	26,92	0,63	30,81	0,87	22,44	0,58	94	81,73	72,31	70,32	49,82
30/11/2018	12:34	28,13	0,52	24,96	0,54	26,33	0,52	24,68	0,52	26,83	0,65	29,87	0,83	21,80	0,55	94	81,27	72,16	67,80	50,62
30/11/2018	12:45	28,91	0,52	24,82	0,54	26,45	0,52	24,88	0,52	27,93	0,66	30,51	0,85	21,93	0,56	94	80,67	72,60	66,31	48,62
30/11/2018	12:56	28,85	0,52	24,72	0,54	26,54	0,52	25,01	0,52	27,55	0,53	30,25	0,83	21,51	0,55	93	80,19	72,25	66,66	47,59
30/11/2018	13:06	28,86	0,52	24,69	0,54	26,58	0,52	25,25	0,52	28,17	0,72	31,71	0,83	22,36	0,56	93	80,09	72,04	69,97	46,62
30/11/2018	13:17	28,74	0,52	24,83	0,55	26,80	0,52	25,39	0,52	26,93	0,66	29,24	0,82	20,90	0,53	93	80,67	70,58	64,33	48,67
30/11/2018	13:27	28,74	0,52	24,64	0,54	26,81	0,52	26,47	0,52	28,25	0,63	29,99	0,82	21,82	0,54	93	79,83	72,38	67,86	50,22
30/11/2018	13:38	28,63	0,52	24,56	0,54	26,80	0,52	26,58	0,52	33,56	0,75	32,72	0,85	23,52	0,58	93	79,48	72,52	74,77	47,55
30/11/2018	13:48	29,50	0,52	24,83	0,56	27,03	0,52	25,71	0,52	31,25	0,61	30,79	0,83	21,73	0,53	93	80,66	69,34	67,47	46,47
30/11/2018	13:59	29,60	0,52	24,97	0,56	27,26	0,52	25,80	0,52	32,29	0,65	31,54	0,84	21,70	0,55	93	81,32	68,05	67,34	43,44
30/11/2018	14:09	29,43	0,52	24,83	0,55	27,36	0,52	25,91	0,52	27,90	0,63	30,00	0,82	20,87	0,54	93	80,69	66,72	64,20	45,40
30/11/2018	14:20	29,06	0,52	24,64	0,55	27,34	0,52	26,99	0,52	27,36	0,63	29,67	0,82	20,94	0,53	93	79,84	70,59	64,44	47,03
30/11/2018	14:30	28,49	0,52	24,41	0,54	27,25	0,52	26,10	0,52	26,09	0,53	28,95	0,82	20,16	0,52	93	78,83	72,39	61,54	46,05
30/11/2018	14:41	28,13	0,52	24,17	0,53	27,13	0,52	26,17	0,52	26,43	0,52	29,22	0,82	20,74	0,53	93	77,80	72,98	63,73	47,83
30/11/2018	14:52	28,04	0,52	24,08	0,52	27,06	0,52	26,22	0,52	26,85	0,52	29,57	0,83	21,07	0,53	93	77,37	72,93	64,96	48,14
30/11/2018	15:02	28,60	0,52	24,25	0,54	27,13	0,52	26,23	0,52	29,63	0,54	30,76	0,83	22,17	0,54	93	78,11	70,78	69,24	48,78
30/11/2018	15:13	29,35	0,52	24,88	0,55	27,34	0,52	26,29	0,52	32,36	0,57	31,11	0,83	22,56	0,58	92	80,01	69,29	70,80	49,26
30/11/2018	15:23	29,90	0,52	25,07	0,55	27,61	0,52	26,33	0,52	29,72	0,53	29,64	0,83	22,35	0,56	92	81,74	68,62	70,03	54,60
30/11/2018	15:34	29,81	0,52	25,13	0,54	27,69	0,52	26,43	0,52	32,88	0,60	29,70	0,82	23,71	0,53	92	82,03	69,44	75,72	61,82
30/11/2018	15:44	29,70	0,52	25,31	0,53	27,79	0,52	26,50	0,52	28,76	0,52	28,15	0,82	22,83	0,52	92	82,86	71,13	72,07	64,67
30/11/2018	15:55	28,73	0,52	25,11	0,54	27,59	0,52	26,59	0,52	25,98	0,63	24,84	0,86	22,56	0,53	93	81,98	75,38	71,07	82,89
30/11/2018	16:05	26,57	0,52	24,40	0,52	27,22	0,52	26,62	0,52	25,25	0,52	23,24	0,82	21,55	0,51	95	78,85	84,17	67,08	86,74
30/11/2018	16:16	26,67	0,52	24,19	0,52	26,93	0,52	26,97	0,52	25,66	0,52	24,41	0,84	22,59	0,51	96	77,92	82,05	71,19	86,04
30/11/2018	16:26	26,78	0,52	24,25	0,52	26,86	0,52	26,94	0,52	25,22	0,52	24,55	0,84	22,46	0,51	98	78,21	81,80	70,66	84,11
30/11/2018	16:37	26,67	0,52	24,26	0,52	26,78	0,52	26,95	0,52	24,92	0,53	24,86	0,83	22,33	0,51	99	78,23	82,58	70,14	81,07
30/11/2018	16:47	26,36	0,51	24,14	0,52	26,69	0,52	26,82	0,52	24,79	0,53	24,72	0,83	22,10	0,51	100	77,74	83,83	68,18	80,36
30/11/2018	16:58	26,51	0,52	24,13	0,52	26,63	0,52	26,94	0,52	25,39	0,52	24,99	0,83	22,01	0,51	100	77,67	82,72	68,83	77,86
30/11/2018	17:09	26,51	0,52	24,09	0,52	26,68	0,52	26,97	0,52	24,04	0,57	24,34	0,83	20,73	0,51	100	77,50	82,45	63,87	73,30
30/11/2018	17:19	26,18	0,51	23,96	0,52	26,63	0,52	26,59	0,52	25,23	0,52	25,88	0,87	22,02	0,52	100	76,95	83,74	68,84	72,45
30/11/2018	17:30	26,73	0,52	24,11	0,52	26,57	0,52	26,56	0,52	25,31	0,52	25,56	0,85							

Data	Hora	TBS interno		TBU interno		Temp. laje		Temp. substrato		Temp. vegetação		TBS externo		TBU externo		Umid.Solo	Prop. ar interno		Prop. ar externo	
		Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Hmed (%)	h (kJ/kg)	UR (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
30/11/2018	17:51	24,26	0,51	23,10	0,51	26,27	0,52	26,80	0,52	21,32	0,62	19,49	0,51	19,08	0,51	96	73,33	90,98	57,95	96,33
30/11/2018	18:01	23,45	0,51	22,32	0,51	26,04	0,52	26,53	0,52	21,70	0,57	19,57	0,51	19,04	0,51	96	70,15	91,07	57,84	95,41
30/11/2018	18:12	23,20	0,51	22,05	0,51	25,75	0,52	26,40	0,52	21,82	0,56	19,79	0,51	19,12	0,51	98	68,06	90,85	58,10	94,18
30/11/2018	18:22	22,89	0,51	21,80	0,51	25,66	0,52	26,31	0,52	21,94	0,55	20,11	0,52	19,22	0,51	99	68,06	90,53	58,46	92,43
30/11/2018	18:33	22,91	0,51	21,71	0,51	25,39	0,52	26,20	0,52	22,25	0,53	20,26	0,53	19,17	0,51	100	67,72	90,40	58,25	90,70
30/11/2018	18:43	22,89	0,51	21,69	0,51	25,27	0,52	26,08	0,52	22,25	0,54	20,33	0,52	19,22	0,51	100	67,83	90,41	58,43	90,57
30/11/2018	18:54	22,89	0,51	21,69	0,51	25,15	0,52	25,97	0,52	22,02	0,54	20,43	0,53	19,18	0,51	100	67,85	90,42	58,22	89,32
30/11/2018	19:04	22,75	0,51	21,60	0,51	24,97	0,51	25,81	0,52	21,84	0,60	20,31	0,53	18,88	0,51	100	67,29	90,82	57,23	87,93
30/11/2018	19:15	22,56	0,51	21,48	0,51	24,85	0,51	25,74	0,52	21,85	0,54	20,73	0,52	19,07	0,51	100	66,83	91,33	57,88	86,16
30/11/2018	19:25	22,47	0,51	21,42	0,51	24,74	0,51	25,60	0,52	22,13	0,53	20,63	0,52	19,14	0,51	100	66,59	91,55	58,15	87,54
30/11/2018	19:36	22,46	0,51	21,42	0,51	24,63	0,51	25,54	0,52	22,11	0,52	20,61	0,52	19,02	0,51	100	66,59	91,58	57,73	86,78
30/11/2018	19:46	22,39	0,51	21,38	0,51	24,55	0,51	25,44	0,52	22,11	0,52	20,03	0,51	19,20	0,51	100	66,44	91,83	58,36	92,81
30/11/2018	19:57	22,19	0,51	21,29	0,51	24,47	0,51	25,35	0,52	21,56	0,53	19,94	0,51	19,15	0,51	98	66,09	92,66	58,22	93,24
30/11/2018	20:07	22,05	0,51	21,22	0,51	24,33	0,51	25,26	0,52	21,99	0,52	20,03	0,51	19,27	0,51	98	65,82	93,18	58,62	93,45
30/11/2018	20:18	22,02	0,51	21,21	0,51	24,24	0,51	25,11	0,52	21,86	0,52	19,98	0,51	19,39	0,51	98	65,77	93,30	58,68	94,03
30/11/2018	20:28	21,93	0,51	21,16	0,51	24,16	0,51	25,07	0,52	21,60	0,52	20,08	0,51	19,39	0,51	98	65,61	93,67	59,06	94,12
30/11/2018	20:39	21,78	0,51	21,06	0,51	24,05	0,51	24,95	0,52	21,32	0,53	19,73	0,51	19,10	0,51	98	65,21	94,06	58,04	94,52
30/11/2018	20:49	21,67	0,51	20,97	0,51	23,94	0,51	24,89	0,52	21,34	0,52	19,83	0,51	19,19	0,51	98	64,87	94,19	58,36	94,44
30/11/2018	21:00	21,67	0,51	20,95	0,51	23,87	0,51	24,74	0,52	21,32	0,53	19,81	0,51	19,34	0,51	98	64,79	94,06	58,89	95,93
30/11/2018	21:10	21,65	0,51	20,92	0,51	23,80	0,51	24,66	0,52	21,14	0,53	20,00	0,51	19,55	0,51	97	64,69	93,98	59,64	96,12
30/11/2018	21:21	21,67	0,51	20,95	0,51	23,77	0,51	24,55	0,52	21,06	0,52	19,92	0,51	19,60	0,51	94	64,77	94,02	59,81	97,17
30/11/2018	21:31	21,58	0,51	20,90	0,51	23,77	0,51	24,44	0,52	20,60	0,52	19,54	0,51	19,17	0,51	93	64,61	94,35	58,30	96,79
30/11/2018	21:42	21,42	0,51	20,83	0,51	23,69	0,51	24,35	0,52	20,16	0,52	19,25	0,51	18,90	0,51	92	64,35	95,10	57,34	96,87
30/11/2018	21:52	21,34	0,51	20,73	0,51	23,65	0,51	24,19	0,52	19,78	0,52	19,13	0,51	18,88	0,51	89	63,95	94,85	57,27	97,73
30/11/2018	22:03	21,32	0,51	20,67	0,51	23,62	0,51	24,08	0,52	19,98	0,52	19,15	0,51	18,93	0,51	89	63,72	94,54	57,43	97,89
30/11/2018	22:13	21,19	0,51	20,56	0,51	23,39	0,51	23,86	0,51	20,07	0,51	19,08	0,51	18,98	0,51	88	63,34	94,73	57,20	98,01
30/11/2018	22:24	21,08	0,51	20,44	0,51	23,15	0,51	23,72	0,51	20,18	0,51	19,18	0,51	18,99	0,51	89	62,88	94,60	57,32	97,43
30/11/2018	22:34	21,01	0,51	20,42	0,51	23,00	0,51	23,59	0,52	20,26	0,51	19,17	0,51	18,82	0,51	89	62,79	95,02	57,07	96,92
30/11/2018	22:45	20,96	0,51	20,35	0,51	22,90	0,51	23,42	0,52	19,82	0,51	19,23	0,51	18,96	0,51	86	62,54	94,84	57,55	97,64
30/11/2018	22:55	20,96	0,51	20,34	0,51	22,86	0,51	23,22	0,52	19,53	0,51	19,04	0,51	18,96	0,51	85	62,51	94,76	57,21	98,45
30/11/2018	23:06	20,77	0,51	20,20	0,51	22,70	0,51	22,98	0,52	19,13	0,51	19,74	0,51	18,54	0,51	85	61,96	95,17	56,11	98,28
30/11/2018	23:16	20,57	0,51	19,98	0,51	22,45	0,51	22,71	0,53	19,19	0,51	19,83	0,51	18,59	0,51	84	61,20	95,04	56,27	97,85
30/11/2018	23:27	20,42	0,51	19,90	0,51	22,22	0,51	22,53	0,52	19,21	0,51	19,81	0,51	18,40	0,51	84	60,90	95,53	55,61	98,07
30/11/2018	23:37	20,28	0,51	19,81	0,51	22,01	0,51	22,35	0,52	19,13	0,51	19,73	0,51	18,41	0,51	84	60,58	96,01	55,63	97,09
30/11/2018	23:48	20,15	0,51	19,66	0,51	21,80	0,51	22,18	0,51	19,05	0,52	19,64	0,51	18,38	0,51	84	60,04	95,83	55,48	97,48
30/11/2018	23:58	20,01	0,51	19,56	0,51	21,63	0,51	22,02	0,51	18,19	0,51	19,88	0,51	18,38	0,51	85	59,89	96,10	55,53	97,30

APÊNDICE E – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 3

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umidade Solo Hmed (%) h	Prop. ar interno h (kJ/kg) UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg) UR (%)
28/11/2018	0:20	19,72	18,99	20,53	21,40	18,97	18,78	17,68	80	57,83	54,19
28/11/2018	0:31	18,07	18,91	20,40	21,33	18,87	18,71	17,80	80	57,38	53,57
28/11/2018	0:41	18,54	18,81	20,43	21,34	18,71	18,58	17,74	80	57,02	53,37
28/11/2018	0:52	18,51	18,73	20,41	21,25	18,67	18,54	17,70	80	56,73	53,23
28/11/2018	1:03	19,46	18,72	20,34	21,22	18,71	18,51	17,67	80	56,71	53,13
28/11/2018	1:13	18,42	18,64	20,27	21,16	18,57	18,40	17,60	80	56,42	52,90
28/11/2018	1:24	18,37	18,63	20,27	21,16	18,70	18,44	17,66	80	56,39	53,12
28/11/2018	1:35	19,37	18,64	20,22	21,12	18,78	18,43	17,68	80	56,41	53,19
28/11/2018	1:45	19,34	18,61	20,21	21,07	18,83	18,28	17,64	80	56,33	53,04
28/11/2018	1:56	19,28	18,55	20,14	21,02	18,84	18,30	17,60	80	56,13	53,25
28/11/2018	2:07	19,26	18,55	20,13	20,97	18,83	18,25	17,60	80	56,13	53,78
28/11/2018	2:17	19,24	18,53	20,09	20,85	18,91	18,18	17,59	80	56,03	53,70
28/11/2018	2:28	19,25	18,50	20,06	20,90	18,99	18,10	17,52	80	55,94	52,66
28/11/2018	2:38	19,22	18,51	20,03	20,87	18,94	18,17	17,52	80	55,96	52,64
28/11/2018	2:49	18,20	18,46	19,98	20,82	18,99	18,22	17,52	80	55,82	52,67
28/11/2018	3:00	18,17	18,48	19,95	20,82	18,81	18,31	17,55	80	55,86	52,75
28/11/2018	3:10	18,16	18,48	19,92	20,79	18,81	18,31	17,54	80	55,82	52,70
28/11/2018	3:21	19,15	18,45	19,90	20,76	18,63	18,38	17,52	80	55,77	52,64
28/11/2018	3:32	18,13	18,40	19,86	20,73	18,64	18,42	17,57	80	55,59	52,80
28/11/2018	3:42	18,11	18,38	19,82	20,68	18,57	18,38	17,54	80	55,53	52,73
28/11/2018	3:53	18,12	18,38	19,81	20,62	18,66	18,61	17,72	80	55,53	53,29
28/11/2018	4:03	18,13	18,38	19,78	20,59	18,66	18,63	17,85	80	55,53	53,42
28/11/2018	4:14	18,12	18,38	19,77	20,56	18,55	18,57	17,68	80	55,53	53,16
28/11/2018	4:25	18,10	18,37	19,75	20,54	18,47	18,45	17,66	79	55,51	53,61
28/11/2018	4:35	19,07	18,38	19,74	20,52	18,57	18,51	17,71	79	55,53	53,27
28/11/2018	4:46	19,08	18,37	19,70	20,48	18,63	18,54	17,73	79	55,52	53,83
28/11/2018	4:57	19,11	18,38	19,67	20,44	18,67	18,67	17,81	79	55,53	53,59
28/11/2018	5:07	19,11	18,38	19,69	20,42	18,69	18,68	17,84	79	55,53	53,52
28/11/2018	5:18	19,07	18,38	19,64	20,41	18,64	18,65	17,87	79	55,53	53,90
28/11/2018	5:29	19,03	18,34	19,64	20,37	18,72	18,65	17,86	79	55,41	53,79
28/11/2018	5:39	19,03	18,32	19,60	20,35	18,80	18,79	17,95	79	55,32	54,10
28/11/2018	5:50	18,04	18,36	19,57	20,34	18,71	18,79	17,95	79	55,46	54,09
28/11/2018	6:00	18,03	18,36	19,56	20,28	18,73	18,79	17,84	79	55,47	54,03
28/11/2018	6:11	18,02	18,36	19,52	20,28	18,61	19,02	17,87	79	55,46	54,15
28/11/2018	6:22	18,97	18,31	19,51	20,24	18,60	18,89	17,86	79	55,31	54,18
28/11/2018	6:32	18,00	18,33	19,48	20,23	18,70	19,00	18,06	80	55,37	54,10
28/11/2018	6:43	18,12	18,36	19,50	20,18	18,94	19,23	18,24	80	55,46	53,27
28/11/2018	6:54	18,34	18,47	19,52	20,16	19,22	19,55	18,43	80	55,85	52,45
28/11/2018	7:04	19,64	18,65	19,58	20,13	18,86	20,93	19,25	80	56,44	58,11
28/11/2018	7:15	20,00	18,87	19,67	20,13	20,07	20,63	19,17	80	57,22	58,54
28/11/2018	7:25	20,40	19,14	19,81	20,16	20,23	21,20	19,35	80	59,14	58,32
28/11/2018	7:36	20,89	19,47	19,98	20,16	20,34	20,48	19,69	80	59,30	58,14
28/11/2018	7:47	20,90	19,66	20,05	20,17	20,50	20,76	19,20	80	59,62	58,36
28/11/2018	7:57	20,95	19,63	20,13	20,22	20,50	20,76	19,26	80	59,90	58,57
28/11/2018	8:08	21,12	19,74	20,20	20,24	21,17	21,86	19,85	80	60,29	58,54
28/11/2018	8:19	22,24	20,26	20,49	20,23	23,08	22,87	20,84	80	62,17	63,56
28/11/2018	8:29	22,83	20,68	20,82	20,35	20,82	21,01	19,12	80	63,76	63,15
28/11/2018	8:40	23,38	20,92	21,07	20,42	24,32	23,98	21,35	80	64,80	61,01
28/11/2018	8:51	24,56	21,60	21,54	20,48	25,72	24,20	21,57	81	67,20	67,91
28/11/2018	9:01	25,02	22,03	21,90	20,60	26,63	24,23	21,34	81	68,89	68,20
28/11/2018	9:12	25,54	22,40	22,25	20,73	27,06	24,40	21,11	81	70,38	65,30
28/11/2018	9:23	26,02	22,60	22,59	20,89	29,04	24,86	22,13	81	71,18	68,32
28/11/2018	9:33	26,53	22,96	22,91	21,07	29,74	25,29	22,13	82	72,65	74,66
28/11/2018	9:44	26,64	23,08	23,14	21,23	30,51	26,13	22,82	82	73,17	74,84
28/11/2018	9:55	26,98	23,39	23,40	21,40	31,26	26,37	22,19	82	74,45	74,82
28/11/2018	10:05	27,44	23,61	23,87	21,56	32,20	27,66	22,58	83	75,38	73,48
28/11/2018	10:16	27,85	23,99	23,97	21,75	32,18	27,22	22,69	83	77,01	72,89
28/11/2018	10:27	28,24	24,15	24,23	21,98	32,11	28,47	23,26	83	77,70	72,24
28/11/2018	10:37	28,43	24,27	24,43	22,14	32,59	28,74	23,66	84	78,20	73,83
28/11/2018					0,52					76,53	66,44

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umidade Solo Hmed (%) h (kJ/kg)	Prop. ar interno UR (%)	Prop. ar externo UR (%)
28/11/2018	10:48	28,80	24,46	24,63	22,34	31,05	28,18	22,64	84	78,07	72,12
28/11/2018	10:59	28,76	24,63	24,81	22,53	30,84	28,26	23,06	84	79,81	72,26
28/11/2018	11:10	28,86	24,77	24,94	22,70	29,75	27,86	23,06	85	80,43	72,56
28/11/2018	11:20	28,18	24,88	25,10	22,88	31,70	30,86	25,23	85	80,90	71,39
28/11/2018	11:31	29,52	25,13	25,37	23,07	31,14	31,17	24,62	85	82,03	71,03
28/11/2018	11:42	29,69	25,28	25,67	23,32	31,13	31,31	24,68	85	82,72	70,99
28/11/2018	11:52	29,90	25,23	25,75	23,54	31,51	32,13	25,16	85	82,46	69,56
28/11/2018	12:03	30,07	25,27	25,92	23,73	31,00	29,79	22,66	86	82,66	68,90
28/11/2018	12:14	29,67	25,12	25,91	23,91	30,52	29,73	22,39	85	81,98	70,16
28/11/2018	12:24	30,08	25,22	26,09	24,09	33,32	31,45	24,25	85	82,44	69,52
28/11/2018	12:35	29,92	25,16	26,21	24,30	31,14	29,96	22,77	85	82,16	69,05
28/11/2018	12:46	29,57	25,01	26,21	24,47	31,14	29,96	22,26	85	81,48	70,02
28/11/2018	12:57	29,78	25,00	26,30	24,66	34,47	31,72	24,27	85	81,43	68,82
28/11/2018	13:07	30,18	25,15	26,53	24,79	30,82	29,15	21,88	85	82,12	67,61
28/11/2018	13:18	30,00	25,05	26,60	24,98	36,43	32,49	25,14	85	81,67	68,00
28/11/2018	13:29	30,53	25,21	26,86	25,17	34,24	31,11	23,57	86	82,36	66,13
28/11/2018	13:39	30,09	25,10	26,81	25,35	31,40	29,75	22,50	86	81,80	67,78
28/11/2018	13:50	29,91	24,99	26,94	25,63	33,30	30,51	23,27	85	81,39	68,07
28/11/2018	14:01	29,83	24,92	26,97	25,67	30,77	30,03	23,20	85	81,08	68,09
28/11/2018	14:20	29,12	24,63	26,84	25,85	27,89	28,00	22,47	86	78,78	70,23
28/11/2018	14:30	28,09	24,45	26,63	25,81	30,12	28,67	23,37	87	76,04	75,04
28/11/2018	14:41	27,92	24,41	26,54	25,97	27,38	26,93	22,37	88	78,85	75,74
28/11/2018	14:52	27,26	24,39	26,40	26,03	26,41	24,01	21,96	88	78,81	79,70
28/11/2018	15:02	26,66	24,12	26,19	26,09	25,71	24,05	21,80	85	77,63	81,57
28/11/2018	15:13	26,22	23,88	26,05	26,07	25,27	23,61	21,78	85	76,49	82,76
28/11/2018	15:24	26,51	23,63	25,85	26,06	24,51	22,88	21,49	85	75,10	85,20
28/11/2018	15:34	24,84	23,26	25,64	26,05	23,12	20,90	20,09	91	69,34	91,14
28/11/2018	15:45	24,35	23,04	25,48	26,03	22,84	20,74	20,29	91	67,99	91,44
28/11/2018	15:56	23,34	22,26	25,28	25,63	20,31	19,68	19,29	91	66,89	91,41
28/11/2018	16:06	22,90	21,83	24,99	25,25	20,44	19,68	20,02	93	68,20	91,43
28/11/2018	16:17	22,98	21,87	24,82	26,06	20,82	20,09	20,09	91	68,34	91,14
28/11/2018	16:28	22,85	21,78	24,63	26,00	21,02	20,74	20,29	95	87,99	91,44
28/11/2018	16:38	22,85	21,90	24,46	24,97	21,22	20,91	20,54	96	88,46	92,34
28/11/2018	16:49	22,86	21,92	24,34	24,77	21,23	20,86	20,45	96	88,56	92,50
28/11/2018	17:00	23,00	22,00	24,20	24,71	21,51	21,52	20,76	96	88,85	91,99
28/11/2018	17:10	23,31	22,10	24,24	24,71	21,77	21,52	20,86	97	89,24	90,36
28/11/2018	17:21	23,56	22,28	24,23	24,68	21,96	21,64	20,62	97	89,96	90,94
28/11/2018	17:32	23,53	22,28	24,18	24,61	21,59	21,61	20,35	97	89,96	90,13
28/11/2018	17:42	23,23	22,15	24,09	24,58	21,37	21,70	20,34	97	89,44	91,41
28/11/2018	17:53	23,34	22,16	24,04	24,46	21,75	21,86	20,43	97	89,51	90,68
28/11/2018	18:05	23,18	21,99	23,89	24,40	21,47	22,02	20,30	97	88,82	90,56
28/11/2018	18:26	23,13	21,93	23,83	24,35	21,38	22,08	20,27	97	88,59	90,46
28/11/2018	18:36	23,16	21,92	23,79	24,31	21,53	22,10	20,38	97	88,53	90,16
28/11/2018	18:47	23,14	21,88	23,69	24,28	21,31	21,90	20,40	97	88,29	89,82
28/11/2018	18:58	23,11	21,85	23,60	24,23	21,55	22,17	20,51	97	88,26	89,98
28/11/2018	19:08	23,15	21,84	23,66	24,11	21,59	21,86	20,36	97	88,21	89,62
28/11/2018	19:19	23,00	21,83	23,58	24,14	21,45	21,62	20,10	96	88,17	89,66
28/11/2018	19:30	22,76	21,71	23,54	24,10	21,51	21,59	19,91	96	87,73	91,55
28/11/2018	19:40	22,58	21,58	23,48	24,04	21,61	21,43	19,83	95	87,20	91,93
28/11/2018	19:51	22,43	21,46	23,42	24,04	21,31	21,26	19,66	95	86,85	92,38
28/11/2018	20:01	22,25	21,37	23,33	23,98	21,26	21,13	19,51	95	86,39	92,84
28/11/2018	20:12	22,12	21,26	23,24	23,92	21,37	21,07	19,36	95	85,95	92,95
28/11/2018	20:23	22,04	21,21	23,17	23,87	21,32	21,08	19,33	95	85,79	93,19
28/11/2018	20:33	21,96	21,14	23,09	23,80	21,15	21,04	19,38	95	85,50	93,20
28/11/2018	20:44	21,90	21,05	23,03	23,82	21,03	21,13	19,26	95	85,15	92,96
28/11/2018	20:55	21,86	20,98	22,96	23,71	20,74	21,03	19,29	95	84,88	92,74
28/11/2018	21:05	21,83	20,93	22,93	23,69	20,78	21,15	19,08	95	84,71	92,61
28/11/2018	21:16	21,74	20,80	22,86	23,64	20,53	21,20	18,96	94	84,21	92,26
28/11/2018	21:27	21,68	20,72	22,82	23,59	20,67	20,96	19,04	94	83,91	92,07

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u _a Tmed	TBU interno Tmed (°C) u _a Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u _a Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u _a Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u _a Tmed	TBS externo Tmed (°C) u _a Tmed	TBU externo Tmed (°C) u _a Tmed	Umidade Solo Hmed (%) h (kJ/kg)	Prop. ar interno h (kJ/kg) UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg) UR (%)
28/11/2018	21:37	21,80	20,68	22,75	23,52	20,45	20,64	19,08	94	83,75	57,92
28/11/2018	21:48	21,50	20,58	22,70	23,46	20,52	20,90	18,85	94	83,40	57,13
28/11/2018	21:59	21,41	20,46	22,66	23,44	20,42	20,74	18,66	94	82,94	56,44
28/11/2018	22:09	21,32	20,41	22,57	23,37	20,34	20,73	18,52	94	82,80	55,98
28/11/2018	22:20	21,29	20,34	22,53	23,32	20,40	20,48	18,53	94	82,51	56,00
28/11/2018	22:31	21,20	20,27	22,46	23,29	20,33	20,41	18,63	93	82,22	56,01
28/11/2018	22:41	21,13	20,20	22,42	23,22	20,37	20,45	18,45	93	81,96	55,74
28/11/2018	22:52	21,10	20,16	22,35	23,16	20,33	20,40	18,46	93	81,80	55,76
28/11/2018	23:03	21,04	20,12	22,30	23,09	20,33	20,31	18,39	93	81,68	55,54
28/11/2018	23:13	20,88	20,08	22,26	23,06	20,22	20,32	18,27	93	81,52	55,13
28/11/2018	23:24	20,80	20,02	22,18	23,01	20,10	20,22	18,20	93	81,32	54,89
28/11/2018	23:34	20,79	20,01	22,12	22,94	20,08	20,01	18,25	93	81,03	55,06
28/11/2018	23:45	20,71	19,88	22,06	22,89	20,07	20,05	18,41	93	80,72	55,62
28/11/2018	23:56	20,68	19,81	22,03	22,87	20,07	20,14	18,27	93	80,56	55,12
30/11/2018	0:06	20,67	19,78	21,96	22,80	20,03	20,08	18,30	92	80,45	55,23
30/11/2018	0:17	20,63	19,77	21,92	22,70	20,08	20,12	18,31	92	80,41	55,26
30/11/2018	0:28	20,61	19,77	21,85	22,69	20,08	20,05	18,32	92	80,42	55,30
30/11/2018	0:38	20,61	19,77	21,83	22,63	20,07	20,13	18,30	92	80,42	55,22
30/11/2018	0:49	20,61	19,77	21,77	22,57	20,19	20,13	18,36	92	80,42	55,42
30/11/2018	1:00	20,62	19,77	21,75	22,52	20,13	19,96	18,36	92	80,39	55,43
30/11/2018	1:10	20,59	19,74	21,70	22,44	20,11	20,03	18,32	92	80,29	55,30
30/11/2018	1:21	20,53	19,72	21,62	22,42	20,12	19,94	18,34	92	80,25	55,36
30/11/2018	1:32	20,52	19,70	21,61	22,37	20,14	19,98	18,30	92	80,14	55,24
30/11/2018	1:42	20,49	19,71	21,57	22,32	20,19	19,94	18,39	92	80,21	55,55
30/11/2018	1:53	20,47	19,71	21,53	22,27	20,19	19,90	18,32	92	80,19	55,30
30/11/2018	2:03	20,42	19,68	21,48	22,23	20,19	19,98	18,25	92	80,10	55,20
30/11/2018	2:14	20,41	19,68	21,45	22,21	20,06	20,07	18,25	92	80,11	55,06
30/11/2018	2:25	20,40	19,68	21,42	22,18	20,09	20,11	18,26	92	80,11	55,10
30/11/2018	2:35	20,37	19,68	21,37	22,14	20,08	19,98	18,32	92	80,11	55,29
30/11/2018	2:46	20,32	19,67	21,34	22,07	19,97	20,09	18,28	92	80,06	55,15
30/11/2018	2:57	20,31	19,60	21,28	22,02	19,88	20,17	18,25	92	79,79	55,06
30/11/2018	3:07	20,37	19,61	21,27	21,99	19,91	20,15	18,38	92	79,82	55,48
30/11/2018	3:18	20,34	19,59	21,22	21,95	19,99	20,06	18,38	92	79,78	55,52
30/11/2018	3:29	20,30	19,59	21,19	21,91	19,94	20,03	18,35	92	79,77	55,41
30/11/2018	3:39	20,28	19,57	21,16	21,82	19,95	19,89	18,35	92	79,71	55,41
30/11/2018	3:50	20,26	19,57	21,11	21,81	19,98	19,88	18,45	92	79,69	55,73
30/11/2018	4:00	20,20	19,53	21,07	21,79	19,98	19,85	18,36	92	79,55	55,44
30/11/2018	4:11	20,18	19,52	21,04	21,77	19,94	19,87	18,44	92	79,51	55,71
30/11/2018	4:22	20,13	19,51	21,00	21,69	19,80	19,74	18,37	91	79,48	55,47
30/11/2018	4:32	20,07	19,42	20,97	21,70	19,59	19,91	18,38	91	79,17	55,49
30/11/2018	4:43	20,00	19,37	20,93	21,61	19,67	19,85	18,39	91	79,09	55,54
30/11/2018	4:54	19,97	19,34	20,87	21,60	19,75	19,85	18,40	91	78,88	55,57
30/11/2018	5:04	19,95	19,34	20,83	21,56	19,73	19,86	18,41	91	78,88	55,61
30/11/2018	5:15	19,96	19,34	20,80	21,54	19,60	19,86	18,47	91	78,86	55,83
30/11/2018	5:26	19,95	19,33	20,79	21,49	19,67	19,77	18,51	91	78,85	56,04
30/11/2018	5:36	19,85	19,34	20,76	21,44	19,78	19,85	18,54	91	78,86	56,79
30/11/2018	5:47	19,85	19,36	20,71	21,39	19,78	19,71	18,60	91	78,85	56,26
30/11/2018	5:58	19,85	19,34	20,70	21,35	19,73	19,75	18,62	91	78,86	56,33
30/11/2018	6:08	19,85	19,34	20,69	21,33	19,71	19,79	18,55	91	78,86	56,09
30/11/2018	6:19	19,84	19,34	20,67	21,32	19,75	19,80	18,60	91	78,87	56,27
30/11/2018	6:29	19,94	19,34	20,65	21,28	19,73	19,84	18,61	91	78,86	56,36
30/11/2018	6:40	19,97	19,40	20,62	21,23	19,80	19,84	18,75	91	79,09	56,79
30/11/2018	6:51	19,41	19,41	20,63	21,24	19,90	20,20	19,01	90	79,14	57,68
30/11/2018	7:01	20,10	19,43	20,60	21,18	19,94	20,26	18,92	91	79,18	57,39
30/11/2018	7:12	20,20	19,51	20,60	21,17	20,16	20,30	19,11	90	79,47	58,05
30/11/2018	7:23	20,32	19,61	20,63	21,12	20,23	20,43	19,09	91	79,82	57,97
30/11/2018	7:33	20,46	19,68	20,64	21,14	20,51	20,57	19,22	90	80,10	58,42
30/11/2018	7:44	20,64	19,81	20,70	21,10	20,75	20,85	19,46	90	80,57	59,27
30/11/2018	7:55	20,92	19,95	20,74	21,11	21,09	21,41	19,52	90	81,06	60,56

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umid.Solo Hmed (%) h	Prop. ar interno UR (%) h	Prop. ar externo UR (%) h
30/11/2018	8:05	21,37	20,26	20,85	21,07	21,67	21,43	19,08	90	62,19	81,10
30/11/2018	8:16	21,54	20,44	20,91	21,10	21,53	21,75	20,08	90	62,96	81,50
30/11/2018	8:26	21,89	20,56	21,01	21,12	21,90	21,81	20,20	90	63,31	81,96
30/11/2018	8:37	21,99	20,78	21,09	21,15	22,51	22,50	20,58	91	64,14	83,35
30/11/2018	8:48	22,46	21,04	21,25	21,19	22,90	23,06	21,01	90	65,11	84,70
30/11/2018	8:58	23,23	21,63	21,49	21,19	24,56	24,57	22,10	91	66,97	86,90
30/11/2018	9:08	24,67	22,31	21,87	21,25	26,29	25,20	22,66	91	70,05	81,35
30/11/2018	9:20	26,52	22,97	22,46	21,38	25,87	25,34	22,00	91	72,72	71,45
30/11/2018	9:30	26,24	23,34	22,62	21,52	27,21	26,51	23,39	91	74,28	81,17
30/11/2018	9:41	26,93	23,96	23,34	21,68	28,11	26,89	23,52	92	76,93	78,78
30/11/2018	9:52	27,52	24,46	23,74	21,87	28,71	27,80	24,06	92	78,90	75,03
30/11/2018	10:02	27,78	24,86	24,04	21,97	28,57	27,90	24,20	92	78,12	73,65
30/11/2018	10:13	28,06	25,20	24,31	22,21	28,87	28,40	24,44	93	80,86	77,92
30/11/2018	10:24	28,33	25,47	24,54	22,43	28,47	28,75	24,37	93	82,41	77,62
30/11/2018	10:35	28,37	25,67	24,66	22,54	27,85	28,48	23,48	93	83,96	78,07
30/11/2018	10:45	28,41	25,72	24,78	22,72	27,72	28,58	24,42	93	84,16	78,68
30/11/2018	10:56	28,54	25,42	24,93	22,95	27,49	28,74	24,12	94	83,08	78,82
30/11/2018	11:07	28,76	25,63	25,07	23,13	27,26	29,47	24,07	94	83,45	77,51
30/11/2018	11:17	28,80	25,82	25,21	23,30	27,24	30,03	24,06	94	83,93	77,90
30/11/2018	11:28	28,77	25,70	25,32	23,48	27,15	31,03	24,84	94	84,34	77,29
30/11/2018	11:39	28,99	25,80	25,48	23,67	27,23	31,86	25,24	94	84,75	77,24
30/11/2018	11:53	29,03	25,71	25,61	23,94	26,65	30,36	25,67	94	85,17	78,23
30/11/2018	12:03	28,98	25,64	25,71	24,10	26,69	30,82	23,41	94	84,75	77,41
30/11/2018	12:14	26,09	25,66	25,62	24,28	26,69	30,82	23,41	94	84,45	77,43
30/11/2018	12:25	26,38	25,67	25,87	24,48	27,25	30,84	23,64	94	84,06	76,11
30/11/2018	12:35	26,18	25,33	26,07	24,61	26,91	31,27	23,96	94	83,94	75,98
30/11/2018	12:46	28,90	25,17	26,09	24,82	27,48	30,24	22,67	94	82,98	74,17
30/11/2018	12:57	28,81	25,08	26,14	24,93	27,02	29,85	22,43	94	82,26	70,90
30/11/2018	13:08	28,85	25,01	26,20	25,02	27,02	30,39	22,54	94	81,73	70,33
30/11/2018	13:18	29,13	25,06	26,27	25,23	26,76	30,39	22,54	94	81,73	70,33
30/11/2018	13:29	28,61	24,87	26,36	25,35	26,79	31,36	21,83	94	81,53	74,08
30/11/2018	13:40	28,68	24,77	26,37	25,46	26,41	31,57	21,43	94	81,75	72,81
30/11/2018	13:50	28,36	24,93	26,59	25,57	26,94	31,27	22,05	94	80,97	68,81
30/11/2018	14:01	29,77	25,03	26,80	25,70	28,29	31,12	23,36	94	80,44	73,70
30/11/2018	14:12	29,09	24,84	26,83	25,90	28,28	30,45	22,68	93	81,13	70,68
30/11/2018	14:22	28,80	24,72	26,82	25,92	26,50	30,45	21,83	93	81,58	69,10
30/11/2018	14:33	28,16	24,52	26,71	26,01	24,87	29,24	21,17	93	80,75	71,65
30/11/2018	14:44	27,89	24,34	26,63	26,08	25,60	28,85	20,85	93	80,22	65,35
30/11/2018	14:54	27,86	24,15	26,68	26,09	26,04	28,82	20,85	93	78,53	50,08
30/11/2018	15:05	28,68	24,24	26,71	26,16	26,04	28,82	21,31	93	77,70	65,07
30/11/2018	15:16	26,53	24,68	26,66	26,23	27,50	29,90	22,63	93	74,42	89,03
30/11/2018	15:26	26,57	24,84	26,78	26,27	26,31	31,66	24,30	93	78,08	70,30
30/11/2018	15:37	26,58	25,02	27,28	26,32	24,48	29,05	23,69	93	76,97	68,28
30/11/2018	15:48	29,16	25,05	27,26	26,42	25,04	29,05	23,69	93	80,71	68,99
30/11/2018	15:59	27,78	24,77	26,82	26,50	23,30	27,64	22,64	93	81,52	75,67
30/11/2018	16:09	26,29	24,71	26,59	26,49	24,82	26,65	21,25	93	81,99	72,54
30/11/2018	16:20	26,69	24,36	26,43	26,43	24,82	25,19	22,28	97	80,48	65,90
30/11/2018	16:31	26,69	24,32	26,34	26,36	24,48	25,21	22,68	99	77,96	69,90
30/11/2018	16:41	26,52	24,20	26,28	26,41	23,45	24,82	22,04	100	78,87	83,10
30/11/2018	16:52	26,35	24,10	26,23	26,36	24,37	25,47	22,60	100	78,52	72,81
30/11/2018	17:03	26,54	24,10	26,22	26,35	24,15	25,47	22,18	100	78,87	83,10
30/11/2018	17:13	26,45	23,76	26,15	26,32	22,81	24,77	22,18	100	78,52	82,88
30/11/2018	17:24	26,45	23,63	26,13	26,29	23,64	25,27	22,14	100	77,96	83,09
30/11/2018	17:35	26,61	23,88	26,19	26,27	23,78	24,68	22,03	100	76,72	79,01
30/11/2018	17:45	26,44	23,49	26,08	26,28	21,86	24,68	19,47	100	75,21	69,36
30/11/2018	17:56	23,70	21,87	25,60	26,23	21,04	20,81	19,14	97	74,93	85,41
30/11/2018	18:07	23,07	21,87	25,36	26,14	20,86	20,10	19,29	99	70,81	90,07
30/11/2018	18:17	22,79	21,61	25,19	26,03	20,59	20,33	19,30	99	68,36	90,49
30/11/2018	18:28	22,84	21,61	25,07	26,00	20,48	20,33	19,36	100	67,30	90,51
30/11/2018	18:38	22,84	21,61	25,07	26,00	20,48	20,33	19,36	100	67,30	90,51

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umid.Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h (kJ/kg) UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg) UR (%)
30/11/2018	18:36	22,81	21,60	24,93	25,85	21,07	20,65	19,27	100	67,26	58,61
30/11/2018	18:49	22,83	21,59	24,82	25,74	21,08	20,81	19,45	100	67,24	58,66
30/11/2018	19:00	22,75	21,54	24,69	25,59	20,71	20,65	19,18	100	67,04	58,29
30/11/2018	19:11	22,65	21,44	24,61	25,54	20,79	20,96	19,37	99	66,87	58,05
30/11/2018	19:21	22,83	21,47	24,54	25,44	21,20	20,88	19,54	99	66,78	58,56
30/11/2018	19:32	22,64	21,50	24,47	25,33	21,31	21,05	19,33	99	66,89	58,81
30/11/2018	19:42	22,64	21,51	24,37	25,27	21,64	20,58	19,75	99	66,95	58,81
30/11/2018	19:53	22,49	21,52	24,32	25,19	21,26	19,95	19,24	98	66,97	58,50
30/11/2018	20:04	22,28	21,40	24,20	25,11	21,51	20,02	19,44	98	66,49	59,24
30/11/2018	20:14	22,21	21,36	24,10	24,99	21,65	19,93	19,33	99	66,37	58,86
30/11/2018	20:25	22,12	21,34	24,02	24,93	21,52	20,20	19,59	99	66,29	59,77
30/11/2018	20:36	22,02	21,26	23,94	24,84	21,32	19,92	19,38	99	65,96	58,95
30/11/2018	20:46	21,87	21,16	23,82	24,77	21,23	19,93	19,38	99	65,81	58,95
30/11/2018	20:57	21,84	21,08	23,73	24,68	21,26	20,05	19,62	99	65,29	59,00
30/11/2018	21:08	21,83	21,08	23,69	24,60	21,26	20,09	19,72	98	65,29	60,28
30/11/2018	21:18	21,80	21,09	23,65	24,55	21,21	20,17	19,80	97	65,32	60,90
30/11/2018	21:29	21,79	21,09	23,66	24,50	20,94	19,78	19,55	96	65,32	59,65
30/11/2018	21:40	21,68	21,00	23,61	24,47	20,56	19,45	19,18	95	64,97	58,33
30/11/2018	21:50	21,65	20,91	23,50	24,34	20,19	19,35	19,17	92	64,62	58,29
30/11/2018	22:01	21,50	20,83	23,50	24,24	20,07	19,38	19,20	93	64,33	58,40
30/11/2018	22:12	21,33	20,73	23,35	24,12	19,93	19,26	19,06	93	63,97	57,89
30/11/2018	22:22	21,24	20,63	23,25	24,00	20,00	19,41	19,23	93	63,57	58,50
30/11/2018	22:33	21,24	20,61	23,18	23,88	20,06	19,37	19,17	93	63,52	58,29
30/11/2018	22:44	21,23	20,58	23,04	23,78	19,98	19,43	19,25	90	63,40	58,57
30/11/2018	22:54	21,23	20,62	23,03	23,63	19,72	19,31	19,19	88	63,54	58,35
30/11/2018	23:05	21,07	20,47	22,88	23,38	19,42	18,95	18,83	87	63,00	57,11
30/11/2018	23:15	20,82	20,28	22,68	23,11	19,17	19,01	18,88	86	62,27	57,28
30/11/2018	23:26	20,78	20,21	22,60	22,91	19,23	18,87	18,71	88	62,02	56,69
30/11/2018	23:37	20,70	20,12	22,36	22,77	19,21	18,94	18,74	88	61,71	56,78
30/11/2018	23:47	20,52	19,96	22,14	22,69	19,11	18,89	18,69	88	61,10	56,60
30/11/2018	23:58	20,50	19,93	22,03	22,54	19,16	18,88	18,70	89	60,99	56,65

APÊNDICE F – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 4

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C) u_Tmed	TBU interno Tmed (°C) u_Tmed	Temp. laje Tmed (°C) u_Tmed	Temp. substrato Tmed (°C) u_Tmed	Temp. vegetação Tmed (°C) u_Tmed	TBS externo Tmed (°C) u_Tmed	TBU externo Tmed (°C) u_Tmed	Umidade Solo Hmed (%)	Prop. ar interno h (kJ/kg) UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg) UR (%)
26/11/2018	0:22	20,22 0,51	19,47 0,51	21,38 0,51	22,00 0,51	19,20 0,52	18,52 0,53	17,72 0,52	93	59,35 93,62	59,35 92,84
26/11/2018	0:33	20,15 0,51	19,39 0,51	21,36 0,51	21,99 0,51	18,98 0,52	18,39 0,53	17,48 0,52	93	59,06 93,45	52,53 91,93
26/11/2018	0:45	20,03 0,51	19,23 0,51	21,28 0,51	21,94 0,51	18,74 0,53	18,42 0,53	17,48 0,53	93	58,47 93,06	52,50 91,55
26/11/2018	0:56	19,95 0,51	19,14 0,51	21,24 0,51	21,91 0,51	18,60 0,52	18,32 0,53	17,40 0,54	92	58,16 92,97	52,24 91,71
26/11/2018	1:08	19,85 0,51	19,13 0,51	21,20 0,51	21,84 0,51	19,02 0,52	18,23 0,53	17,40 0,52	92	58,13 92,97	52,26 92,66
26/11/2018	1:19	19,80 0,51	19,13 0,51	21,12 0,51	21,81 0,51	19,06 0,51	18,35 0,54	17,48 0,52	92	58,11 93,32	52,51 92,17
26/11/2018	1:31	19,80 0,51	19,10 0,51	21,12 0,51	21,81 0,51	19,27 0,51	18,32 0,53	17,67 0,52	92	58,04 93,13	52,83 93,35
26/11/2018	1:42	19,99 0,51	19,10 0,51	21,05 0,51	21,79 0,51	19,15 0,52	18,17 0,53	17,60 0,52	92	58,04 93,18	52,58 93,94
26/11/2018	1:54	19,96 0,51	19,04 0,51	21,03 0,51	21,74 0,51	19,18 0,51	18,09 0,53	17,48 0,52	92	57,82 92,63	52,51 94,40
26/11/2018	2:05	19,82 0,51	19,04 0,51	21,01 0,51	21,70 0,51	19,15 0,51	18,03 0,53	17,43 0,52	92	57,82 93,27	52,37 94,60
26/11/2018	2:16	19,79 0,51	19,03 0,51	20,98 0,51	21,67 0,51	19,17 0,51	18,04 0,53	17,43 0,52	92	57,79 93,49	52,37 94,50
26/11/2018	2:28	19,78 0,51	19,00 0,51	20,96 0,51	21,67 0,51	19,18 0,51	17,98 0,53	17,35 0,52	92	57,68 93,30	52,09 94,25
26/11/2018	2:39	19,75 0,51	18,97 0,51	20,93 0,51	21,60 0,51	19,18 0,51	18,05 0,53	17,36 0,52	92	57,66 93,27	52,13 93,74
26/11/2018	2:51	19,72 0,51	18,96 0,51	20,88 0,51	21,60 0,51	19,28 0,51	18,08 0,53	17,43 0,52	92	57,53 93,41	52,34 94,06
26/11/2018	3:02	19,72 0,51	18,95 0,51	20,85 0,51	21,54 0,51	19,06 0,52	18,10 0,53	17,36 0,52	92	57,52 93,38	52,14 93,34
26/11/2018	3:14	19,72 0,51	18,95 0,51	20,81 0,51	21,52 0,51	19,02 0,52	18,11 0,53	17,36 0,52	92	57,52 93,38	52,13 93,21
26/11/2018	3:25	19,69 0,51	18,95 0,51	20,79 0,51	21,49 0,51	18,99 0,52	18,14 0,53	17,36 0,52	92	57,52 93,62	52,13 92,96
26/11/2018	3:37	19,65 0,51	18,88 0,51	20,73 0,51	21,45 0,51	18,90 0,51	18,18 0,53	17,43 0,52	92	57,24 93,26	52,34 93,25
26/11/2018	3:48	19,61 0,51	18,87 0,51	20,73 0,51	21,46 0,51	18,98 0,51	18,29 0,53	17,53 0,52	92	57,21 93,58	52,67 93,14
26/11/2018	4:00	19,64 0,51	18,87 0,51	20,72 0,51	21,39 0,51	19,00 0,51	18,30 0,53	17,55 0,52	92	57,21 93,29	52,76 93,29
26/11/2018	4:11	19,62 0,51	18,87 0,51	20,67 0,51	21,37 0,51	18,75 0,52	18,29 0,53	17,60 0,51	92	57,21 93,43	52,60 92,96
26/11/2018	4:22	19,60 0,51	18,83 0,51	20,64 0,51	21,32 0,51	18,59 0,52	18,27 0,53	17,60 0,51	92	57,09 93,33	52,57 93,08
26/11/2018	4:34	19,55 0,51	18,78 0,51	20,65 0,51	21,32 0,51	18,67 0,52	18,33 0,53	17,63 0,52	92	56,91 93,27	52,69 92,89
26/11/2018	4:45	19,57 0,51	18,78 0,51	20,62 0,51	21,28 0,51	18,93 0,51	18,33 0,53	17,57 0,52	91	56,91 93,15	52,83 93,22
26/11/2018	4:57	19,59 0,51	18,78 0,51	20,59 0,51	21,22 0,51	18,94 0,51	18,40 0,53	17,62 0,52	91	56,91 92,93	52,97 93,03
26/11/2018	5:08	19,58 0,51	18,79 0,51	20,58 0,51	21,20 0,51	18,83 0,52	18,48 0,53	17,64 0,51	91	56,95 93,16	53,04 92,84
26/11/2018	5:20	19,56 0,51	18,79 0,51	20,55 0,51	21,19 0,51	18,72 0,51	18,32 0,53	17,63 0,52	91	56,95 93,36	53,02 92,83
26/11/2018	5:31	19,51 0,51	18,78 0,51	20,51 0,51	21,17 0,51	18,77 0,51	18,59 0,53	17,70 0,52	91	56,91 93,61	53,25 92,12
26/11/2018	5:43	19,51 0,51	18,78 0,51	20,49 0,51	21,12 0,51	18,86 0,51	18,69 0,53	17,77 0,52	91	56,91 93,61	53,49 91,86
26/11/2018	5:54	19,52 0,51	18,79 0,51	20,47 0,51	21,09 0,51	18,76 0,51	18,59 0,53	17,77 0,52	91	56,96 93,68	53,48 92,70
26/11/2018	6:06	19,51 0,51	18,78 0,51	20,46 0,51	21,08 0,51	18,48 0,51	18,68 0,54	17,73 0,51	91	56,93 93,65	53,34 91,60
26/11/2018	6:17	19,48 0,51	18,76 0,51	20,41 0,51	21,06 0,51	18,53 0,52	18,68 0,53	17,72 0,52	91	56,85 93,71	53,30 92,34
26/11/2018	6:28	19,46 0,51	18,75 0,51	20,40 0,51	21,02 0,51	18,56 0,52	18,77 0,53	17,82 0,51	91	56,80 93,82	53,65 91,60
26/11/2018	6:40	19,54 0,51	18,83 0,51	20,39 0,51	21,01 0,51	19,07 0,51	19,04 0,53	18,00 0,51	91	57,08 93,93	54,25 90,92
26/11/2018	6:51	19,70 0,51	18,88 0,51	20,41 0,51	21,01 0,51	19,46 0,51	19,22 0,53	18,11 0,51	91	57,27 92,97	54,59 90,31
26/11/2018	7:03	19,92 0,51	19,04 0,51	20,46 0,52	20,95 0,51	19,89 0,51	19,93 0,52	18,53 0,51	91	57,82 92,45	56,02 98,05
26/11/2018	7:14	20,25 0,51	19,22 0,51	20,57 0,51	20,92 0,51	20,51 0,51	20,16 0,53	18,73 0,51	91	58,43 91,20	56,72 87,89
26/11/2018	7:26	20,50 0,51	19,39 0,51	20,65 0,51	20,93 0,51	20,93 0,52	20,91 0,55	18,98 0,51	91	59,04 90,60	57,56 84,09
26/11/2018	7:37	20,70 0,51	19,55 0,51	20,76 0,51	20,95 0,51	20,94 0,51	20,15 0,53	18,97 0,51	91	59,62 90,37	56,49 87,48
26/11/2018	7:49	20,87 0,51	19,65 0,51	20,87 0,51	20,97 0,51	20,94 0,51	20,19 0,53	18,70 0,51	91	59,98 89,80	56,61 87,42
26/11/2018	8:00	20,96 0,51	19,74 0,51	20,94 0,51	20,93 0,51	21,22 0,52	20,42 0,53	18,87 0,51	91	60,28 88,78	57,20 87,03
26/11/2018	8:12	21,31 0,51	19,91 0,51	21,06 0,51	20,94 0,51	22,20 0,55	21,30 0,57	19,13 0,51	91	60,91 88,48	58,07 82,35
26/11/2018	8:23	22,31 0,51	20,44 0,51	21,40 0,51	20,96 0,51	23,30 0,61	21,33 0,63	19,17 0,51	91	62,82 85,02	58,23 83,17
26/11/2018	8:35	22,22 0,51	20,48 0,51	21,62 0,51	21,02 0,51	26,50 0,88	23,37 0,87	20,12 0,51	91	93,00 80,05	91,60 75,26
26/11/2018	8:46	23,82 0,51	21,19 0,51	22,04 0,51	21,10 0,51	28,52 1,04	24,09 0,85	20,62 0,51	92	95,63 81,25	93,45 74,12
26/11/2018	8:57	24,45 0,51	21,76 0,51	22,53 0,51	21,22 0,51	30,73 1,27	24,35 0,83	20,85 0,51	92	97,87 79,78	94,29 74,02
26/11/2018	9:08	24,99 0,51	22,15 0,51	22,98 0,51	21,34 0,51	32,38 1,35	24,50 0,69	20,91 0,52	92	98,40 78,97	94,53 73,50
26/11/2018	9:20	25,17 0,51	22,24 0,51	23,27 0,51	21,45 0,51	34,51 1,44	25,82 0,57	21,74 0,52	92	98,74 78,41	97,70 70,66
26/11/2018	9:32	25,75 0,51	22,57 0,51	23,60 0,51	21,59 0,51	35,48 1,41	25,38 0,54	21,53 0,52	92	71,07 78,93	86,92 72,23
26/11/2018	9:43	25,99 0,51	22,64 0,51	23,82 0,51	21,72 0,51	36,30 1,30	25,56 0,57	21,45 0,53	92	71,36 76,56	86,58 70,45
26/11/2018	9:55	26,24 0,52	22,64 0,51	24,08 0,51	21,82 0,51	37,49 1,14	25,73 0,54	21,44 0,54	92	72,59 76,36	86,56 69,68
26/11/2018	10:06	26,61 0,52	23,12 0,51	24,34 0,51	21,91 0,51	39,05 1,12	27,71 0,59	22,26 0,53	92	73,33 75,26	89,73 63,58
26/11/2018	10:18	27,06 0,52	23,42 0,52	24,62 0,51	22,03 0,51	37,64 0,65	26,64 0,59	21,15 0,55	93	74,57 74,48	85,40 62,56
26/11/2018	10:29	27,24 0,52	23,49 0,51	24,81 0,51	22,15 0,52	40,11 0,61	28,57 0,61	22,65 0,54	93	74,86 73,87	71,28 61,37
26/11/2018	10:41	27,61 0,52	23,75 0,51	25,04 0,51	22,27 0,52	38,67 0,59	28,17 0,60	22,20 0,55	93	75,95 73,35	69,46 60,81
26/11/2018	10:52	27,99 0,52	23,83 0,51	25,22 0,51	22,37 0,52	39,21 0,85	28,93 0,60	22,74 0,54	93	76,34 73,40	71,62 60,11
26/11/2018	11:04	27,98 0,52	24,05 0,52	25,42 0,51	22,50 0,52	37,24 0,83	28,59 0,62	22,26 0,58	93	77,27 73,11	69,71 59,06
26/11/2018	11:15	27,88 0,52	24,01 0,51	25,48 0,52	22,62 0,52	37,18 0,60	28,58 0,62	22,78 0,59	93	77,08 73,39	71,77 57,17
26/11/2018	11:27	28,43 0,52	24,32 0,52	25,71 0,52	22,73 0,52	34,26 0,63	28,96 0,62	22,13 0,56	93	78,45 72,22	69,17 56,59

Data	Hora	TBS interno	TBU interno	Temp. laje	Temp. substrato	Temp. vegetação	TBS externo	TBU externo	Unid. Solo	Prop. ar interno	Prop. ar externo			
		Tmed (°C)	u_Tmed (°C)	Tmed (°C)	u_Tmed (°C)	Tmed (°C)	u_Tmed (°C)	Tmed (°C)	u_Tmed (°C)	Hmed (%)	h (kJ/Kg)	UR (%)	h (kJ/Kg)	UR (%)
26/11/2018	11:38	28,61	24,41	25,90	22,89	33,49	30,37	22,92	0,62	93	78,84	71,74	72,32	54,31
26/11/2018	11:50	28,89	24,46	26,12	23,04	34,52	30,26	23,14	0,58	93	79,05	70,47	73,26	55,99
26/11/2018	12:01	28,18	24,60	26,26	23,12	34,88	30,11	22,74	0,57	93	79,65	69,69	71,61	54,53
26/11/2018	12:13	28,69	24,52	26,26	23,29	34,88	28,76	22,74	0,59	93	78,42	70,73	64,62	51,63
26/11/2018	12:24	28,93	24,38	26,35	23,38	35,02	31,62	22,89	0,66	92	78,69	69,78	73,38	50,27
26/11/2018	12:36	28,81	24,31	26,44	23,46	35,02	32,29	22,92	0,58	93	78,37	69,68	67,02	51,10
26/11/2018	12:47	28,52	24,14	26,42	23,60	35,02	29,64	22,92	0,83	92	77,62	70,54	66,29	49,62
26/11/2018	12:59	28,80	24,14	26,51	23,70	37,22	32,22	23,60	0,60	92	77,63	69,00	74,76	49,46
26/11/2018	13:10	28,70	24,10	26,52	23,81	37,66	29,82	23,69	0,60	92	77,44	69,29	67,38	50,32
26/11/2018	13:22	29,00	24,20	26,68	23,92	37,80	31,60	22,86	0,60	90	77,87	68,29	71,21	47,80
26/11/2018	13:33	29,03	24,18	26,82	24,05	33,82	29,65	22,16	0,58	92	77,78	67,99	66,70	50,14
26/11/2018	13:45	28,71	23,98	26,82	24,15	32,74	28,98	21,11	0,57	92	76,91	68,54	65,15	50,92
26/11/2018	13:57	28,72	23,97	26,85	24,24	32,68	28,98	20,81	0,57	92	76,87	68,42	63,99	49,10
26/11/2018	14:08	28,48	23,84	26,84	24,35	31,81	29,03	21,74	0,51	92	76,32	68,95	67,60	52,33
26/11/2018	14:20	28,15	23,74	26,78	24,41	29,51	28,12	22,13	0,51	92	75,91	70,20	69,28	71,76
26/11/2018	14:31	27,58	23,70	26,82	24,48	37,26	27,06	22,97	0,53	92	75,75	73,20	72,67	71,56
26/11/2018	14:43	27,47	23,70	26,58	24,48	37,98	25,61	21,52	0,51	92	75,77	73,85	69,06	76,14
26/11/2018	14:54	26,78	23,76	26,39	24,61	37,04	23,70	21,38	0,52	92	76,99	74,49	66,29	81,87
26/11/2018	15:05	26,11	23,68	26,14	24,56	35,84	23,86	21,65	0,52	92	75,29	81,55	87,44	83,01
26/11/2018	15:17	25,55	23,31	25,92	24,60	34,57	23,14	21,43	0,52	92	74,16	83,35	86,60	86,52
26/11/2018	15:28	24,96	23,02	25,68	24,63	32,79	22,56	21,56	0,54	92	73,95	85,34	87,15	92,31
26/11/2018	15:40	24,27	22,68	25,40	24,63	22,59	22,62	21,35	0,53	93	71,58	87,72	86,35	97,77
26/11/2018	15:51	23,72	22,32	25,72	24,62	19,74	19,66	18,61	0,51	95	70,14	89,10	96,35	96,65
26/11/2018	16:03	22,87	21,64	25,79	24,64	19,98	19,51	18,45	0,53	96	67,44	90,19	99,50	99,50
26/11/2018	16:14	22,81	21,62	25,33	24,66	20,41	19,47	18,66	0,53	97	67,37	90,49	98,56	100,00
26/11/2018	16:26	22,63	21,51	25,10	24,59	20,54	19,31	18,66	0,52	98	66,98	91,05	96,97	97,22
26/11/2018	16:37	22,71	21,58	24,87	24,55	21,04	20,31	18,66	0,53	98	67,20	90,91	92,16	98,37
26/11/2018	16:49	22,69	21,51	24,72	24,50	21,15	20,40	18,66	0,53	99	67,41	91,46	91,86	97,82
26/11/2018	17:00	22,85	21,76	24,57	24,43	21,99	20,85	18,66	0,52	99	67,89	91,24	93,29	97,46
26/11/2018	17:12	23,21	21,64	24,55	24,42	22,23	20,81	18,66	0,52	99	68,80	98,88	93,19	96,68
26/11/2018	17:23	23,33	21,51	24,55	24,34	22,37	20,61	18,66	0,52	99	69,02	92,39	94,96	96,68
26/11/2018	17:35	23,29	21,51	24,49	24,31	22,31	20,59	17,74	0,51	99	69,36	90,79	90,76	93,86
26/11/2018	17:46	23,06	21,51	24,41	24,27	21,73	20,51	18,66	0,52	99	68,12	92,01	91,47	92,81
26/11/2018	17:58	23,17	21,51	24,35	24,25	22,12	21,04	18,66	0,52	99	69,29	91,50	92,54	94,18
26/11/2018	18:15	23,15	21,51	24,25	24,18	21,82	21,00	17,74	0,52	99	69,29	91,50	92,54	94,18
26/11/2018	18:26	23,07	21,51	24,18	24,19	21,82	21,09	17,74	0,51	100	69,29	92,29	90,77	98,86
26/11/2018	18:38	23,14	21,51	24,10	24,12	21,88	21,26	18,66	0,52	99	69,29	91,77	91,54	90,27
26/11/2018	18:49	23,08	21,51	24,09	24,07	22,02	20,99	18,66	0,52	99	68,99	91,65	91,33	94,94
26/11/2018	19:01	23,08	21,51	24,00	24,08	21,80	21,26	18,66	0,52	99	68,99	91,54	91,26	98,99
26/11/2018	19:12	23,07	21,51	23,98	24,02	21,05	21,05	18,66	0,51	99	68,94	91,62	90,05	98,60
26/11/2018	19:24	22,86	21,51	23,89	23,99	20,94	20,98	17,74	0,52	99	68,58	92,47	98,98	98,91
26/11/2018	19:35	22,65	21,76	23,79	23,91	21,06	20,72	18,66	0,52	99	67,87	92,71	98,66	97,96
26/11/2018	19:47	22,45	21,58	23,69	23,92	20,37	20,33	18,66	0,52	99	67,21	92,81	98,28	90,23
26/11/2018	19:58	22,25	21,47	23,59	23,94	20,22	20,44	18,66	0,52	99	66,79	93,64	97,68	97,68
26/11/2018	20:10	22,10	21,29	23,48	23,84	20,53	20,34	18,66	0,52	99	66,11	93,39	97,46	98,24
26/11/2018	20:21	21,99	21,20	23,40	23,81	20,77	20,51	18,66	0,52	99	65,75	93,50	97,38	98,72
26/11/2018	20:33	21,95	21,14	23,31	23,78	20,55	20,25	18,66	0,51	99	65,52	93,33	97,10	98,12
26/11/2018	20:44	21,90	21,06	23,28	23,76	20,43	20,43	18,66	0,51	99	65,22	93,08	96,94	98,32
26/11/2018	20:55	21,89	21,02	23,22	23,70	20,05	20,66	18,66	0,51	99	65,06	92,83	97,07	94,89
26/11/2018	21:07	21,85	20,97	23,15	23,69	20,12	20,38	18,66	0,51	98	64,85	92,72	96,46	95,57
26/11/2018	21:18	21,79	20,88	23,10	23,63	20,00	20,38	18,66	0,51	98	64,51	92,50	96,15	94,87
26/11/2018	21:30	21,72	20,79	23,03	23,59	20,02	20,44	18,66	0,52	98	64,18	92,30	96,32	94,84
26/11/2018	21:41	21,64	20,70	22,98	23,55	19,91	19,98	18,66	0,52	98	63,85	92,28	96,25	98,20
26/11/2018	21:53	21,52	20,62	22,93	23,52	19,58	20,36	18,66	0,51	98	63,52	92,50	95,19	92,74
26/11/2018	22:04	21,47	20,56	22,82	23,49	19,57	20,36	18,66	0,51	98	63,26	92,35	94,61	92,38
26/11/2018	22:16	21,40	20,45	22,79	23,45	19,56	20,23	18,66	0,51	98	62,92	92,18	94,09	91,87
26/11/2018	22:27	21,29	20,39	22,74	23,41	19,48	20,02	18,66	0,51	98	62,67	92,46	94,30	93,28
26/11/2018	22:39	21,25	20,35	22,66	23,37	19,46	20,02	18,66	0,51	98	62,54	92,50	94,17	92,93
26/11/2018	22:50	21,20	20,34	22,61	23,31	19,60	19,64	18,66	0,51	98	62,48	92,78	94,25	93,77

Data	Hora	TBS interno		TBU interno		Temp. laje		Temp. substrato		Temp. vegetação	TBS externo	TBU externo	Umidade Solo		Prop. ar interno		Prop. ar externo	
		Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Hmed (%)	h (kJ/kg)	UR (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
29/11/2018	23:02	21,14	0,51	20,27	0,51	22,58	0,51	23,28	0,52	19,57	0,52	19,84	0,59	98	82,22	92,72	84,21	84,38
29/11/2018	23:13	21,10	0,51	20,18	0,51	22,50	0,51	23,24	0,51	19,46	0,52	19,78	0,59	97	81,90	92,31	83,72	83,83
29/11/2018	23:24	21,00	0,51	20,11	0,51	22,43	0,51	23,19	0,51	19,24	0,53	19,71	0,59	97	81,66	92,59	83,46	83,64
29/11/2018	23:36	20,91	0,51	20,02	0,51	22,38	0,51	23,11	0,51	19,29	0,52	19,51	0,58	97	81,34	92,52	83,77	85,84
29/11/2018	23:47	20,85	0,51	19,97	0,51	22,33	0,51	23,08	0,51	19,37	0,52	19,52	0,59	97	81,13	92,55	84,04	86,50
29/11/2018	23:59	20,83	0,51	19,92	0,51	22,27	0,51	23,00	0,51	19,38	0,52	19,66	0,59	97	80,94	92,33	83,78	84,77
30/11/2018	0:10	20,82	0,51	19,92	0,51	22,21	0,51	23,01	0,51	19,38	0,52	19,59	0,58	97	80,94	92,37	83,76	85,27
30/11/2018	0:22	20,78	0,51	19,91	0,51	22,14	0,51	22,95	0,51	19,53	0,52	19,54	0,59	97	80,82	92,65	83,82	85,81
30/11/2018	0:33	20,79	0,51	19,91	0,51	22,12	0,51	22,93	0,51	19,52	0,52	19,50	0,59	97	80,91	92,59	83,93	85,66
30/11/2018	0:45	20,79	0,51	19,92	0,51	22,10	0,51	22,88	0,51	19,58	0,52	19,65	0,59	97	80,94	92,66	84,00	85,36
30/11/2018	0:56	20,79	0,51	19,92	0,51	22,08	0,51	22,82	0,51	19,63	0,51	19,68	0,58	97	80,94	92,61	84,18	86,33
30/11/2018	1:08	20,77	0,51	19,90	0,51	22,04	0,51	22,78	0,51	19,63	0,52	19,51	0,58	97	80,89	92,72	84,03	86,59
30/11/2018	1:19	20,73	0,51	19,84	0,51	21,98	0,51	22,72	0,51	19,67	0,51	19,48	0,58	97	80,85	92,43	83,90	86,40
30/11/2018	1:31	20,70	0,51	19,83	0,51	21,93	0,51	22,72	0,51	19,64	0,51	19,52	0,59	97	80,84	92,66	83,81	85,92
30/11/2018	1:42	20,68	0,51	19,82	0,51	21,92	0,51	22,66	0,51	19,71	0,51	19,45	0,59	97	80,57	92,68	84,15	87,33
30/11/2018	1:53	20,67	0,51	19,79	0,51	21,88	0,51	22,62	0,51	19,74	0,51	19,42	0,58	96	80,50	92,57	84,01	87,22
30/11/2018	2:05	20,62	0,51	19,74	0,51	21,87	0,51	22,58	0,51	19,69	0,51	19,55	0,58	97	80,31	92,58	83,83	85,79
30/11/2018	2:16	20,61	0,51	19,75	0,51	21,78	0,51	22,55	0,51	19,57	0,52	19,65	0,59	96	80,35	92,71	83,64	84,55
30/11/2018	2:28	20,60	0,51	19,74	0,51	21,77	0,51	22,52	0,51	19,64	0,51	19,30	0,57	96	80,31	92,70	84,15	88,58
30/11/2018	2:39	20,57	0,51	19,74	0,51	21,74	0,51	22,50	0,51	19,57	0,52	19,43	0,57	96	80,31	92,94	83,91	86,91
30/11/2018	2:51	20,55	0,51	19,70	0,51	21,70	0,51	22,44	0,51	19,58	0,51	19,39	0,58	96	80,15	92,76	83,90	87,17
30/11/2018	3:02	20,54	0,51	19,72	0,51	21,67	0,51	22,42	0,51	19,65	0,51	19,65	0,59	96	80,23	93,04	84,00	85,41
30/11/2018	3:14	20,56	0,51	19,74	0,51	21,61	0,51	22,35	0,51	19,50	0,52	19,58	0,58	96	80,31	93,05	83,88	85,56
30/11/2018	3:25	20,53	0,51	19,71	0,51	21,61	0,51	22,36	0,51	19,53	0,51	19,58	0,58	96	80,20	93,08	83,72	85,24
30/11/2018	3:37	20,52	0,51	19,69	0,51	21,57	0,51	22,29	0,51	19,63	0,51	19,38	0,59	96	80,13	92,94	83,96	87,43
30/11/2018	3:49	20,48	0,51	19,65	0,51	21,55	0,51	22,25	0,51	19,61	0,51	19,30	0,58	96	80,36	92,94	83,38	86,53
30/11/2018	3:59	20,45	0,51	19,65	0,51	21,49	0,51	22,21	0,51	19,63	0,51	19,32	0,58	96	80,39	93,26	84,08	88,17
30/11/2018	4:11	20,41	0,51	19,64	0,51	21,47	0,51	22,20	0,51	19,59	0,51	19,11	0,58	96	80,36	93,45	84,35	90,59
30/11/2018	4:22	20,35	0,51	19,57	0,51	21,43	0,51	22,17	0,51	19,49	0,51	19,14	0,58	96	80,39	93,29	84,07	89,60
30/11/2018	4:34	20,30	0,51	19,57	0,51	21,39	0,51	22,11	0,51	19,22	0,52	19,30	0,59	95	80,88	93,72	84,06	88,34
30/11/2018	4:45	20,25	0,51	19,51	0,51	21,34	0,51	22,07	0,51	19,45	0,51	19,18	0,58	95	80,48	93,65	84,14	89,51
30/11/2018	4:57	20,23	0,51	19,48	0,51	21,31	0,51	22,05	0,51	19,42	0,52	19,16	0,57	95	80,37	93,56	84,37	90,23
30/11/2018	5:08	20,21	0,51	19,48	0,51	21,25	0,51	22,02	0,51	19,30	0,52	19,37	0,59	95	80,37	93,73	84,43	88,67
30/11/2018	5:20	20,21	0,51	19,49	0,51	21,23	0,51	22,01	0,51	19,31	0,52	19,29	0,59	95	80,42	93,82	84,57	88,66
30/11/2018	5:31	20,22	0,51	19,48	0,51	21,23	0,51	21,95	0,51	19,55	0,51	19,30	0,59	95	80,37	93,68	84,79	90,16
30/11/2018	5:43	20,24	0,51	19,49	0,51	21,20	0,51	21,90	0,51	19,47	0,51	19,21	0,58	95	80,40	93,59	85,11	91,66
30/11/2018	5:54	20,24	0,51	19,49	0,51	21,16	0,51	21,90	0,51	19,52	0,51	19,30	0,58	95	80,42	93,62	85,16	91,10
30/11/2018	6:06	20,21	0,51	19,49	0,51	21,17	0,51	21,84	0,51	19,46	0,51	19,20	0,58	95	80,42	93,87	84,90	91,25
30/11/2018	6:17	20,20	0,51	19,49	0,51	21,14	0,51	21,84	0,51	19,56	0,51	19,12	0,58	95	80,40	93,90	85,09	92,34
30/11/2018	6:28	20,22	0,51	19,55	0,51	21,11	0,51	21,78	0,51	19,53	0,51	19,30	0,58	95	80,64	94,29	85,16	91,07
30/11/2018	6:40	20,26	0,51	19,57	0,51	21,10	0,51	21,77	0,51	19,76	0,51	19,32	0,58	95	80,70	94,07	85,56	91,92
30/11/2018	6:51	20,31	0,51	19,65	0,51	21,11	0,51	21,73	0,51	19,84	0,51	19,47	0,58	95	80,00	94,41	85,86	91,41
30/11/2018	7:03	20,36	0,51	19,71	0,51	21,10	0,51	21,67	0,51	19,87	0,51	19,67	0,58	95	80,20	94,48	86,19	90,54
30/11/2018	7:14	20,46	0,51	19,74	0,51	21,14	0,51	21,67	0,51	20,34	0,51	19,84	0,58	95	80,30	93,81	86,65	90,33
30/11/2018	7:26	20,61	0,51	19,82	0,51	21,16	0,51	21,66	0,51	20,35	0,51	19,83	0,58	95	80,81	93,30	86,82	90,00
30/11/2018	7:37	20,79	0,51	19,92	0,51	21,19	0,51	21,66	0,51	20,77	0,51	20,11	0,58	95	80,94	92,66	87,03	89,06
30/11/2018	7:49	20,87	0,51	20,05	0,51	21,22	0,51	21,65	0,51	21,15	0,51	20,66	0,58	95	81,42	92,28	88,24	88,28
30/11/2018	8:00	21,32	0,51	20,30	0,51	21,37	0,51	21,59	0,51	22,16	0,51	21,20	0,59	95	82,33	91,52	90,14	87,61
30/11/2018	8:12	21,80	0,51	20,62	0,51	21,51	0,51	21,66	0,51	21,65	0,51	21,06	0,59	95	83,16	91,09	89,78	87,86
30/11/2018	8:23	21,75	0,51	20,62	0,51	21,59	0,51	21,60	0,51	22,31	0,51	21,39	0,59	95	83,51	90,66	90,12	86,18
30/11/2018	8:34	22,00	0,51	20,77	0,51	21,72	0,51	21,82	0,51	23,03	0,52	21,70	0,59	95	84,10	90,03	90,51	84,66
30/11/2018	8:46	22,37	0,51	20,97	0,51	21,94	0,51	21,83	0,51	23,03	0,52	22,17	0,61	95	84,83	88,73	91,37	83,06
30/11/2018	8:57	22,90	0,51	21,32	0,51	22,13	0,51	21,67	0,51	25,72	0,63	24,07	0,70	95	86,16	87,45	85,98	78,93
30/11/2018	9:09	24,17	0,51	22,06	0,51	22,63	0,51	21,74	0,51	28,68	0,80	24,73	0,69	95	89,08	83,84	86,99	76,45
30/11/2018	9:20	24,90	0,51	22,50	0,51	23,15	0,51	21,83	0,51	28,42	0,85	24,70	0,61	95	70,83	82,08	85,71	74,37
30/11/2018	9:32	21,75	0,51	22,78	0,51	23,60	0,51	21,83	0,51	30,12	1,03	25,41	0,69	95	71,99	76,74	88,90	75,43
30/11/2018	9:43	26,15	0,52	23,29	0,51	23,66	0,51	22,09	0,51	32,05	1,18	27,21	0,63	96	74,08	78,33	72,68	70,75
30/11/2018	9:55	26,74	0,52	23,77	0,51	24,37	0,51	22,22	0,51	33,27	1,24	27,02	0,79	96	76,09	78,76	72,40	71,40
30/11/2018	10:06	27,06	0,52	24,19	0,51	24,72	0,51	22,37	0,51	33,75	1,27	27,51	0,73	96	77,90	78,58	73,26	69,89

Data	Hora	TBS interno	TBS externo	TBU interno	Temp. laje	Temp. substrato	Temp. vegetação	TBS externo	TBU externo	Umidade Solo	Prop. ar interno	Prop. ar externo
		Tmed (°C)	Tmed (°C)	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Hmed (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
30/11/2018	10:18	27,33	27,51	24,48	0,51	25,02	0,51	33,53	1,01	27,48	23,03	69,71
30/11/2018	10:29	27,51	27,62	24,64	0,51	25,24	0,51	32,92	0,76	27,68	22,77	70,09
30/11/2018	10:41	27,52	27,62	24,63	0,51	25,38	0,51	33,08	0,64	28,14	22,67	70,88
30/11/2018	10:52	27,69	27,82	24,54	0,51	25,50	0,51	33,63	0,64	28,14	22,67	70,88
30/11/2018	11:04	27,81	27,92	24,63	0,51	25,65	0,51	32,21	0,56	29,64	23,39	71,40
30/11/2018	11:15	28,01	28,01	24,72	0,52	25,79	0,52	32,87	0,54	28,76	23,47	71,40
30/11/2018	11:27	27,97	27,97	24,73	0,51	25,87	0,51	29,53	0,65	29,97	23,28	71,19
30/11/2018	11:38	28,15	28,15	24,81	0,52	25,98	0,52	29,08	0,71	30,79	23,28	71,19
30/11/2018	11:53	28,16	28,16	24,71	0,51	26,08	0,52	27,98	0,76	30,04	23,81	71,19
30/11/2018	12:04	28,09	28,09	24,58	0,52	26,13	0,52	27,72	0,84	30,31	23,81	71,19
30/11/2018	12:16	28,15	28,15	24,46	0,51	26,18	0,52	28,05	0,91	31,12	23,81	71,19
30/11/2018	12:27	28,35	28,35	24,35	0,52	26,30	0,52	28,31	1,05	30,80	23,81	71,19
30/11/2018	12:38	28,08	28,08	24,15	0,52	26,32	0,52	27,55	0,98	29,53	23,81	71,19
30/11/2018	12:50	27,88	27,88	23,98	0,52	26,26	0,52	26,85	1,03	29,65	23,81	71,19
30/11/2018	13:02	27,79	27,79	23,83	0,51	26,28	0,52	26,78	1,15	31,02	23,81	71,19
30/11/2018	13:13	28,14	28,14	23,92	0,51	26,37	0,52	28,12	0,99	29,86	23,81	71,19
30/11/2018	13:25	27,63	27,63	23,72	0,51	26,32	0,52	28,69	1,04	29,34	23,81	71,19
30/11/2018	13:36	27,48	27,48	23,54	0,51	26,34	0,52	31,43	0,58	22,14	23,81	71,19
30/11/2018	13:48	28,16	28,16	23,74	0,51	26,51	0,52	31,24	0,58	21,81	23,81	71,19
30/11/2018	13:59	28,52	28,52	23,82	0,51	26,72	0,52	33,18	1,11	31,00	23,81	71,19
30/11/2018	14:11	28,08	28,08	23,65	0,51	26,81	0,52	28,86	0,82	29,62	23,81	71,19
30/11/2018	14:22	27,77	27,77	23,44	0,52	26,74	0,52	27,57	0,72	29,18	23,81	71,19
30/11/2018	14:34	27,25	27,25	23,25	0,52	26,64	0,52	27,16	0,74	28,80	23,81	71,19
30/11/2018	14:45	27,06	27,06	23,06	0,51	26,50	0,52	27,23	0,72	28,89	23,81	71,19
30/11/2018	14:57	27,09	27,09	22,95	0,51	26,44	0,52	31,65	1,04	30,16	23,81	71,19
30/11/2018	15:08	27,80	27,80	23,21	0,51	26,58	0,52	32,78	1,11	30,48	23,81	71,19
30/11/2018	15:20	28,57	28,57	23,65	0,52	26,85	0,52	31,40	0,81	29,77	23,81	71,19
30/11/2018	15:31	28,49	28,49	23,82	0,51	27,05	0,52	36,27	1,10	30,55	23,81	71,19
30/11/2018	15:43	28,69	28,69	24,15	0,51	27,25	0,52	30,43	0,66	27,55	23,81	71,19
30/11/2018	15:54	27,90	27,90	24,08	0,51	27,17	0,52	26,76	0,66	26,10	23,81	71,19
30/11/2018	16:06	26,09	26,09	23,65	0,51	26,28	0,52	24,28	0,52	24,48	23,81	71,19
30/11/2018	16:17	26,07	26,07	23,78	0,51	26,47	0,52	25,22	0,52	25,23	23,81	71,19
30/11/2018	16:28	26,14	26,14	23,84	0,51	26,28	0,52	24,52	0,52	25,18	23,81	71,19
30/11/2018	16:40	26,05	26,05	23,89	0,52	26,20	0,52	23,97	0,52	24,78	23,81	71,19
30/11/2018	16:51	25,88	25,88	23,87	0,52	26,14	0,52	25,14	0,52	25,36	23,81	71,19
30/11/2018	17:03	26,02	26,02	23,83	0,51	26,10	0,52	25,15	0,52	25,15	23,81	71,19
30/11/2018	17:14	25,71	25,71	23,80	0,51	26,03	0,52	23,65	0,51	24,78	23,81	71,19
30/11/2018	17:26	26,16	26,16	23,74	0,51	26,07	0,52	25,43	0,52	25,73	23,81	71,19
30/11/2018	17:37	26,11	26,11	23,90	0,51	26,10	0,52	22,19	0,56	22,86	23,81	71,19
30/11/2018	17:48	24,25	24,25	22,91	0,51	25,81	0,52	20,41	0,54	19,67	23,81	71,19
30/11/2018	18:00	22,98	22,98	21,93	0,51	25,31	0,52	20,78	0,52	19,73	23,81	71,19
30/11/2018	18:12	22,74	22,74	21,67	0,51	25,20	0,52	21,04	0,52	19,84	23,81	71,19
30/11/2018	18:23	22,67	22,67	21,49	0,51	25,08	0,52	21,15	0,52	19,88	23,81	71,19
30/11/2018	18:35	22,71	22,71	21,49	0,51	25,02	0,52	21,36	0,52	19,88	23,81	71,19
30/11/2018	18:46	22,72	22,72	21,54	0,51	24,91	0,52	21,26	0,52	20,22	23,81	71,19
30/11/2018	18:58	22,73	22,73	21,53	0,51	24,78	0,52	20,65	0,55	20,11	23,81	71,19
30/11/2018	19:09	22,62	22,62	21,32	0,51	24,70	0,51	20,36	0,56	20,43	23,81	71,19
30/11/2018	19:21	22,43	22,43	21,32	0,51	24,61	0,51	21,05	0,52	20,41	23,81	71,19
30/11/2018	19:32	22,43	22,43	21,39	0,51	24,53	0,51	20,94	0,53	20,80	23,81	71,19
30/11/2018	19:44	22,43	22,43	21,32	0,51	24,42	0,51	20,98	0,53	20,20	23,81	71,19
30/11/2018	19:55	22,27	22,27	21,26	0,51	24,36	0,51	20,50	0,52	19,76	23,81	71,19
30/11/2018	20:06	22,06	22,06	21,10	0,51	24,25	0,51	20,99	0,52	19,83	23,81	71,19
30/11/2018	20:18	21,99	21,99	21,07	0,51	24,13	0,51	20,77	0,52	19,78	23,81	71,19
30/11/2018	20:29	21,95	21,95	21,05	0,51	24,09	0,51	20,57	0,53	19,82	23,81	71,19
30/11/2018	20:41	21,82	21,82	20,97	0,51	24,06	0,51	20,57	0,52	19,86	23,81	71,19
30/11/2018	20:52	21,74	21,74	20,88	0,51	24,04	0,51	20,76	0,52	19,81	23,81	71,19
30/11/2018	21:04	21,78	21,78	20,88	0,51	24,01	0,51	20,67	0,52	19,88	23,81	71,19
30/11/2018	21:15	21,64	21,64	20,95	0,51	24,02	0,51	20,68	0,52	19,85	23,81	71,19
30/11/2018	21:27	21,52	21,52	20,97	0,51	24,04	0,51	20,48	0,51	19,64	23,81	71,19

Data	Hora	TBS interno		TBU interno		Temp. laje		Temp. substrato		Temp. vegetação		TBS externo		TBU externo		Umidade Solo	Prop. ar interno		Prop. ar externo	
		Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Hmed (%)	h (kJ/kg)	UR (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
30/11/2018	21:38	21,71	0,51	20,88	0,51	24,27	0,52	24,34	0,52	20,12	0,51	19,26	0,53	18,06	0,53	99	64,52	93,10	57,54	97,34
30/11/2018	21:50	21,59	0,51	20,79	0,51	24,21	0,52	24,34	0,52	20,02	0,51	19,19	0,53	18,92	0,53	98	64,19	93,39	57,42	97,65
30/11/2018	22:01	21,61	0,51	20,78	0,51	24,18	0,52	24,34	0,52	19,96	0,51	19,20	0,53	18,92	0,52	98	64,13	93,14	57,41	97,54
30/11/2018	22:13	21,57	0,51	20,72	0,51	24,14	0,52	24,30	0,52	19,96	0,51	19,14	0,53	18,86	0,52	98	63,90	92,92	57,21	97,57
30/11/2018	22:24	21,49	0,51	20,62	0,51	24,08	0,52	24,21	0,52	20,06	0,51	19,22	0,53	18,91	0,52	98	63,58	92,83	57,37	97,26
30/11/2018	22:36	21,46	0,51	20,62	0,51	23,97	0,52	24,17	0,51	20,06	0,52	19,15	0,53	18,80	0,53	98	63,52	92,97	56,99	96,93
30/11/2018	22:47	21,43	0,51	20,62	0,51	23,99	0,52	24,12	0,51	19,95	0,51	19,32	0,52	19,03	0,53	96	63,53	93,22	57,91	97,45
30/11/2018	22:58	21,40	0,51	20,59	0,51	23,81	0,52	24,08	0,52	19,40	0,51	18,99	0,52	18,71	0,52	95	63,44	93,26	56,99	96,38
30/11/2018	23:10	21,20	0,51	20,43	0,51	23,76	0,52	24,06	0,51	19,14	0,51	18,73	0,52	18,51	0,52	94	62,84	93,55	55,98	98,04
30/11/2018	23:21	21,13	0,51	20,34	0,51	23,63	0,52	23,98	0,51	19,23	0,51	18,77	0,52	18,57	0,52	94	62,48	93,32	56,20	98,25
30/11/2018	23:33	21,05	0,51	20,25	0,51	23,63	0,52	23,88	0,51	19,17	0,51	18,80	0,53	18,51	0,52	94	62,18	93,34	56,00	97,45
30/11/2018	23:44	20,98	0,51	20,10	0,51	23,47	0,52	23,78	0,52	19,02	0,51	18,77	0,53	18,44	0,52	94	61,61	93,59	55,75	97,03
30/11/2018	23:56	20,78	0,51	20,00	0,51	23,36	0,52	23,64	0,51	19,07	0,51	18,71	0,53	18,43	0,52	94	61,26	93,43	55,71	97,47

APÊNDICE G – TABELA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO MÓDULO 5

Data	Hora	TBS interno	TBU interno	Temp. laje	TBS externo	TBU externo	Prop. ar interno	Prop. ar externo
		Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	Tmed (°C) u_Tmed	h (kJ/kg) UR (%)	h (kJ/kg) UR (%)
29/11/2018	0:15	18,22 0,51	18,06 0,51	17,77 0,51	18,72 0,51	18,00 0,96	54,47 98,54	54,26 93,59
29/11/2018	0:26	18,17 0,51	18,04 0,51	17,68 0,51	18,75 0,51	17,96 0,93	54,38 98,76	54,10 92,97
29/11/2018	0:36	17,86 0,51	17,77 0,51	17,43 0,51	18,41 0,51	17,78 0,93	53,48 99,12	53,52 94,32
29/11/2018	0:47	17,87 0,51	17,72 0,51	17,52 0,51	18,52 0,51	17,89 0,92	53,34 98,62	53,87 94,35
29/11/2018	0:58	17,96 0,51	17,78 0,51	17,46 0,51	18,31 0,51	17,69 0,93	53,54 98,34	53,23 94,47
29/11/2018	1:09	17,96 0,51	17,76 0,51	17,49 0,51	18,40 0,51	17,66 0,94	53,45 98,16	53,12 93,38
29/11/2018	1:20	17,93 0,51	17,74 0,51	17,44 0,51	18,39 0,51	17,69 0,94	53,39 98,30	53,21 93,74
29/11/2018	1:30	17,96 0,51	17,75 0,51	17,57 0,51	18,36 0,51	17,76 0,95	53,42 98,05	53,43 94,52
29/11/2018	1:41	17,98 0,51	17,79 0,51	17,55 0,51	18,27 0,51	17,70 0,94	53,57 98,30	53,25 94,82
29/11/2018	1:52	17,89 0,51	17,73 0,51	17,48 0,51	18,11 0,51	17,62 0,94	53,36 98,58	53,00 95,60
29/11/2018	2:03	17,88 0,51	17,73 0,51	17,49 0,51	18,06 0,51	17,57 0,95	53,36 98,61	52,81 95,51
29/11/2018	2:13	17,86 0,51	17,71 0,51	17,42 0,51	18,08 0,51	17,61 0,93	53,31 98,62	52,97 95,79
29/11/2018	2:24	17,86 0,51	17,68 0,51	17,43 0,51	18,07 0,51	17,57 0,95	53,19 98,30	52,83 95,53
29/11/2018	2:35	17,81 0,51	17,64 0,51	17,38 0,51	18,02 0,51	17,54 0,93	53,07 98,48	52,73 95,64
29/11/2018	2:46	17,80 0,51	17,63 0,51	17,36 0,51	17,98 0,51	17,51 0,94	53,02 98,43	52,61 95,74
29/11/2018	2:56	17,83 0,51	17,64 0,51	17,41 0,51	18,29 0,51	17,57 0,94	53,05 98,51	52,51 94,33
29/11/2018	3:07	17,83 0,51	17,64 0,51	17,41 0,51	18,29 0,51	17,57 0,94	53,07 98,27	52,82 93,54
29/11/2018	3:18	17,80 0,51	17,64 0,51	17,43 0,51	18,34 0,51	17,68 0,91	53,08 98,56	53,18 94,05
29/11/2018	3:29	17,75 0,51	17,63 0,51	17,38 0,51	18,37 0,51	17,60 0,94	53,05 98,90	52,92 93,15
29/11/2018	3:39	17,69 0,51	17,55 0,51	17,32 0,51	18,36 0,51	17,68 0,93	52,76 98,70	53,19 93,95
29/11/2018	3:50	17,74 0,51	17,56 0,51	17,44 0,51	18,49 0,51	17,71 0,92	52,79 98,29	53,29 93,08
29/11/2018	4:01	17,92 0,51	17,65 0,51	17,51 0,51	18,47 0,51	17,72 0,92	53,10 97,53	53,31 93,27
29/11/2018	4:12	17,97 0,51	17,73 0,51	17,54 0,51	18,44 0,51	17,71 0,93	53,36 97,78	53,28 93,44
29/11/2018	4:22	18,00 0,51	17,74 0,51	17,57 0,51	18,37 0,51	17,70 0,93	53,39 97,63	53,24 93,95
29/11/2018	4:33	18,00 0,51	17,74 0,51	17,54 0,51	18,41 0,51	17,76 0,93	53,39 97,65	53,43 94,17
29/11/2018	4:44	17,97 0,51	17,74 0,51	17,59 0,51	18,44 0,51	17,76 0,91	53,39 97,88	53,43 93,87
29/11/2018	4:55	18,03 0,51	17,76 0,51	17,66 0,51	18,58 0,51	17,84 0,92	53,45 97,46	53,72 93,42
29/11/2018	5:05	17,92 0,51	17,74 0,51	17,57 0,51	18,57 0,51	17,89 0,92	53,39 98,32	53,87 93,90
29/11/2018	5:16	17,67 0,51	17,59 0,51	17,39 0,51	18,47 0,51	17,89 0,93	52,90 98,25	53,87 94,78
29/11/2018	5:27	17,37 0,51	17,31 0,51	17,16 0,51	18,45 0,51	17,92 0,92	51,99 99,49	53,99 95,30
29/11/2018	5:38	17,44 0,51	17,30 0,51	17,36 0,51	18,67 0,51	18,00 0,90	51,96 98,75	54,24 94,02
29/11/2018	5:49	17,50 0,51	17,38 0,51	17,31 0,51	18,66 0,51	17,97 0,93	52,22 98,94	54,14 93,88
29/11/2018	5:59	17,39 0,51	17,32 0,51	17,17 0,51	18,59 0,51	17,98 0,91	52,02 99,32	54,19 94,62
29/11/2018	6:10	17,34 0,51	17,25 0,51	17,23 0,51	18,93 0,51	17,97 0,90	51,79 99,14	54,15 91,60
29/11/2018	6:21	17,24 0,51	17,16 0,51	17,08 0,51	18,66 0,51	17,93 0,92	51,51 99,32	54,02 93,52
29/11/2018	6:32	17,46 0,51	17,29 0,51	17,37 0,51	18,80 0,51	18,09 0,91	51,93 98,45	54,55 93,67
29/11/2018	6:42	17,88 0,51	17,63 0,51	17,80 0,51	19,17 0,51	18,35 0,90	53,04 97,79	55,42 92,80
29/11/2018	6:53	18,82 0,51	18,27 0,51	18,49 0,51	19,57 0,51	18,52 0,91	55,17 95,08	55,99 90,89
29/11/2018	7:04	20,63 0,52	19,40 0,51	20,18 0,51	21,38 0,52	19,52 0,89	59,05 89,60	59,49 84,87
29/11/2018	7:15	22,82 0,52	20,78 0,51	20,86 0,52	20,88 0,51	19,48 0,88	64,11 83,94	88,34 88,34
29/11/2018	7:25	23,44 0,51	21,37 0,51	21,58 0,55	21,58 0,52	19,66 0,86	66,35 83,94	59,98 84,39
29/11/2018	7:36	24,29 0,52	21,92 0,51	21,64 0,53	20,66 0,52	19,45 0,87	68,50 82,06	59,26 89,84
29/11/2018	7:47	24,02 0,51	21,92 0,51	21,83 0,55	20,92 0,51	19,54 0,86	68,51 83,88	59,56 88,49
29/11/2018	7:58	23,43 0,51	21,69 0,51	21,72 0,55	21,10 0,52	19,67 0,84	67,63 86,40	60,02 88,11
29/11/2018	8:09	24,14 0,52	21,84 0,51	23,29 0,62	22,84 0,55	20,15 0,85	68,19 82,51	61,74 79,09
29/11/2018	8:19	28,49 0,55	23,89 0,51	26,80 0,74	24,38 0,55	21,32 0,81	76,54 69,18	66,13 77,17
29/11/2018	8:30	28,60 0,52	24,43 0,51	24,23 0,65	21,32 0,53	19,68 0,88	78,92 71,93	60,05 86,51
29/11/2018	8:41	33,51 0,57	26,32 0,52	31,46 1,02	26,80 0,58	22,66 0,73	87,47 57,98	71,38 71,08
29/11/2018	8:52	38,40 0,58	28,85 0,52	34,33 1,15	27,43 0,56	22,89 0,72	100,23 50,36	72,32 68,92
29/11/2018	9:03	40,04 0,57	30,03 0,52	34,87 1,16	27,11 0,55	22,61 0,70	106,72 49,53	71,18 69,03
29/11/2018	9:14	40,98 0,59	30,59 0,52	37,03 0,91	27,25 0,61	23,35 0,70	109,88 48,60	74,29 72,95
29/11/2018	9:24	42,30 0,58	31,12 0,52	38,45 0,96	27,83 0,54	23,37 0,68	113,01 46,44	74,35 69,69
29/11/2018	9:35	43,41 0,59	31,71 0,53	39,47 0,89	27,35 0,55	23,29 0,67	116,55 45,24	74,00 71,94
29/11/2018	9:46	43,68 0,59	31,93 0,53	38,80 0,97	27,06 0,54	22,99 0,73	117,90 45,23	72,77 71,72
29/11/2018	9:57	45,16 0,60	32,55 0,53	43,79 0,72	29,45 0,59	24,67 0,69	121,72 43,11	79,97 68,65
29/11/2018	10:08	47,55 0,62	33,56 0,53	45,05 0,72	29,93 0,61	24,66 0,75	128,23 40,06	79,87 66,01
29/11/2018	10:19	48,02 0,62	34,11 0,53	43,75 0,70	30,27 0,62	24,66 0,66	131,97 40,63	79,87 64,30
29/11/2018	10:30	49,18 0,64	34,44 0,53	46,45 0,75	30,84 0,62	25,54 0,69	134,24 38,78	83,87 66,40
29/11/2018	10:41	50,74 0,65	35,00 0,53	46,15 0,73	30,46 0,58	24,90 0,70	136,12 36,78	80,95 64,72

Data	Hora	TBS interno Tmed (°C)	TBS interno u _{Tmed}	TBU interno Tmed (°C)	TBU interno u _{Tmed}	Temp. laje Tmed (°C)	TBS externo Tmed (°C)	TBS externo u _{Tmed}	TBU externo Tmed (°C)	TBU externo u _{Tmed}	Prop. ar interno h (kJ/kg)	Prop. ar interno UR (%)	Prop. ar externo h (kJ/kg)	Prop. ar externo UR (%)
29/11/2018	10:52	49.60	0.64	34.86	0.53	46.99	30.76	0.58	25.51	0.66	137.18	39.05	83.74	66.64
29/11/2018	11:03	51.49	0.66	35.55	0.54	49.15	32.00	0.62	26.15	0.64	142.11	36.68	86.73	64.04
29/11/2018	11:14	48.43	0.63	34.51	0.53	46.61	32.51	0.59	26.43	0.58	134.78	40.87	88.08	63.10
29/11/2018	11:25	53.47	0.68	36.14	0.54	47.17	31.84	0.56	25.59	0.67	146.40	34.06	84.09	61.78
29/11/2018	11:36	53.73	0.68	36.56	0.54	46.01	31.05	0.57	24.91	0.64	149.62	34.65	80.96	61.82
29/11/2018	11:47	54.67	0.70	36.75	0.54	46.18	32.20	0.56	26.29	0.58	151.08	33.26	87.37	63.80
29/11/2018	11:58	55.96	0.72	37.33	0.54	49.42	32.00	0.57	25.89	0.66	155.60	32.22	85.47	62.59
29/11/2018	12:09	46.78	0.61	34.21	0.53	40.56	30.68	0.54	24.01	0.57	132.80	44.32	76.97	58.70
29/11/2018	12:20	49.27	0.64	34.35	0.53	42.12	31.03	0.55	23.93	0.61	133.61	38.31	76.60	56.66
29/11/2018	12:31	48.80	0.62	34.49	0.54	42.18	31.06	0.54	23.91	0.58	134.62	39.87	76.50	56.40
29/11/2018	12:42	42.98	0.58	32.15	0.53	39.26	30.85	0.54	24.37	0.55	119.33	48.21	78.54	59.85
29/11/2018	12:52	46.25	0.61	33.14	0.53	41.45	31.15	0.55	23.97	0.58	125.51	42.11	76.77	56.34
29/11/2018	13:03	51.12	0.66	34.57	0.54	43.94	30.35	0.55	23.36	0.68	135.03	34.72	74.20	56.78
29/11/2018	13:14	43.71	0.59	32.13	0.53	39.59	31.17	0.53	24.22	0.54	119.16	45.87	77.86	57.54
29/11/2018	13:25	50.01	0.64	34.07	0.53	43.62	30.90	0.54	23.72	0.61	131.57	35.72	75.68	56.13
29/11/2018	13:36	43.82	0.58	31.80	0.53	38.83	30.06	0.54	23.29	0.59	117.06	44.32	73.90	57.73
29/11/2018	13:47	41.23	0.56	30.58	0.52	38.30	30.85	0.56	24.10	0.56	109.81	47.74	77.37	58.41
29/11/2018	13:58	40.87	0.56	30.28	0.52	37.38	30.04	0.53	23.20	0.56	108.08	47.72	73.52	57.31
29/11/2018	14:19	35.97	0.54	27.90	0.52	31.31	25.53	0.52	23.19	0.60	95.28	55.29	73.66	82.69
29/11/2018	14:30	35.29	0.55	27.45	0.52	34.86	26.16	0.55	24.36	0.59	93.01	55.95	78.72	86.70
29/11/2018	14:41	34.86	0.54	27.68	0.52	31.48	25.17	0.52	23.01	0.59	94.20	56.90	72.93	83.83
29/11/2018	14:52	30.28	0.53	25.70	0.52	28.11	23.89	0.51	22.34	0.61	84.66	70.28	70.21	87.95
29/11/2018	15:03	27.90	0.53	24.26	0.51	26.32	23.96	0.52	22.26	0.62	78.20	74.94	69.87	86.86
29/11/2018	15:14	24.28	0.52	22.32	0.51	22.11	22.36	0.51	21.85	0.67	70.10	85.02	68.29	95.82
29/11/2018	15:24	22.57	0.51	21.25	0.51	21.45	21.35	0.52	21.37	0.68	65.91	89.35	66.43	100.00
29/11/2018	15:35	21.87	0.51	20.94	0.51	21.18	21.20	0.51	21.42	0.62	64.75	92.35	66.63	100.00
29/11/2018	15:46	21.58	0.51	20.81	0.51	21.00	20.88	0.54	21.20	0.53	64.26	93.61	65.80	100.00
29/11/2018	15:57	19.46	0.51	19.33	0.51	18.86	19.02	0.52	19.15	0.53	58.84	98.78	58.22	100.00
29/11/2018	16:08	19.63	0.51	19.27	0.51	19.65	19.82	0.52	19.86	0.52	58.65	96.90	60.78	100.00
29/11/2018	16:18	19.77	0.51	19.47	0.51	19.23	18.97	0.52	19.09	0.54	59.37	97.45	58.00	100.00
29/11/2018	16:29	19.71	0.51	19.37	0.51	19.90	20.04	0.51	20.16	0.52	58.99	97.03	61.87	100.00
29/11/2018	16:40	20.16	0.51	19.71	0.51	20.08	20.06	0.52	20.27	0.52	60.21	96.13	62.27	100.00
29/11/2018	16:51	20.44	0.51	19.97	0.51	20.21	20.11	0.52	20.26	0.52	61.16	95.99	62.25	100.00
29/11/2018	17:01	21.06	0.51	20.40	0.51	21.15	20.44	0.52	20.76	0.52	62.72	94.40	64.12	100.00
29/11/2018	17:12	21.96	0.51	21.07	0.51	21.34	20.40	0.52	20.66	0.52	65.25	92.69	63.72	100.00
29/11/2018	17:23	22.86	0.51	21.69	0.51	21.59	20.23	0.52	20.27	0.54	67.62	90.57	62.26	100.00
29/11/2018	17:34	22.61	0.51	21.69	0.51	20.91	20.24	0.54	20.12	0.52	67.66	92.59	61.70	98.94
29/11/2018	17:45	22.39	0.51	21.43	0.51	21.14	20.35	0.53	20.08	0.53	66.63	92.25	61.58	97.70
29/11/2018	17:55	23.09	0.51	21.81	0.51	21.73	20.84	0.54	20.50	0.53	68.09	89.82	63.12	97.10
29/11/2018	18:15	22.64	0.51	21.55	0.51	21.34	20.96	0.52	20.23	0.53	67.07	91.17	62.08	93.82
29/11/2018	18:26	22.55	0.51	21.48	0.51	21.47	21.18	0.53	20.24	0.52	66.83	91.36	62.12	92.12
29/11/2018	18:36	22.96	0.51	21.60	0.51	21.84	21.26	0.52	20.41	0.52	67.27	89.16	62.76	92.93
29/11/2018	18:47	22.81	0.51	21.56	0.51	21.63	21.34	0.52	20.26	0.53	67.13	90.04	62.20	91.07
29/11/2018	18:58	22.71	0.51	21.44	0.51	21.93	21.58	0.51	20.53	0.52	66.65	89.79	63.19	91.28
29/11/2018	19:09	22.79	0.51	21.48	0.51	21.76	21.16	0.51	20.37	0.52	66.82	89.54	62.61	93.40
29/11/2018	19:20	22.14	0.51	21.20	0.51	21.27	21.32	0.52	19.94	0.52	65.75	92.36	61.00	88.57
29/11/2018	19:30	21.21	0.51	20.64	0.51	20.66	20.83	0.52	19.96	0.52	63.64	95.21	61.11	92.72
29/11/2018	19:41	20.78	0.51	20.26	0.51	20.44	20.86	0.51	19.84	0.52	62.21	95.56	60.66	91.45
29/11/2018	19:52	20.64	0.51	20.09	0.51	20.30	20.79	0.51	19.47	0.52	61.60	95.32	59.33	89.00
29/11/2018	20:03	20.26	0.51	19.82	0.51	19.98	20.60	0.51	19.45	0.53	60.62	96.25	59.26	90.32
29/11/2018	20:13	19.92	0.51	19.57	0.51	19.65	20.28	0.51	19.40	0.52	59.71	97.00	59.09	92.50
29/11/2018	20:24	19.80	0.51	19.51	0.51	19.54	20.36	0.52	19.24	0.53	59.49	97.46	58.52	90.54
29/11/2018	20:35	19.64	0.51	19.40	0.51	19.32	20.21	0.52	19.36	0.53	59.12	97.95	58.93	92.71
29/11/2018	20:46	19.37	0.51	19.19	0.51	19.41	20.78	0.52	19.33	0.52	58.38	98.44	58.83	87.93
29/11/2018	20:57	19.53	0.51	19.21	0.51	19.63	20.95	0.52	19.18	0.53	58.44	97.23	58.26	85.33
29/11/2018	21:07	19.64	0.51	19.31	0.51	19.37	20.56	0.52	19.17	0.53	58.78	97.10	58.26	88.37
29/11/2018	21:18	19.54	0.51	19.23	0.51	19.29	20.48	0.52	19.09	0.53	58.50	97.24	57.96	88.26
29/11/2018	21:29	19.35	0.51	19.11	0.51	19.17	20.63	0.52	19.08	0.52	58.07	97.88	57.93	87.08
29/11/2018	21:40	19.19	0.51	18.92	0.51	18.93	20.32	0.52	19.04	0.53	57.43	97.65	57.78	89.12

Data	Hora	TBS interno		TBU interno		Temp. laje		TBS externo		TBU externo		Prop. ar interno		Prop. ar externo	
		Tmed (°C)	u _{Tmed}	Tmed (°C)	u _{Tmed}	Tmed (°C)	u _{Tmed}	Tmed (°C)	u _{Tmed}	Tmed (°C)	u _{Tmed}	h (kJ/kg)	UR (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
29/11/2018	21:50	18,71	0,51	18,60	0,51	18,80	0,51	20,60	0,52	18,84	0,53	56,31	99,06	57,07	85,35
29/11/2018	22:01	18,74	0,51	18,52	0,51	18,68	0,51	20,41	0,53	18,73	0,52	56,04	98,05	56,71	85,96
29/11/2018	22:12	18,66	0,51	18,49	0,51	18,67	0,51	20,20	0,52	18,55	0,54	55,92	98,42	56,10	86,15
29/11/2018	22:23	18,52	0,51	18,38	0,51	18,34	0,51	20,01	0,53	18,60	0,53	55,54	98,66	56,26	87,97
29/11/2018	22:33	18,36	0,51	18,20	0,51	18,15	0,51	20,15	0,52	18,46	0,53	54,94	98,56	55,78	85,79
29/11/2018	22:44	18,36	0,51	18,19	0,51	18,35	0,51	19,95	0,52	18,52	0,53	54,91	98,48	55,98	87,84
29/11/2018	22:55	18,41	0,51	18,25	0,51	18,32	0,51	19,91	0,52	18,59	0,52	55,12	98,62	56,24	88,75
29/11/2018	23:06	18,35	0,51	18,17	0,51	18,28	0,51	19,88	0,52	18,49	0,53	54,85	98,40	55,88	88,14
29/11/2018	23:17	18,17	0,51	18,08	0,51	18,08	0,51	19,81	0,52	18,36	0,53	54,53	99,16	55,44	87,63
29/11/2018	23:27	17,84	0,51	17,77	0,51	17,76	0,51	19,68	0,52	18,25	0,54	53,51	99,37	55,08	87,77
29/11/2018	23:38	17,59	0,51	17,52	0,51	17,55	0,51	19,61	0,52	18,21	0,54	52,67	99,39	54,94	87,96
29/11/2018	23:49	17,60	0,51	17,50	0,51	17,77	0,51	19,71	0,52	18,39	0,53	52,62	99,14	55,57	88,72
29/11/2018	23:59	17,78	0,51	17,61	0,51	17,95	0,51	19,69	0,52	18,37	0,54	52,96	98,46	55,50	88,71
30/11/2018	0:10	17,88	0,51	17,73	0,51	17,88	0,51	19,59	0,52	18,34	0,53	53,36	98,66	55,38	89,24
30/11/2018	0:21	17,88	0,51	17,75	0,51	17,88	0,51	19,61	0,52	18,36	0,53	53,42	98,77	55,45	89,27
30/11/2018	0:32	18,06	0,51	17,91	0,51	17,99	0,51	19,56	0,52	18,43	0,53	53,98	98,67	55,67	90,20
30/11/2018	0:43	18,25	0,51	18,08	0,51	18,35	0,51	19,75	0,52	18,43	0,54	54,53	98,44	55,67	88,62
30/11/2018	0:53	18,42	0,51	18,19	0,51	18,31	0,51	19,64	0,51	18,41	0,54	54,91	97,98	55,62	89,39
30/11/2018	1:04	18,39	0,51	18,25	0,51	18,29	0,51	19,74	0,52	18,38	0,54	55,12	98,79	55,53	88,40
30/11/2018	1:15	18,34	0,51	18,17	0,51	18,16	0,51	19,62	0,52	18,50	0,53	54,85	98,51	55,92	90,31
30/11/2018	1:26	18,33	0,51	18,17	0,51	18,24	0,52	19,61	0,52	18,51	0,54	54,83	98,51	55,97	90,48
30/11/2018	1:36	18,33	0,51	18,19	0,51	18,18	0,51	19,67	0,51	18,43	0,54	54,91	98,74	55,69	89,37
30/11/2018	1:47	18,32	0,51	18,17	0,51	18,15	0,51	19,63	0,52	18,43	0,55	54,86	98,67	55,67	89,61
30/11/2018	1:58	18,27	0,51	18,17	0,51	18,15	0,51	19,60	0,52	18,38	0,54	54,83	99,09	55,52	90,27
30/11/2018	2:09	18,29	0,51	18,16	0,51	18,32	0,51	19,66	0,51	18,36	0,54	54,80	99,80	55,44	88,84
30/11/2018	2:19	18,15	0,51	18,08	0,51	18,12	0,51	19,65	0,52	18,28	0,54	54,53	99,32	55,17	88,23
30/11/2018	2:30	18,08	0,51	17,99	0,51	18,07	0,52	19,54	0,52	18,33	0,55	54,24	99,20	55,36	89,55
30/11/2018	2:41	18,07	0,51	17,95	0,51	18,02	0,51	19,43	0,51	18,37	0,55	54,09	98,91	55,50	90,88
30/11/2018	2:52	18,17	0,51	18,06	0,51	18,03	0,51	19,65	0,52	18,43	0,54	54,47	99,02	55,69	89,51
30/11/2018	3:03	18,46	0,51	18,25	0,51	18,49	0,51	20,08	0,52	18,52	0,53	55,12	98,18	55,97	86,75
30/11/2018	3:13	18,61	0,51	18,41	0,51	18,59	0,51	19,83	0,52	18,47	0,54	55,65	98,16	55,81	88,35
30/11/2018	3:24	18,62	0,51	18,43	0,51	18,64	0,51	19,79	0,52	18,50	0,54	55,71	98,29	55,93	88,93
30/11/2018	3:35	18,51	0,51	18,36	0,51	18,43	0,51	19,70	0,53	18,45	0,54	55,48	98,65	55,74	89,21
30/11/2018	3:46	18,28	0,51	18,17	0,51	18,24	0,51	19,52	0,52	18,52	0,54	54,83	98,96	56,01	91,36
30/11/2018	3:56	18,17	0,51	18,08	0,51	18,12	0,51	19,63	0,52	18,63	0,54	54,53	99,13	56,38	91,30
30/11/2018	4:07	18,21	0,51	18,08	0,51	18,15	0,51	19,40	0,52	18,51	0,54	54,53	98,77	55,96	92,22
30/11/2018	4:18	17,96	0,51	17,93	0,51	17,82	0,51	19,34	0,52	18,52	0,54	54,04	99,75	56,00	92,62
30/11/2018	4:29	17,74	0,51	17,72	0,51	17,72	0,51	19,51	0,52	18,46	0,54	53,34	99,79	55,80	90,89
30/11/2018	4:39	17,66	0,51	17,61	0,51	17,49	0,51	19,17	0,52	18,41	0,55	52,96	99,53	55,62	93,27
30/11/2018	4:50	17,55	0,51	17,49	0,51	17,57	0,51	19,23	0,52	18,45	0,55	52,56	99,38	55,76	93,14
30/11/2018	5:01	17,71	0,51	17,61	0,51	17,76	0,52	19,19	0,51	18,37	0,55	52,96	99,02	55,51	92,85
30/11/2018	5:12	17,80	0,51	17,70	0,51	17,92	0,51	19,73	0,51	18,44	0,56	53,25	99,06	55,70	88,89
30/11/2018	5:22	17,87	0,51	17,77	0,51	17,87	0,51	19,45	0,52	18,52	0,55	53,51	99,10	55,99	91,85
30/11/2018	5:33	17,96	0,51	17,84	0,51	17,94	0,51	19,47	0,52	18,53	0,56	53,74	98,90	56,03	91,79
30/11/2018	5:44	18,14	0,51	18,02	0,51	18,23	0,51	19,37	0,52	18,66	0,54	54,33	98,85	56,51	93,82
30/11/2018	5:55	18,21	0,51	18,12	0,51	18,22	0,51	19,52	0,52	18,63	0,57	54,68	99,19	56,38	92,27
30/11/2018	6:05	18,14	0,51	18,09	0,51	18,17	0,52	19,41	0,52	18,57	0,56	54,56	99,51	56,19	92,69
30/11/2018	6:16	18,18	0,51	18,09	0,51	18,28	0,51	19,44	0,51	18,61	0,55	54,56	99,20	56,33	92,77
30/11/2018	6:27	18,34	0,51	18,24	0,51	18,45	0,51	19,47	0,52	18,68	0,55	55,06	99,05	56,56	93,07
30/11/2018	6:38	18,58	0,51	18,42	0,51	18,64	0,51	19,61	0,51	18,84	0,55	55,68	98,54	57,10	93,25
30/11/2018	6:49	18,85	0,51	18,66	0,51	18,87	0,52	19,84	0,52	18,91	0,56	56,52	98,37	57,35	92,01
30/11/2018	6:59	19,25	0,51	18,99	0,51	19,31	0,51	19,85	0,51	18,92	0,56	57,64	97,68	57,39	91,96
30/11/2018	7:10	19,63	0,51	19,28	0,51	19,70	0,51	20,02	0,52	19,09	0,57	58,68	96,93	57,99	92,07
30/11/2018	7:21	20,15	0,51	19,65	0,51	20,18	0,52	20,16	0,51	19,26	0,55	59,98	95,66	58,60	92,35
30/11/2018	7:32	20,64	0,51	19,98	0,51	20,65	0,51	20,34	0,51	19,35	0,56	61,18	94,38	58,91	91,58
30/11/2018	7:42	21,53	0,51	20,57	0,51	21,54	0,51	20,60	0,52	19,45	0,56	63,33	92,04	59,24	90,26
30/11/2018	7:53	22,81	0,51	21,37	0,51	22,93	0,52	21,28	0,52	20,08	0,54	66,38	88,50	61,53	90,04
30/11/2018	8:04	24,60	0,52	22,49	0,51	24,26	0,52	21,73	0,52	20,36	0,55	70,77	83,97	62,54	88,73
30/11/2018	8:15	24,95	0,52	22,81	0,51	24,44	0,53	21,76	0,52	20,27	0,56	72,10	83,92	62,21	87,84

Data	Hora	TBS interno		TBU interno		Temp. laje		TBS externo		TBU externo		Prop. ar interno		Prop. ar externo	
		Tmed (°C)	u _s Tmed	Tmed (°C)	u _s Tmed	Tmed (°C)	u _s Tmed	Tmed (°C)	u _s Tmed	Tmed (°C)	u _s Tmed	h (kJ/kg)	UR (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
30/11/2018	8:25	25,70	0,52	23,24	0,51	25,31	0,53	22,25	0,52	20,75	0,55	73,88	81,93	64,02	87,97
30/11/2018	8:36	26,82	0,52	23,86	0,51	26,76	0,53	22,82	0,53	21,02	0,55	76,49	78,90	65,02	85,74
30/11/2018	8:47	28,65	0,53	24,84	0,51	28,30	0,58	23,96	0,54	21,55	0,54	80,76	74,19	67,03	81,58
30/11/2018	8:58	31,32	0,55	26,15	0,52	31,27	0,65	26,12	0,58	22,56	0,54	86,75	67,40	71,01	74,54
30/11/2018	9:09	38,65	0,60	29,55	0,52	36,78	0,88	27,32	0,59	23,47	0,57	104,05	52,42	74,80	73,30
30/11/2018	9:20	40,76	0,58	30,95	0,52	38,35	0,84	27,60	0,59	23,66	0,54	112,07	50,84	75,58	72,86
30/11/2018	9:30	43,15	0,60	31,95	0,53	40,69	0,87	29,59	0,54	24,59	0,55	118,05	46,91	79,60	67,45
30/11/2018	9:41	45,42	0,61	32,98	0,53	43,40	0,88	28,43	0,60	24,89	0,58	124,53	43,88	81,00	75,78
30/11/2018	9:52	48,04	0,63	34,14	0,53	45,93	0,77	30,55	0,58	25,78	0,60	132,17	40,68	85,03	69,30
30/11/2018	10:03	48,09	0,62	34,45	0,53	44,40	0,81	30,08	0,57	25,22	0,66	134,38	41,56	82,44	68,55
30/11/2018	10:14	49,37	0,63	34,95	0,53	47,72	0,77	31,59	0,68	26,46	0,71	137,85	39,88	88,23	67,79
30/11/2018	10:25	49,51	0,63	35,25	0,53	45,80	0,84	30,10	0,64	25,43	0,67	140,02	40,46	83,38	69,64
30/11/2018	10:36	49,01	0,63	35,11	0,53	45,21	0,72	31,44	0,59	25,52	0,64	139,03	41,28	83,79	63,35
30/11/2018	10:47	50,59	0,65	35,47	0,54	49,56	0,73	32,13	0,65	26,62	0,77	141,58	38,52	88,99	65,99
30/11/2018	10:58	50,47	0,64	35,55	0,54	46,17	0,74	31,78	0,57	25,81	0,63	142,18	39,04	85,13	63,27
30/11/2018	11:09	51,60	0,65	36,02	0,54	46,60	0,77	31,92	0,55	26,04	0,62	145,60	37,78	86,22	63,87
30/11/2018	11:20	50,17	0,63	35,53	0,54	44,63	0,71	31,65	0,58	25,47	0,62	142,05	39,70	83,52	62,01
30/11/2018	11:31	50,25	0,64	35,48	0,54	43,87	0,68	31,40	0,54	25,29	0,63	141,67	39,35	82,70	62,26
30/11/2018	11:42	51,78	0,66	36,12	0,54	45,60	0,71	32,05	0,57	26,09	0,59	146,36	37,65	86,44	63,49
30/11/2018	11:53	50,07	0,63	35,38	0,54	42,54	0,60	30,85	0,54	24,47	0,63	140,94	39,49	79,02	60,43
30/11/2018	12:03	49,38	0,63	35,06	0,53	39,08	0,59	28,79	0,52	24,72	0,74	138,64	40,21	80,20	72,62
30/11/2018	12:14	49,97	0,63	35,08	0,53	38,41	0,68	29,12	0,54	23,72	0,59	138,75	38,81	75,80	64,84
30/11/2018	12:25	51,81	0,66	35,65	0,54	41,85	0,67	30,29	0,63	23,49	0,62	142,84	36,25	74,75	57,75
30/11/2018	12:36	45,19	0,60	32,61	0,53	38,52	0,63	30,36	0,54	23,12	0,59	122,15	43,27	73,18	55,45
30/11/2018	12:47	43,55	0,58	31,88	0,53	39,13	0,59	30,26	0,53	23,24	0,58	117,61	45,44	73,69	56,50
30/11/2018	12:58	40,75	0,56	30,44	0,52	36,89	0,58	30,41	0,53	22,96	0,59	109,07	48,82	72,51	54,38
30/11/2018	13:09	42,62	0,60	31,54	0,53	39,26	0,58	32,04	0,54	23,98	0,58	115,54	47,02	76,80	52,54
30/11/2018	13:20	39,15	0,56	29,52	0,52	34,59	0,57	29,47	0,52	22,25	0,59	103,87	50,52	69,62	54,79
30/11/2018	13:31	37,40	0,55	28,71	0,52	34,40	0,57	29,76	0,52	22,28	0,61	99,53	53,44	69,74	53,66
30/11/2018	13:42	44,15	0,65	32,00	0,53	40,73	0,64	31,82	0,54	23,56	0,63	118,29	44,06	74,98	51,34
30/11/2018	13:53	44,92	0,59	32,49	0,53	40,25	0,61	30,28	0,54	23,94	0,59	120,80	43,30	76,58	50,46
30/11/2018	14:04	43,14	0,58	32,63	0,53	37,04	0,70	30,28	0,53	21,97	0,63	122,40	49,57	68,48	49,80
30/11/2018	14:14	36,51	0,55	31,64	0,53	34,42	0,55	30,30	0,53	22,49	0,60	116,47	71,55	70,57	52,38
30/11/2018	14:25	33,88	0,54	31,22	0,53	31,67	0,54	29,33	0,52	21,82	0,59	114,06	83,10	67,89	53,12
30/11/2018	14:36	31,61	0,53	29,80	0,52	30,58	0,53	29,12	0,52	21,55	0,58	105,85	87,88	66,82	52,58
30/11/2018	14:47	31,49	0,53	29,96	0,52	30,58	0,53	29,09	0,52	21,68	0,59	106,76	89,68	67,35	53,47
30/11/2018	14:58	34,28	0,55	32,86	0,54	34,61	0,54	30,35	0,53	22,70	0,58	124,38	90,82	71,44	53,27
30/11/2018	15:09	38,58	0,57	37,57	0,55	39,04	0,59	31,93	0,55	24,69	0,57	158,77	93,62	79,95	56,60
30/11/2018	15:20	43,09	0,59	42,34	0,57	38,76	0,64	30,54	0,53	23,40	0,61	202,71	95,69	74,36	56,10
30/11/2018	15:30	40,05	0,56	39,76	0,55	39,40	0,57	30,18	0,54	25,70	0,57	177,66	98,24	84,69	70,87
30/11/2018	15:41	42,61	0,57	42,23	0,57	38,09	0,60	28,21	0,53	24,46	0,61	201,57	97,78	79,05	74,31
30/11/2018	15:52	33,55	0,57	33,53	0,58	27,31	0,56	24,21	0,52	23,31	0,65	128,91	99,84	74,22	92,95
30/11/2018	16:03	24,04	0,55	24,57	0,51	22,53	0,52	21,88	0,52	21,75	0,52	79,75	100,00	67,90	98,89
30/11/2018	16:14	25,79	0,52	25,55	0,52	24,09	0,53	23,47	0,52	22,39	0,52	84,19	98,21	70,43	91,49
30/11/2018	16:25	28,04	0,52	27,93	0,52	25,03	0,53	24,00	0,54	22,75	0,53	95,87	99,25	71,90	90,29
30/11/2018	16:35	28,60	0,52	28,54	0,52	25,38	0,54	24,19	0,54	22,52	0,53	99,05	99,57	70,93	87,11
30/11/2018	16:46	27,53	0,52	27,50	0,52	25,14	0,53	24,27	0,54	22,46	0,53	93,63	99,78	70,68	87,25
30/11/2018	16:57	26,65	0,52	26,56	0,52	25,11	0,52	24,27	0,56	22,45	0,52	88,99	99,32	70,63	86,03
30/11/2018	17:08	26,11	0,52	26,14	0,52	23,73	0,52	23,89	0,55	21,25	0,54	86,95	100,00	65,87	79,88
30/11/2018	17:19	27,11	0,52	26,97	0,52	26,60	0,54	24,78	0,53	22,44	0,54	90,98	98,95	70,57	82,16
30/11/2018	17:30	30,05	0,53	29,84	0,52	28,15	0,53	24,78	0,53	22,68	0,54	106,14	98,50	71,57	84,15
30/11/2018	17:40	25,92	0,54	26,56	0,53	21,74	0,55	21,25	0,52	20,32	0,55	89,02	100,00	62,44	92,27
30/11/2018	17:51	20,34	0,52	21,00	0,51	19,06	0,52	18,96	0,52	19,23	0,52	65,04	100,00	58,53	100,00
30/11/2018	18:02	19,49	0,51	19,86	0,51	18,98	0,52	18,81	0,52	18,96	0,53	60,77	100,00	57,58	100,00
30/11/2018	18:13	19,36	0,51	19,61	0,51	18,99	0,51	18,96	0,52	18,95	0,54	59,89	100,00	57,52	99,87
30/11/2018	18:23	19,21	0,51	19,47	0,51	19,24	0,51	19,23	0,51	19,18	0,52	59,35	100,00	58,32	99,47
30/11/2018	18:34	19,25	0,51	19,45	0,51	19,07	0,51	19,23	0,51	19,09	0,52	59,29	100,00	58,01	98,78
30/11/2018	18:45	19,47	0,51	19,57	0,51	19,25	0,51	19,58	0,51	19,19	0,53	59,72	100,00	58,36	96,63
30/11/2018	18:56	19,62	0,51	19,69	0,51	19,16	0,51	19,61	0,52	19,05	0,52	60,16	100,00	57,87	95,17

Data	Hora	TBS interno		TBU interno		Temp. laje		TBS externo		TBU externo		Prop. at interno		Prop. at externo	
		Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	Tmed (°C)	u_Tmed	h (kJ/kg)	UR (%)	h (kJ/kg)	UR (%)
30/11/2018	19:07	19,41	0,51	19,52	0,51	18,95	0,51	19,61	0,51	19,14	0,52	59,54	100,00	58,18	95,92
30/11/2018	19:17	19,31	0,51	19,41	0,51	18,96	0,51	19,61	0,51	19,28	0,52	59,16	100,00	58,68	94,57
30/11/2018	19:28	19,42	0,51	19,47	0,51	18,99	0,51	19,76	0,51	19,21	0,52	59,38	100,00	58,43	95,24
30/11/2018	19:39	19,49	0,51	19,56	0,51	19,07	0,51	19,57	0,51	19,15	0,52	59,69	100,00	58,22	96,36
30/11/2018	19:50	19,42	0,51	19,49	0,51	19,25	0,51	19,43	0,51	19,52	0,52	59,44	100,00	58,54	100,00
30/11/2018	20:00	19,15	0,51	19,24	0,51	18,87	0,51	18,97	0,51	19,19	0,52	58,54	100,00	58,38	100,00
30/11/2018	20:11	19,13	0,51	19,22	0,51	19,09	0,51	19,15	0,51	19,34	0,53	58,48	100,00	58,92	100,00
30/11/2018	20:22	19,14	0,51	19,21	0,51	18,92	0,51	19,03	0,51	19,20	0,52	58,45	100,00	58,42	100,00
30/11/2018	20:33	19,19	0,51	19,25	0,51	19,04	0,52	19,17	0,51	19,35	0,52	58,57	100,00	58,92	100,00
30/11/2018	20:43	19,03	0,51	19,13	0,51	18,88	0,51	18,99	0,51	19,22	0,52	58,14	100,00	58,47	100,00
30/11/2018	20:54	19,03	0,51	19,13	0,51	19,03	0,51	19,23	0,51	19,44	0,52	58,14	100,00	59,27	100,00
30/11/2018	21:05	19,24	0,51	19,31	0,51	19,28	0,51	19,29	0,51	19,46	0,52	58,79	100,00	59,34	100,00
30/11/2018	21:16	19,46	0,51	19,48	0,51	19,49	0,52	19,51	0,51	19,73	0,52	59,41	100,00	60,29	100,00
30/11/2018	21:27	19,44	0,51	19,49	0,51	19,16	0,51	19,21	0,51	19,36	0,52	59,44	100,00	58,96	100,00
30/11/2018	21:37	19,20	0,51	19,30	0,51	18,86	0,52	18,76	0,51	18,98	0,52	58,76	100,00	57,65	100,00
30/11/2018	21:48	18,98	0,51	19,08	0,51	18,79	0,52	18,81	0,51	19,00	0,52	57,99	100,00	57,72	100,00
30/11/2018	21:59	18,90	0,51	19,03	0,51	18,85	0,52	18,84	0,51	19,04	0,52	57,81	100,00	57,86	100,00
30/11/2018	22:10	18,86	0,51	18,98	0,51	18,68	0,51	18,72	0,51	18,95	0,52	57,62	100,00	57,53	100,00
30/11/2018	22:20	18,82	0,51	18,94	0,51	18,84	0,52	18,89	0,51	19,09	0,52	57,50	100,00	58,01	100,00
30/11/2018	22:31	18,86	0,51	18,98	0,51	18,76	0,51	18,83	0,51	19,03	0,51	57,62	100,00	57,81	100,00
30/11/2018	22:42	18,87	0,51	18,99	0,51	18,85	0,52	18,94	0,51	19,09	0,52	57,65	100,00	58,01	100,00
30/11/2018	22:53	18,93	0,51	19,03	0,51	18,87	0,51	18,85	0,51	19,19	0,52	57,81	100,00	58,37	100,00
30/11/2018	23:03	18,74	0,51	18,85	0,51	18,60	0,52	18,63	0,51	18,84	0,52	57,20	100,00	57,14	100,00
30/11/2018	23:14	18,53	0,51	18,64	0,51	18,40	0,52	18,45	0,51	18,63	0,52	56,44	100,00	56,43	100,00
30/11/2018	23:25	18,45	0,51	18,59	0,51	18,33	0,51	18,40	0,51	18,56	0,52	56,29	100,00	56,17	100,00
30/11/2018	23:36	18,40	0,51	18,55	0,51	18,31	0,52	18,33	0,51	18,53	0,52	56,14	100,00	56,08	100,00
30/11/2018	23:46	18,35	0,51	18,46	0,51	18,23	0,52	18,37	0,51	18,56	0,52	55,84	100,00	56,17	100,00
30/11/2018	23:57	18,24	0,51	18,34	0,51	18,20	0,51	18,32	0,51	18,51	0,52	55,43	100,00	55,99	100,00

APÊNDICE H – PROJETO DA PLACA ELETRÔNICA PARA COLETA DE DADOS

APÊNDICE I – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

```
#include <Wire.h>
#include <Time.h>
#include <DS1307RTC.h>
#include <SD.h>

//cartão
bool cartaoOK = true;
const int chipSelect = 4;
//cartão

//clock
tmElements_t tm;
//clock

//umidade
const int pinoUmidade = A0;
//umidade

//mux
const int muxSignalA = A6;
const int muxSignalB = A7;

const int s0A = 9;
const int s1A = 8;
const int s2A = 7;
const int s3A = 6;
const int s0B = 3;
const int s1B = 2;
const int s2B = A2;
const int s3B = A1;

const int controlPinA[4] = {s0A, s1A, s2A, s3A};
const int controlPinB[4] = {s0B, s1B, s2B, s3B};
```



```

const int muxChannel[16][4] = {
    { 0 , 0 , 0 , 0 } , // canal 0
    { 1 , 0 , 0 , 0 } , // canal 1
    { 0 , 1 , 0 , 0 } , // Canal 2
    { 1 , 1 , 0 , 0 } , // canal 3
    { 0 , 0 , 1 , 0 } , // canal 4
    { 1 , 0 , 1 , 0 } , // canal 5
    { 0 , 1 , 1 , 0 } , // canal 6
    { 1 , 1 , 1 , 0 } , // canal 7
    { 0 , 0 , 0 , 1 } , // canal 8
    { 1 , 0 , 0 , 1 } , // canal 9
    { 0 , 1 , 0 , 1 } , // canal 10
    { 1 , 1 , 0 , 1 } , // canal 11
    { 0 , 0 , 1 , 1 } , // canal 12
    { 1 , 0 , 1 , 1 } , // canal 13
    { 0 , 1 , 1 , 1 } , // canal 14
    { 1 , 1 , 1 , 1 } // canal 15
};

//mux

int line = 0;
const int numLines = 50;
//String lineOutput[numLines];

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    //cartao
    if (cartaoOK) {
        pinMode(10, OUTPUT);
        if (!SD.begin(chipSelect)) {
            Serial.println("Card failed, or not present");
        }
    }
}

```

```

    else Serial.println("card initialized.");
}
//cartao

//mux
for (int j=0; j<4; j++) {
    pinMode(controlPinA[j], OUTPUT);
    digitalWrite(controlPinA[j], LOW);
    pinMode(controlPinB[j], OUTPUT);
    digitalWrite(controlPinB[j], LOW);
}
//mux
}

void loop() {

    //if (cartaoOK) {

        String fileNameStr = numStr(tm.Day) + numStr(tm.Hour) + numStr(tm.Minute) +
numStr(tm.Second) + ".txt";
        File dataFile = SD.open(fileNameStr.c_str(), FILE_WRITE);
        Serial.print("arquivo aberto - ");
        Serial.print(fileNameStr);

        if (dataFile) Serial.println(" - OK");
        else {
            Serial.println(" - erro ao abrir arquivo do cartao");
            cartaoOK = false;
        }

    //}

    for (int linha=0; linha<numLines; linha++) {

```

```

if (RTC.read(tm)) {

    Serial.print(numStr(tm.Day) + "/" + numStr(tm.Month) + " " + numStr(tm.Hour) + ":" +
numStr(tm.Minute) + ":" + numStr(tm.Second) + " ");

    if (cartaoOK) {
        dataFile.print(numStr(tm.Day) + "/" + numStr(tm.Month) + " " + numStr(tm.Hour) + ":"
+ numStr(tm.Minute) + ":" + numStr(tm.Second) + " ");
    }

}

else Serial.print("erro relógio ");

//mux A
for (int i=0; i<16; i++) {
    setMuxA(i);
    int tempSignal = analogRead(muxSignalA);
    Serial.print(tempSignal);
    Serial.print(" ");
    if (cartaoOK) {
        dataFile.print(tempSignal);
        dataFile.print(" ");
    }
}

//mux B - temperatura
for (int i=11; i<16; i++) {
    setMuxB(i);
    int tempSignal = analogRead(muxSignalB);
    Serial.print(tempSignal);
    Serial.print(" ");
    if (cartaoOK) {
        dataFile.print(tempSignal);
        dataFile.print(" ");
    }
}
}

```

```

//mux B - umidade do solo
for (int i=0; i<3; i++) {
    setMuxB(i);
    int umidSignal = analogRead(muxSignalB);
    Serial.print(umidSignal);
    if (cartaoOK) dataFile.print(umidSignal);
    if (i!=2) {
        Serial.print(" ");
        if (cartaoOK) dataFile.print(" ");
    }
    else {
        Serial.println(" ");
        if (cartaoOK) dataFile.println(" ");
    }
}
//mux

//umidade
//for (int i=0; i<3; i++) {
// int sinalUmidade = analogRead(pinoUmidade);
// Serial.println(sinalUmidade);
// if (cartaoOK) {
//     dataFile.print(sinalUmidade);
//     dataFile.print(" ");
// }

delay(1000);
}

//cartao
if (cartaoOK) {
    dataFile.close();
    Serial.println("arquivo salvo");
}

```

```

//}

//line = 0;
delay(10000);

}

//mux
void setMuxA(int channel) {
    for (int i=0; i<4; i++) {
        digitalWrite(controlPinA[i], muxChannel[channel][i]);
    }
}

void setMuxB(int channel) {
    for (int i=0; i<4; i++) {
        digitalWrite(controlPinB[i], muxChannel[channel][i]);
    }
}

//mux

String numStr(int number) {
    String value = "";
    if (number >= 0 && number < 10) {
        value = value + "0";
    }
    return value + String(number);
}

```