INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Avaliação do desempenho térmico das paredes e níveis de conforto de uma
edificação bioclimática em uma região de clima quente e seco**

MARCIO RIBAS MORAES

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear – Aplicações**

**Orientador:
Prof. Dr. Marcus Paulo Raele**

**São Paulo
2020**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Avaliação do desempenho térmico das paredes e níveis de conforto de uma
edificação bioclimática em uma região de clima quente e seco**

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

MARCIO RIBAS MORAES

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear – Aplicações**

**Orientador:
Prof. Dr. Marcus Paulo Raelle**

**São Paulo
2020**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

MORAES, M.R. **Avaliação do desempenho térmico de paredes e níveis de conforto de uma habitação bioclimática em clima quente e seco**. 2020. 70p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br>. Acesso em: dd/mm/aaaa.

Moraes, Marcio Ribas

Avaliação do desempenho térmico das paredes e níveis de conforto de uma edificação bioclimática em uma região de clima quente e seco / Marcio Ribas Moraes; orientador Marcus Paulo Ruele. -- São Paulo, 2020.

72 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2020.

1. Arquitetura bioclimática. 2. Desempenho térmico. 3. Eficiência Energética. I. Ruele, Marcus Paulo , orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: **MARCIO RIBAS MORAES**

Título: **Avaliação do desempenho térmico das paredes e níveis de conforto de uma edificação bioclimática em uma região de clima quente e seco.**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Grande Arquiteto do Universo pelas conquistas em minha vida. Agradeço ao IPEN, pela oportunidade de ter realizado esse curso, ao meu orientador por todo auxílio e orientação. Agradeço à minha esposa, que esteve ao meu lado me fortalecendo constantemente durante todos momentos. Agradeço a minha família por todo apoio e incentivo. Muito obrigado!

RESUMO

MORAES, M.R. **Avaliação do desempenho térmico de paredes e níveis de conforto de uma habitação bioclimática em clima quente e seco**. 2020. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

Em regiões de clima quente e seco, como em parte das regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil, a intensa radiação solar nas edificações aumenta o consumo de energia elétrica com ar condicionado, principalmente em construções com vedações de baixa resistência térmica. Embora no Brasil a matriz energética utilize principalmente fontes renováveis, os impactos da implantação das usinas não são desprezíveis. A arquitetura bioclimática oferece soluções passivas para o conforto térmico nas edificações com baixo investimento, pouca manutenção e boa eficiência térmica. Nesse contexto, uma residência bioclimática foi construída, aplicando diferentes composições de paredes para avaliar suas propriedades térmicas em um cenário real. Este trabalho avaliou as temperaturas internas e externas de cada tipo de composição de parede durante um ano. Outros parâmetros físicos, como umidade relativa, irradiância solar e refletância da tinta também foram medidos e analisados. Os custos e a economia foram calculados em um breve estudo de viabilidade, apontando o isolamento térmico com Poliestireno Expandido (EPS) como uma solução acessível para o problema de calor causado pela luz solar e o consumo de energia elétrica com climatização.

Palavras-chave: *Arquitetura bioclimática. Desempenho térmico. Eficiência energética.*

ABSTRACT

MORAES, M.R. **Evaluation of the thermal performance of walls and comfort levels of a bioclimatic dwelling in hot and dry weather**. 2020. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

In regions of hot and dry climate, as in part of the north, northeast and central-west regions of Brazil, intense solar radiation in buildings increases the consumption of electrical energy with air conditioning, especially in buildings with low thermal resistance fences. Although in Brazil the energy matrix uses mainly renewable sources, the impacts of the implantation of the plants are not negligible. Bioclimatic architecture offers passive solutions for thermal comfort in buildings with low investment, low maintenance and good thermal efficiency. In this context, a bioclimatic residence was built, applying different compositions of walls to evaluate their thermal properties in a real scenario. This work evaluated the internal and external temperatures of each type of wall composition for one year. Other physical parameters, such as relative humidity, solar irradiance and paint reflectance were also measured and analyzed. Costs and savings were calculated in a brief feasibility study, pointing to thermal insulation with Expanded Polystyrene (EPS) as an affordable solution to the heat problem caused by sunlight and the consumption of electrical energy with air conditioning.

Keywords: Bioclimatic architecture. Thermal performance. Energy efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
4.1	Resistência térmica	25
4.2	Transmitância térmica	26
4.3	Capacidade térmica	26
4.4	Atraso térmico	27
4.5	Fator solar	27
4.6	Inércia térmica	28
4.7	Variáveis climáticas e ambientais	28
5	CONCEPÇÃO DA PROPOSTA	30
6	MATERIAIS E MÉTODOS	31
6.1	Materiais	31
6.2	Métodos	35
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
7.1	Setembro 2018	39
7.1.1	Paredes 1 e 2	40
7.1.2	Parede 3	42
7.1.3	Paredes 5 e 6	44
7.2	Fevereiro 2019	45
7.3	Temperatura da superfície das paredes e ambientes	49
7.4	Quantificando os requisitos ambientais	50
7.5	Estudo de viabilidade	51
7.5.1	Custo das alvenarias	52
8	CONCLUSÕES	54
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
10	ANEXOS	59

1. INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade teve origem na Suécia durante a conferência das Nações Unidas em 1972, onde foi afirmado que o desenvolvimento sustentável deve suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender as gerações futuras [1], a partir de então surgiram na Europa discussões relacionadas a sustentabilidade no âmbito da arquitetura temendo uma crise energética mundial gerada pela crescente demanda populacional e o consumo de combustíveis fósseis. A arquitetura bioclimática ganhou importância, oferecendo soluções sustentáveis para o conforto ambiental passivo e a redução no consumo de energia. Edificações bioclimáticas no Reino Unido obtiveram economia de 50% no consumo de energia para aquecimento dos ambientes em comparação às práticas convencionais, na Grécia uma pesquisa com 77 edificações obteve resultados de eficiência energética média na ordem de 68%, com variações entre 19,6% e 100% no consumo de energia com climatização [2].

O crescimento da população, o avanço das tecnologias da construção e a conscientização acerca do desenvolvimento sustentável, incitaram estudos sobre estratégias bioclimáticas na arquitetura também no Brasil. Em 1997 Lamberts *et al.* [3] apresentaram uma proposta de zoneamento bioclimático para o Brasil dividindo o país em zonas com características climáticas semelhantes, onde por consequência os requisitos para o conforto térmico passivo para as edificações também são semelhantes, o trabalho serviu como referência para duas normas regulamentadoras, a *NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações* [4], com parâmetros de desempenho para o conforto térmico, publicada em 2003 e revisada em 2005, e a *NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho* [5] publicada em 2008 e revisada em 2013, que abrange de forma mais ampla o desempenho dos elementos construtivos das edificações em vários quesitos, entre eles os relacionados ao conforto térmico.

Além das normas brasileiras, existem também as certificações que classificam e certificam edificações eficientes, se destacam o *Leadership in*

Energy and Environmental Design (LEED) administrada pela organização norte americana *Green Building Council*, o Selo Azul da Caixa Econômica Federal que além de certificar, oferece benefícios para a construção de empreendimentos com soluções sustentáveis e o certificado Requisitos Técnicos da Qualidade (RTQ) para os níveis de eficiência energética de edifícios comerciais (RTQ-C) e residenciais (RTQ-R) desenvolvidos no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

A *NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações*, publicada em 2005, é dividida em 5 partes, a *Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social* [6], divide o país em zonas bioclimáticas e sugere estratégias para projetos de arquitetura adaptados para o clima de cada região. Os custos relacionados a implantação das estratégias bioclimáticas variam entre 3 e 5% podendo chegar a 10% do valor total da obra, porém uma edificação eficiente pode economizar até 10 vezes o consumo de energia elétrica em relação a uma edificação convencional [2].

No Brasil o consumo de energia elétrica cresceu 100% no período entre os anos 1995 e 2019 [7] devido aos desenvolvimentos do setor industrial, serviços comerciais e demandas residenciais, só nas regiões norte e centro-oeste o aumento populacional foi de 43,7% nos últimos anos [8], impulsionando construções para diversos fins (casas, comércio, galpões, etc.), segundo Pereira, 46,7% da energia elétrica no país é consumida por edificações em geral [9]. Em algumas regiões do Brasil as temperaturas são constantemente altas, chegando a 40°C [10], o que por consequência eleva o consumo de energia elétrica com climatização. A Figura 1 é uma caracterização compacta das temperaturas médias horárias e a sensação térmica humana relacionada em uma cidade da região norte do país, estima-se que nesses lugares 40% do consumo de energia residencial é demandado por aparelhos de ar condicionado [9].

Figura 1: Caracterização térmica no TO, estado da região Norte.

Fonte: referência [11].

Em geral, casos de desconforto por calor, comuns nas regiões ao norte do país, são causados pela intensa insolação. Porém, através da composição dos elementos da edificação, definindo seus materiais de acordo com os requisitos climáticos locais, é possível minimizar a transmissão de energia térmica para dentro dos ambientes, diminuindo a temperatura, a necessidade de climatização mecânica e o consumo de energia elétrica.

A NBR 15.220-3 [6] determina para locais com clima quente e seco, como em parte das regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil, que as paredes sejam 'pesadas' (com grande atraso térmico), ou seja, compostas por alvenarias duplas ou blocos maciços. Segundo Bassala [12], alvenaria é uma das tecnologias construtivas mais aceitas em edificações desde a antiguidade, no Brasil antigamente as paredes eram construídas com tijolos de adobe, composto de terra crua, água e fibras naturais, fabricado artesanalmente e cozido ao sol, as paredes de adobe, tinham excelentes propriedades térmicas mantendo a temperatura dos ambientes balanceada. Com o processo de industrialização na construção civil, os tijolos de adobe foram sendo substituídos por tijolos furados, mais leves e fabricados em grande escala, no entanto, em regiões de clima quente, o uso de paredes de alvenaria de tijolos furados pode ser impróprio.

O conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção são fundamentais para a eficiência energética em edificações, nas regiões de clima quente o uso de materiais isolantes térmicos é uma opção para a redução do fluxo de calor causado pela insolação. O desempenho térmico dos

componentes das edificações pode ser identificado através de suas condições térmicas bem como dos ambientes adjacentes. As variáveis do clima como a radiação solar, a temperatura do ar e umidade relativa, influenciam significativamente as temperaturas da envoltória dos edifícios e por consequência também as temperaturas e umidades relativas do ar nos ambientes internos.

Embora pesquisas na área sejam cada vez mais recorrentes, no Brasil poucos estudos avaliaram o desempenho térmico de elementos construtivos *in loco*, com relação as paredes, não foram encontrados estudos na literatura avaliando seus desempenhos em edificações reais na região norte, os resultados obtidos nesta pesquisa, além de oferecer base para outros trabalhos acadêmicos, evidenciam a importância da arquitetura bioclimática para o desenvolvimento sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desempenho térmico de diferentes configurações construtivas de paredes externas de uma edificação, construídas com alvenaria de tijolos furados assentados e revestidos de diferentes formas, buscando interferir no fluxo de calor gerado pela insolação e contribuir para o conforto térmico passivo.

2.2. Objetivos específicos

- Registrar as condições do clima no entorno imediato à edificação;
- Registrar as variáveis térmicas das superfícies das paredes envoltórias da edificação;
- Registrar as variáveis dos ambientes formados pelas paredes envoltórias da edificação;
- Analisar a interferência das alvenarias envoltórias na variação da temperatura interna do ar nos ambientes formados por elas;
- Verificar os custos de construção das alvenarias externas da edificação;
- Avaliar a viabilidade econômica do investimento em relação a construção das paredes e a regulação térmica dos ambientes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A arquitetura bioclimática vêm ganhando maior atenção nos últimos anos, a Figura 2 ilustra o número crescente de citações por ano do termo “bioclimatic architecture” na base de dados Web of Science.

Figura 2: citações do termo “bioclimatic architecture” por ano.

Fonte: Autor da dissertação.

Segundo Lamberts *et al.* [13] os métodos diretos de projetos bioclimáticos aplicados às edificações tiveram início em 1963 com a Carta Bioclimática de Olgyay, diagrama que relacionou o clima e o conforto humano considerando a temperatura e a umidade relativa do ar, propondo zonas climáticas e estratégias para os projetos de arquitetura. Posteriormente outras cartas bioclimáticas foram montadas com base em um ábaco que representa graficamente as evoluções do ar úmido denominado carta psicrométrica. A carta desenvolvida por Givoni em 1991, é a mais adequada para o Brasil, apresenta 9 zonas definidas de acordo com as condições climáticas locais, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3: Carta psicrométrica de Givoni.

Fonte: Referência [14].

Devido aos avanços tecnológicos e os custos mais acessíveis dos equipamentos, as análises quantitativas foram ficando cada vez mais recorrentes [15]. Recentemente foram reportados por Chen *et al.* [16] estudos baseados em simulações computacionais, no qual toda a avaliação é realizada numericamente. No cenário brasileiro, existem há alguns anos estudos de eficiência bioclimática, Labaki *et al.* [17] por exemplo, estudaram em 1996 designs vernaculares brasileiros ponderando questões térmicas, ainda que de uma forma não quantitativa. Em 1997 Lamberts *et al.* [3] publicaram importante trabalho que motivou várias pesquisas na área e deu base para o zoneamento bioclimático brasileiro atual adotado pela NBR 15.220-3 que divide o país em 8 zonas bioclimáticas como mostra a Figura 4.

Figura 4: Zoneamento bioclimático brasileiro.

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.

Fonte: Referência [6].

Para cada zona bioclimática são fixadas estratégias a serem adotadas na elaboração de projetos arquitetônicos, conforme resume a Tabela 1.

Tabela 1: Zonas bioclimáticas brasileiras e estratégias relacionadas.

ZONA BIOCLIMÁTICA	ESTAÇÃO	ESTRATÉGIA DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO
Z1	Verão	-
	Inverno	b) Aquecimento solar da edificação c) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Z2	Verão	j) Ventilação cruzadas
	Inverno	b) Aquecimento solar da edificação c) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Z3	Verão	j) Ventilação cruzadas
	Inverno	b) Aquecimento solar da edificação c) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Z4	Verão	h) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento j) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
	Inverno	b) Aquecimento solar da edificação c) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Z5	Verão	j) Ventilação cruzada
	Inverno	c) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Z6	Verão	h) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento j) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
	Inverno	c) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Z7	Verão	h) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento j) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
	Inverno	-
Z8	Verão	j) Ventilação cruzada permanente
	Inverno	-

Fonte: Autor da dissertação.

Além das estratégias inerentes a morfologia do edifício, outras definições relacionadas aos elementos construtivos também são definidas pela norma em função das configurações climáticas de cada região, a envoltória, constituída pelos fechamentos (pisos, paredes e cobertura) e elementos operáveis (esquadrias) é o conjunto de composições decisivo para o conforto térmico das edificações, é através desses elementos que acontecem as trocas de energia entre os ambientes internos e externos. Há alguns anos pesquisadores buscam soluções passivas e de alta eficiência para aumentar o desempenho térmico das edificações utilizando materiais com propriedades físicas específicas.

Em 2007, foram reportados esforços para quantificação de estratégias de conforto térmico na Zona Bioclimática 8 por Marques [18], nesse estudo foi correlacionada a inclinação do telhado com a temperatura da edificação. Pirró em 2014 [19] ressaltou a relevância da composição da envoltória como estratégia para o desempenho térmico passivo da edificação.

A NBR 15.220-3 [6] define as paredes como leves, leves refletoras ou pesadas e as coberturas como leves isoladas, leves refletoras ou pesadas, classificadas de acordo com a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator solar de suas composições, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Níveis admissíveis para vedações externas.

VEDAÇÕES EXTERNAS		TRANSMITÂNCIA TÉRMICA – U w/m ² .K	ATRASO TÉRMICO – ϕ horas	FATOR SOLAR – FSO %
PAREDES	LEVE	$U \leq 3,00$	$Y \leq 4,3$	$FSO \leq 5,0$
	LEVE REFLETORA	$U \leq 3,60$	$Y \leq 4,3$	$FSO \leq 4,0$
	PESADA	$U \leq 2,20$	$Y \geq 6,5$	$FSO \leq 3,5$
COBERTURAS	LEVE ISOLADA	$U \leq 2,00$	$Y \leq 3,5$	$FSO \leq 6,5$
	LEVE REFLETORA	$U \leq 2,30$ FT	$Y \leq 3,3$	$FSO \leq 6,5$
	PESADA	$U \leq 2,00$	$Y \geq 6,5$	$FSO \leq 6,5$

Fonte: Referência [6].

Para cada zona climática são definidos os componentes construtivos ideais para as edificações, como apresenta o resumo na Tabela 3.

Tabela 3: Requisitos da envoltória para as zonas bioclimáticas brasileiras.

ZONA BIOCLIMÁTICA	PAREDES	COBERTURA
Z1	LEVE	LEVE ISOLADA
Z2	LEVE	LEVE ISOLADA
Z3	LEVE REFLETORA	LEVE ISOLADA
Z4	PESADA	LEVE ISOLADA
Z5	LEVE REFLETORA	LEVE ISOLADA
Z6	PESADA	LEVE ISOLADA
Z7	PESADA	PESADA
Z8	LEVE REFLETORA	LEVE REFLETORA

Fonte: Autor da dissertação.

No Anexo D da NBR 15.220-3 [6], constam exemplos de composições de alvenarias e coberturas, onde são sugeridas paredes pesadas compostas por levantamento duplo de tijolos de 6 furos ou maciços, como ilustra a Tabela 4.

Tabela 4: Exemplos de paredes pesadas classificadas pela transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.

Parede	Descrição	U [W/(m².K)]	Ct [kJ/(m².K)]	φ (horas)
<p>Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão.</p> <p>Dimensões do tijolo: 9x14x19 cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1 cm</p> <p>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm</p> <p>Espessura total da parede: 19 cm</p>	1,52	248	6,5
<p>Parede dupla de tijolos maciços assentados na menor dimensão.</p> <p>Dimensões do tijolo: 10x6x22 cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1 cm</p> <p>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm</p> <p>Espessura total da parede: 26 cm</p>	2,30	430	6,6
<p>Parede de tijolos maciços assentados na maior dimensão.</p> <p>Dimensões do tijolo: 10x6x22 cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1 cm</p> <p>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm</p> <p>Espessura total da parede: 27 cm</p>	2,25	445	6,8

Fonte: Referência [6].

Magalhães em 2009 [20] publicou um trabalho sobre o uso das paredes de alvenaria em Portugal durante o século XX, onde composições pesadas foram predominantes. (Figura 5)

Figura 5: Evolução da composição das alvenarias em Portugal no séc.XX.

Fonte: Referência [21].

- Anos 40, paredes simples espessas de pedra ou tijolo maciço;
- Anos 50, paredes duplas de pedra e tijolo furado, caixa-de-ar;
- Anos 60, paredes duplas de tijolo com um pano mais espesso;
- Anos 70, paredes duplas de tijolo furado com espessura reduzida;
- Anos 80, paredes duplas de tijolo furado com isolamento térmico.

No Brasil, embora também tenham sido utilizados blocos de adobe, tijolos maciços e tijolos furados de diversos tipos, é raro encontrar paredes de composição dupla com blocos ou tijolos nos edifícios. De acordo com Lourenço [21], a maior parte dos edifícios construídos no país foram executados com alvenarias de tijolos furados, que são mais leves, econômicos e tem boa adaptação às estruturas de concreto armado. Segundo Gouveia [22], são produzidas 5 a 5,5 milhões de toneladas por ano de tijolos no país, sua fabricação é simples, de baixo custo e não poluente, porém a utilização deste item requer observância aos requisitos climáticos. As alvenarias de tijolos furados oferecem apenas 3,7 horas de atraso térmico e tem capacidade térmica de $168 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$, menos eficientes para regiões quentes do que as alvenarias de adobe, com capacidade térmica de aproximadamente $445 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ e atraso térmico superior a 6,5 horas.

Em 2014 Novais *et al.* [23] publicaram os resultados de uma pesquisa relacionando o fluxo de calor e a temperatura dos ambientes comparando os desempenhos de compartimentos formados por tijolos furados e painéis de poliestireno expandido (EPS), conseguindo resultados significativos na diminuição do fluxo de energia e na temperatura do ambiente. O EPS, também conhecido como isopor, é um material fácil de comprar em qualquer lugar. As principais características do EPS são a baixa densidade (9 kg/m³ a 40 kg/m³) tendo 97% do volume composto por ar, baixa condutibilidade térmica e acústica e baixa absorção de água. O EPS é compatível com a maioria dos materiais de construção e pode ser usado de diversas maneiras em paredes, divisórias, lajes e telhados. A Figura 6 ilustra um exemplo de uso do EPS como isolante térmico em uma composição de alvenaria de tijolos. Nesse caso, as placas de EPS são coladas diretamente nos tijolos e agregam suas propriedades à composição, sobre elas são aplicados os revestimentos argamassados de cimento e a pintura.

Figura 6: Alvenaria de tijolos com revestimento isolante.

Fonte: Referência [24].

A definição das cores das superfícies irradiadas também é importante, segundo ABREU *et al.* [25], para a limitação dos ganhos de calor, certos materiais com aplicação de tintas claras se tornam altamente reflexivos, tendendo a baixa absorção de ondas curtas. Romero [26] afirma que a energia transferida para o interior da edificação dependerá da capacidade térmica da envoltória e das características dos materiais de revestimento inclusive suas cores, já que interferem diretamente nas propriedades de absorção ou reflexão. A NBR 15.220-3 [6] fixa os níveis máximos de ganho solar através do fator solar (FS) na Tabela

2) considerando a capacidade de absorção das cores, sendo as cores mais claras menos absorventes de radiação solar como mostra Tabela 5.

Tabela 5: coeficiente de absorção...

PINTURA DA SUPERFÍCIE	ABSORTÂNCIA
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
“Alumínio”	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

Fonte: Referência [4].

A definição das estratégias são imprescindíveis para o condicionamento térmico dos ambientes internos, porém a sensação de conforto térmico humano depende de uma série de variáveis não apenas relacionadas ao edifício, de forma que se considerarmos um ambiente com diversas pessoas, certamente haverá diferentes níveis de satisfação. Em 1996, a American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHARE) definiu o conforto térmico como o “estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda” [27], estabelecendo como referência a temperatura de 24 °C combinada com umidade relativa entre 30% e 60%, o Ministério do Trabalho determina por meio da NR 17 [28] que a temperatura do ambiente de trabalho onde são executadas atividades intelectuais (escritórios, laboratórios, etc.) seja efetiva entre 20 °C e 23 °C, com umidade relativa não inferior a 40%. A NBR 6401 [29], por sua vez, considera condições de conforto em residências, temperaturas entre 23 °C e 26,5 °C no verão e entre 20 °C e 22 °C no inverno, com umidade relativa entre 40% e 60%.

Segundo Givoni [14], o conforto térmico pode ser obtido com temperatura entre 18 °C e 29 °C em ambientes com umidade relativa variando de 20% a 80%. Baseada nos mesmos parâmetros, a NBR 15.220-3 [6] fixa as seguintes diretrizes projetivas para o desempenho térmico de edificações na Zona Bioclimática 7.

Tabela 6: Síntese das diretrizes normativas para Zona Bioclimática 7.

Vedações externas	Parede: Pesada	Transmitância térmica	$U \leq 2,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$
		Atraso térmico	$\varphi \geq 6,5 \text{ h}$
		Fator Solar	$\text{FSO} \leq 3,5$
	Cobertura: Pesada	Transmitância térmica	$U \leq 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$
		Atraso térmico	$\varphi \geq 6,5 \text{ h}$
		Fator Solar	$\text{FSO} \leq 6,5$
Aberturas para ventilação		Pequenas	$10\% < A < 15\%$ $A = \text{área do ambiente em m}^2$
		Sombrear aberturas	Evitar insolação direta dentro dos ambientes
Estratégias de condicionamento térmico passivo	Verão		H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento. J) Ventilação seletiva (nos períodos em que a temperatura interna estiver superior à externa).

Fonte: Autor da dissertação.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os estudos sobre o comportamento térmico das edificações são fundamentados em conceitos da termodinâmica, ramo da física que estuda as trocas de energia entre corpos e sistemas. A radiação solar é a fonte primária de energia no planeta, irradiada por ondas eletromagnéticas, anualmente o sol fornece aproximadamente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia [30], diariamente a energia solar que atinge a superfície da Terra é 10.000 vezes maior que a energia consumida por toda a humanidade [31]. As formas mais relevantes de interação da energia com a matéria para o estudo dos efeitos da incidência solar sobre as edificações são a reflexão, a absorção e a transmissão.

A reflexão ocorre na interface entre dois meios com diferentes índices de refração quando parte da radiação que atinge uma superfície é redirecionada para o meio de origem.

A absorção ocorre quando a radiação é utilizada por um sistema para uma mudança de estado energético, no contexto desse estudo pode-se simplificar o fenômeno para a conversão da radiação em energia térmica.

A transmissão é caracterizada pelo fluxo da energia que ocorre entre sistemas, a transferência de calor pode ocorrer de três formas: condução, convecção e radiação.

O calor é para a termodinâmica a quantidade de energia em trânsito entre os sistemas, a quantidade de calor (Q) pode ser calculada pela equação fundamental da calorimetria, representada pela expressão 1, sua unidade é o joule (J).

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (1)$$

Onde:

Q é a quantidade de calor sensível (J)

m é a massa do corpo (kg ou g)

c é o calor específico (J/kg.K)

Δt é a variação de temperatura (K)

De acordo com a NBR 15.220 [4] outros conceitos físicos relevantes para a bioclimatologia quanto ao comportamento da energia são a resistência térmica, a transmitância térmica, a capacidade térmica, o atraso térmico e o fator solar.

4.1. RESISTENCIA TÉRMICA

A resistência térmica é a propriedade dos objetos ou materiais em resistir ao fluxo de calor. Seu símbolo é R e sua unidade é K/W (kelvins por watt). A resistência térmica pode ser calculada pela expressão 2.

$$R=e/\lambda \quad (2)$$

Onde:

e é a espessura

λ é a condutividade térmica

4.1.1. RESISTENCIA TÉRMICA (camadas homogêneas)

A resistência térmica de um componente plano constituído por camadas homogêneas pode ser determinada pela expressão 3.

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + \dots + R_{tn} + R_{ar1} + R_{ar2} + \dots + R_{arn} \quad (3)$$

Onde:

$R_{t1}, R_{t2}, \dots, R_{tn}$ são as resistências térmicas das n camadas homogêneas.

$R_{ar1}, R_{ar2}, \dots, R_{arn}$ são as resistências térmicas das n câmaras de ar.

4.1.2. RESISTENCIA TÉRMICA (camadas homogêneas ou não)

A resistência térmica de um componente plano constituído por camadas não homogêneas pode ser determinada pela expressão 4.

$$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad (4)$$

Onde:

$R_a, R_b, \dots, R_n$ são as resistências térmicas de superfície à superfície para cada seção (a, b, ..., n), determinadas pela expressão 4;

$A_a, A_b, \dots, A_n$ são as áreas de cada seção.

4.2. TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

A transmitância ou condutividade térmica é o inverso da resistência térmica total, se dividirmos 1 m² de um determinado elemento pela diferença de temperatura de suas faces, obteremos como resultado a transmitância térmica, cujo símbolo é U e a unidade é W/m².K (watt por metro quadrado Kelvin), variável diretamente relacionada a capacidade da matéria em conduzir o calor. A transmitância térmica pode ser encontrada pela expressão 5.

$$U = 1/\Delta t \text{ ou } U = 1/R \quad (5)$$

Onde:

Δt é a variação de temperatura (K)

R é a resistência térmica

4.3. CAPACIDADE TÉRMICA

A *capacidade térmica* é definida pela quantidade de calor necessária para variar a temperatura de um sistema em uma unidade, seu símbolo C e a unidade J/K (joule por kelvin). Pode ser calculada pela expressão 6.

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (6)$$

Onde:

λ_i é a condutividade térmica do material da camada i^a ;

R_i é a resistência térmica da camada i^a ;

e_i é a espessura da camada i^a ;

c_i é o calor específico do material da camada i^a ;

ρ_i é a densidade de massa aparente do material da camada i^a .

4.3.1. CAPACIDADE TÉRMICA (camadas homogêneas ou não)

A capacidade térmica de um componente plano constituído por camadas não homogêneas pode ser determinado pela expressão 7.

$$C_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{A_b}{C_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{C_{Tn}}} \quad (7)$$

Onde:

$C_{Ta}, C_{Tb}, \dots, C_{Tn}$ são as capacidades térmicas do componente para cada seção (a, b, ..., n), determinadas pela expressão 6;

$A_a, A_b, \dots, A_n$ são áreas de cada seção.

4.4. ATRASO TÉRMICO

O *atraso térmico* é o tempo transcorrido entre a variação térmica em uma superfície e sua manifestação na superfície oposta, seu símbolo é φ e sua unidade se apresenta em h (horas). Pode ser estimado pela expressão 8.

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_t \cdot C_T} \quad (8)$$

Onde:

φ é o atraso térmico;

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície do componente;

C_T é a capacidade térmica do componente.

4.5. FATOR SOLAR

O fator de ganho solar é dado em função da capacidade de absorver e transmitir a energia de um componente, pode ser calculado pela expressão 9.

$$FS_o = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad (9)$$

Onde:

U é a transmitância térmica do componente

α é a absorptância à radiação solar em função da cor

Além desses, para o bioclimatismo, outras definições importantes para os estudos do desempenho térmico em edificações são a inércia térmica e as variáveis do clima.

4.6. INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica está associada a capacidade de transferência de calor através de um elemento, a NBR 15.220 [4] classifica essa propriedade em função da transmitância térmica, atraso térmico e fator solar, como pode ser visto na Tabela 2, sendo os componentes pesados os que possuem maior inércia térmica. Este conceito está diretamente relacionado a capacidade do elemento em armazenar energia reduzindo a amplitude térmica do entorno, sendo assim, materiais com alta inércia térmica tem a propriedade de abrandar a influência dos picos de temperaturas externas nos ambientes internos através da sua quantidade de massa.

4.7. VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E AMBIENTAIS

Para o estudo do desempenho térmico em edificações, devem ser consideradas as variáveis climáticas com relação direta sobre o edifício e seus componentes, como a temperatura e a umidade relativa do ar, a velocidade e a direção do vento e a radiação solar. A umidade relativa do ar é a quantidade de água existente no ar atmosférico em forma de vapor e é inversamente proporcional a temperatura do ambiente [32]. A radiação solar é a energia radiante emitida pelo sol.

Tendo em vista que o conforto térmico depende de uma série de interações entre o clima e os componentes do edifício, é fundamental que sejam conhecidas também as variáveis térmicas dos ambientes e de seus elementos construtivos, as temperaturas desses elementos podem não ser uniformes

mesmo se tratando de um único plano, devido as diferenças morfológicas e de exposição a luz solar. As radiações geralmente heterogêneas das paredes podem ser integradas em um valor médio, constituindo assim uma temperatura uniforme representativa.

5. CONCEPÇÃO DA PROPOSTA

Tendo em vista a problemática do uso predominante de tijolos furados nas alvenarias de envoltória das edificações nas regiões norte e nordeste, foi projetada uma edificação residencial bioclimática para a cidade de Porto Nacional no Tocantins, zona bioclimática 7, com quatro composições diferentes de paredes externas, como mostra a Tabela 7, utilizando materiais disponíveis na região buscando o conforto térmico passivo dos ambientes.

Tabela 7: Composições das paredes externas, resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.

TIPO	ILUSTRAÇÃO	DESCRIÇÃO	Rt	U w/m ² .K	C kJ/m ² .K	φ horas
Parede com 1 bloco horizontal (1BH)		Alvenaria de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão. Dimensões do tijolo: 9x14x24 cm. Argamassa de assentamento: 1 cm. Argamassa de emboço: 2,5 cm. Espessura total da parede: 19 cm.	0,48	2,1	162,3	3,8
Parede com 2 blocos verticais (2BV)		Alvenaria dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão. Dimensões do tijolo: 9x14x24 cm. Argamassa de assentamento: 1,0 cm. Argamassa de emboço: 2,5 cm. Espessura total da parede: 24 cm.	0,60	1,7	180,5	4,9
Parede com 1 bloco vertical e isolamento com EPS (1BHI)		Alvenaria de tijolos de 6 furos assentados na maior dimensão com uma camada de EPS no lado externo. Dimensões do tijolo: 9x14x24 cm. Argamassa de assentamento: 1,0 cm. Argamassa de emboço: 2,5 cm. Espessura do EPS 35 mm. Espessura total da parede: 23 cm.	1,47	0,8	164,2	6,8
Parede com 1 bloco vertical (1BV)		Alvenaria de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão, como mostra a Figura (5d). Dimensões do tijolo: 9x14x24 cm. Espessura da argamassa de assentamento: 1 cm. Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm. Espessura total da parede: 14 cm.	0,41	2,4	140,3	3,5

Fonte: Autor da dissertação.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 MATERIAIS

A casa, concebida para fins deste estudo, foi construída em um lote urbano regular, no setor norte da cidade de Porto Nacional-TO, situada no centro do estado, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Localização de Porto Nacional no estado do Tocantins.

Fonte: Referência [33]

O terreno possui frente voltada para o Leste com 10 metros de largura e 25 metros de profundidade na direção Oeste. Pode ser localizado pelas coordenadas $10^{\circ}41'37.70''$ Sul e $48^{\circ}23'38.40''$ Oeste. A edificação é uma habitação unifamiliar térrea com 78 m^2 de área, localizada em um terreno fechado por muros em todos os lados, exceto na frente onde estão os portões de acesso e parte do fechamento com gradil metálico, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8: Fachada frontal da casa, leste.

Fonte: Autor da dissertação.

A casa possui dois dormitórios, sendo um suíte, um banheiro social, salas de estar e jantar conjugados com a cozinha, área de serviço e no pátio uma piscina e uma área aberta coberta com 32 m², como pode ser visto em planta na Figura 9.

Figura 9: Planta baixa da edificação e ocupação do terreno.

Fonte: Autor da dissertação.

Posição das paredes quanto as suas composições:

- 1 – Parede com um bloco horizontal (1BH) cor clara.
- 2 – Parede com um bloco horizontal (1BH) cor marrom escura.
- 3 – Parede com dois blocos verticais (2BV).
- 4 – Parede interna de drywall (não recebe insolação direta)

5 – Parede com bloco horizontal com isolamento (1BHI).

6 – Parede com bloco vertical (1BV).

Com relação a orientação solar, a situação menos favorável é o lado oeste que recebe insolação direta no período da tarde, incrementando o aquecimento ocorrido durante a manhã por radiação indireta, motivo pelo qual a parede externa da suíte, no lado oeste da casa, recebeu o isolamento com EPS entre os tijolos e o reboco, como na Figura 10, conferindo à composição transmitância térmica de $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ e atraso térmico 6,8 horas, como já descritos.

Figura 10: Placa de EPS colada na alvenaria com argamassa.

Fonte: Referência [34]

Além da composição das paredes, as aberturas dos compartimentos do setor social (sala de estar) foram voltadas para o leste, do setor íntimo (dormitórios) para o sul e do setor de serviço (cozinha e lavanderia) para o oeste. A direção predominante do vento vem do Leste, sendo assim, corre no sentido da sala de estar para cozinha e área de serviço, nos dormitórios a ventilação foi reduzida através do dimensionamento dos vãos, ficando eles com aproximadamente 10% da área dos pisos dos compartimentos a que pertencem. As esquadrias das janelas são de alumínio com pintura branca, a maioria possui caixilhos de correr com vidros e/ou venezianas, as portas são maciças de madeira. O sombreamento das esquadrias acontece por meio de venezianas, vegetação e projeção da cobertura como representado na Figura 11 respectivamente, estratégias que podem reduzir a incidência solar no interior da edificação sem inviabilizar a iluminação e a ventilação natural.

Figura 11: Venezianas, sombreamento por vegetação e projeção da cobertura.

Fonte: Autor da dissertação.

A ventilação seletiva pode ocorrer à noite por meio das janelas quando os caixilhos forem abertos. O posicionamento das aberturas privilegiou a ventilação cruzada das salas e cozinha com caixilhos projetados de forma que facilitem a troca do ar por convecção natural mesmo quando a força do vento for insuficiente. A vegetação ocupa a maior parte da área remanescente do terreno, constitui parte da cobertura do muro e colabora através da evapotranspiração para o aumento da umidade relativa do ar, da mesma forma a piscina com a evaporação da água, fenômenos naturais que combinados com o vento contribuem para o resfriamento evaporativo. A ventilação da cobertura é constante e acontece por meio de elementos vazados posicionados na platibanda orientados na direção predominante do vento, assim o ar aquecido no ático é renovado constantemente retardando a transmissão do calor para as lajes, forros e ambientes.

Figura 12: Esquema da ventilação da cobertura e ventilação cruzada dos ambientes.

Fonte: Autor da dissertação.

Para minimizar os ganhos de calor, as superfícies externas das paredes, esquadrias e a cobertura são de cores claras, branco ou bege, apenas uma parede foi pintada na cor marrom, como pôde ser visto na Figura 8.

A estratégia para a redução do fluxo de calor através do isolamento com EPS foi adotada também na cobertura, aplicando telhas do tipo sanduíche, compostas por uma camada metálica (zinco) na face superior, seguida pelo material isolante (isopor) e um filme de PVC que faz o acabamento da face inferior, como mostra a Figura 13, essa telha possui capacidade térmica de 11,2 kJ/m²K, transmitância térmica 0,8 w/m²K e atraso térmico de 8,8 horas.

Figura 13: Seção de uma telha sanduíche composta por isopor e chapa metálica.

Fonte: Autor da dissertação.

Abaixo das telhas estão as lajes pré-moldadas, compostas basicamente por uma camada de concreto com 5 cm de espessura e outra de blocos de isopor com 12 cm de espessura, possui capacidade térmica de 180,4 kJ/m²K, transmitância térmica de 1,8 w/m²K e atraso térmico de 15 horas. Por fim, 20 cm abaixo das lajes, o acabamento da cobertura foi feito com forro de gesso acartonado com capacidade térmica de 15,7 kJ/m²K, transmitância térmica de 4,4 w/m²K e atraso térmico de 0,6 horas. A composição do sistema de cobertura oferece à edificação capacidade térmica de 207,2 kJ/m²K, transmitância térmica de 0,5 w/m²K e atraso de 18,6 horas, desprezando os efeitos da ventilação na cobertura. A cobertura é monolítica e sua face superior está orientada para o zênite, sua influência é comum a todos os compartimentos da casa, diferente das paredes, que além das composições possui orientações solares distintas, e por isso, não recebem os mesmos níveis de radiação solar simultaneamente.

6.2. MÉTODOS

Para estudar as variáveis de desempenho das paredes no início, meio e fim dos ciclos solares diários, uma semana de cada mês, durante um ano, foram registradas às 8:00hrs (sol nascente), 12:00hrs (zênite solar) e 17:00hrs (sol

poente) as leituras da *radiação solar, temperatura das superfícies internas e externas das paredes, e as temperaturas e umidades relativa do ar nos ambientes*, e um dia por mês, as mesmas leituras foram registradas a cada hora, por 24 horas, constituindo um ciclo diário completo, representando um dia típico de projeto para o mês.

Os equipamentos utilizados para as medições foram:

- Solarímetro Portátil MS-02 fabricado pela empresa Eko Instruments usado para medir a irradiância solar incidente.
- Termômetro Infravermelho ITTI-1600 para medir as temperaturas superficiais das paredes.
- Termo Higrômetro Incoterm para medir as temperaturas e umidades relativas do ar nos ambientes.
- Espectrofotômetro Cary 5000 para determinar os índices de reflexão das cores das tintas aplicadas nas faces externas paredes.

Os pontos das medições, marcados na Figura 14, foram definidos em função da localização dos elementos construtivos considerados nesse estudo:

- Os termohigrômetros (A-E) foram posicionados no centro dos ambientes para medir a temperatura e umidade relativa do ar.
- O solarímetro (X-Y) mediu a radiação solar direta em um ângulo de 0° em relação ao solo.
- O termômetro infravermelho (1-6) mediu as temperaturas superficiais internas e externas das paredes sempre no mesmo ponto a 1,1 metro do piso como determina a ISO 7726 [35].

Amostras do revestimento das paredes (1-6) com as cores das tintas utilizadas na casa foram inseridas no espectrofotômetro para medir as capacidades de reflexões em diferentes comprimentos de onda.

Figura 14: Localização dos pontos das medições na casa.

Fonte: Autor da dissertação.

Os resultados foram planejados para elaboração dos gráficos que auxiliaram as análises.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação ao fator solar e a classificação da inércia térmica das paredes, o espectrofotômetro mediu os índices de refletância da radiação para os comprimentos de onda entre 350 e 2500nm, os resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Fatores de reflexões médias medidos pelo espectrofotômetro

PAREDE	COR	U w/m ² .K	REFLETÂNCIA MÉDIA	FATOR SOLAR %
1	AMARELO CLARO	2,1	0,83	1,43
2	MARROM	2,1	0,18	6,89
3	SEM PINTURA (CINZA)	1,7	0,29	4,83
5	AMARELO CLARO	0,7	0,83	0,48
6	SEM PINTURA (CINZA)	2,4	0,29	6,82

Fonte: Autor da dissertação.

As paredes 2, 3 e 6 apresentaram fator solar maior que o limite de 3,5% definido pela NBR 15.220-3 [6]. A figura 15 a seguir é a representação gráfica dos índices de reflexão das cores das superfícies externas das paredes da casa de acordo com as frequências da radiação.

Figura 15: Índices de reflexão das cores das tintas da superfície das paredes.

Fonte: Autor da dissertação.

Os registros das variáveis de desempenho térmico das paredes iniciaram dia 23 de junho de 2018 e a média das temperaturas externas apontou para setembro como sendo o mês mais quente e fevereiro o mês com temperatura média mais baixa como mostra a Tabela 9.

Tabela 9: Registros das variáveis ambientais da casa.

DATA DO INÍCIO DO PERÍODO DAS MEDIÇÕES	TEMPERATURA EXTERNA MÉDIA (°C)	TEMPERATURA INTERNA MÉDIA (°C)	UMIDADE RELATIVA INTERNA MÉDIA (%)	UMIDADE RELATIVA EXTERNA MÉDIA (%)
23/06/2018	29,3	28,2	35,6	35
23/07/2018	30,6	28,8	32,2	48
21/08/2018	33,8	31,2	31,8	23
21/09/2018	34,2	31,8	41,0	36
20/10/2018	33,6	30,5	51,5	39
23/11/2018	29,6	28,7	58,3	51
13/12/2018	34,2	31,0	44,9	30
26/01/2019	29,9	28,9	56,3	49
24/02/2019	29,3	28,1	60,1	52
23/03/2019	29,4	28,3	58,5	51
21/04/2019	30,7	29,4	53,0	60
26/05/2019	31,5	29,9	44,4	35

Fonte: Autor da dissertação.

Percebe-se a relação inversa entre a temperatura e a umidade relativa do ar, fevereiro foi o mês com a média das temperaturas mais baixa, porém a média das umidades relativas foi a mais alta no ano, setembro embora não tenha a umidade relativa mais baixa, se manteve abaixo da média anual.

7.1. SETEMBRO 2018

As medições do mês de setembro ocorreram entre os dias 21 de setembro de 2018 e 28 de setembro de 2018 e os registros horários do dia típico de projeto do mês no dia 30 de setembro de 2018, que esteve nublado no período entre 8 e 11 horas, motivo pelo qual a radiação solar direta só pôde ser medida no período entre 11 e 17 horas, nesse dia a temperatura média foi 27,6 °C, a máxima foi 34,4 °C, a mínima foi de 23,7 °C e a média da umidade relativa do ar foi de 68%, com essas variáveis aplicadas a Carta de Givoni (Figura 16) foram obtidas

parciais que indicaram 39% do período em Zona de Conforto, 35% em Zona de Ventilação e/ou Resfriamento Evaporativo e 26% em Zona de Ar Condicionado.

Figura 16: Carta de Givoni para o dia típico de projeto em setembro de 2018.

SETEMBRO 2018

LEGENDA

- 1 - ZONA DE CONFORTO
- 2 - ZONA DE VENTILAÇÃO
- 3 - ZONA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO
- 4 - ZONA DE MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO
- 5 - ZONA DE AR CONDICIONADO
- 6 - ZONA DE UMIDIFICAÇÃO
- 7 - ZONA DE MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO
- 8 - ZONA DE AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO
- 9 - ZONA DE AQUECIMENTO SUPERFICIAL

Fonte: Autor da dissertação.

Com relação a insolação, cada orientação solar recebe níveis diferentes de energia em função do ângulo de incidência da radiação sobre as superfícies, assim, em função da orientação, estão as paredes 1 e 2 voltadas para o leste, a parede 3 para o norte e as paredes 5 e 6 para o oeste.

7.1.1. PAREDES 1 E 2 - TIPO 1BH

As paredes 1 e 2 são voltadas para o leste, construídas com alvenaria de tijolos de 6 furos assentados na maior dimensão, sendo a parede 1 pintada com tinta amarelo claro e a parede 2 com a cor marrom, conforme já descrito, recebem diariamente insolação direta entre 7 e 11 horas da manhã com algumas variações. A parede 1 registrou uma pequena variação na temperatura da superfície externa às 8 horas da manhã, gerada por um curto período de insolação direta, às 15 horas a superfície externa aqueceu com a radiação indireta e alcançou 33,9 °C (Tabela 17 nos anexos). A temperatura da superfície interna da parede não ultrapassou a temperatura do ambiente interno, condição da inércia térmica, como mostra Figura 17.

Figura 17: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 1 e ambiente D.

Fonte: Autor da dissertação.

A parede 2 apresentou dois aumentos de temperatura na superfície externa, o primeiro às 8 horas causado por insolação direta, momento em que a superfície chegou a 32 °C e o segundo às 15 horas causado por radiação indireta quando a mesma superfície alcançou 38,3 °C. (Figura 18)

Figura 18: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 2 e ambiente B.

Fonte: Autor da dissertação.

A parede 2 reagiu mais rápido a insolação, o que interferiu sensivelmente na temperatura da superfície interna, diminuindo o efeito de inércia

térmica. É possível ver na Figura 18 que a temperatura do ar no ambiente B permaneceu muito próxima a temperatura da superfície interna da parede, condição em que a absorção de energia pela parede é muito baixa ou inexistente. Houve uma diferença significativa nas temperaturas das superfícies internas e externas da parede 2 que registraram no dia 23/9 respectivamente máximas de 28,2 °C e 48,2 °C, momento em que as temperaturas das superfícies da parede 1 registravam 29,2 °C e 33 °C respectivamente. É provável que em situações prolongadas de insolação direta e/ou menor capacidade térmica da parede, esse efeito seja aumentado de forma que a superfície interna da parede 2 contribua para o aquecimento do ambiente.

A Tabela 10 apresenta as médias das temperaturas das superfícies externas e internas das paredes 1 e 2 registradas nas medições diárias em setembro de 2018.

Tabela 10: Evolução média das temperaturas das paredes 1 e 2 em set/18.

PAREDE	TEMPERATURA SUPERFÍCIE (°C)					
	EXTERNA DAS PAREDES			INTERNA DAS PAREDES		
	8h	12h	18h	8h	12h	18h
1	31,39	35,70	32,78	28,54	32,16	33,00
2	42,36	41,05	35,71	28,96	33,95	34,20

Fonte: Autor da dissertação.

As médias das temperaturas das superfícies externas da parede 2 são maiores que da parede 1 nos três horários medidos, principalmente pela manhã sob insolação direta, o que sugere que a parede 2, de cor mais escura, absorva a radiação solar com mais eficiência. Porém nota-se que a transferência do calor para a superfície interna da parede não segue a tendência da temperatura das superfícies externas, onde a diferença de temperatura chegou a ~11 °C, a diferença máxima das temperaturas das superfícies internas entre as paredes 1 e 2 foi de 1,80 °C.

7.1.2. PAREDE 3 - TIPO 2BV

A parede 3 é voltada para o norte, recebe níveis menores de radiação em função da sua orientação solar, por isso, embora possua alto índice de absorção de energia, não apresentou grande amplitude térmica. A elevada

capacidade térmica da parede contribui para que a temperatura da superfície interna permaneça mais baixa que a temperatura do ar no ambiente por quase todo o tempo, a temperatura da superfície externa quando submetida a radiação direta apresenta lento aumento da temperatura, assim como o restante da composição, tendendo a inversão térmica a noite, característica da inércia térmica, própria das estratégias com massas térmicas. (Figura 19)

Figura 19: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 3 e ambiente D.

Fonte: Autor da dissertação.

A Tabela 11 a seguir apresenta as médias das temperaturas das superfícies externas e internas das paredes registradas nas medições diárias em setembro de 2018.

Tabela 11: Evolução média das temperaturas das paredes.

PAREDE	TEMPERATURA SUPERFICIE (°C)					
	EXTERNA DAS PAREDES			INTERNA DAS PAREDES		
	8h	12h	18h	8h	12h	18h
1	31,39	35,70	32,78	28,54	32,16	33,00
2	42,36	41,05	35,71	28,96	33,95	34,20
3	28,76	37,48	34,20	29,01	31,54	32,38
5	25,89	34,21	35,38	28,50	29,76	30,36
6	27,50	40,63	42,44	27,08	35,35	40,19

Fonte: Autor da dissertação.

A parede 3 apresentou valor maior na temperatura inicial da superfície interna, consequência energia armazenada durante o dia.

7.1.3. PAREDES 5 E 6 - TIPOS 1BHI E 1BV

As paredes 5 e 6 são voltadas para o oeste, recebem insolação direta entre 13 e 17 horas com algumas variações conforme a estação do ano. Os registros foram simultâneos em todos os pontos da edificação, a parede 5 alcançou temperatura máxima na superfície externa de 38,1 °C às 15 horas enquanto a parede 6 chegou 46,4 °C. Devido ao isolamento a temperatura da superfície interna da parede 5 se manteve regular, como mostra a Figura 20.

Figura 20: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 5 e ambiente C.

Fonte: Autor da dissertação.

Na parede 6 devido à baixa capacidade e atraso térmico, a radiação incidida na superfície externa foi absorvida e, em pouco tempo, conduzida para a superfície interna que alcançou 37,6 °C às 16 horas, é a maior temperatura da superfície interna entre as quatro paredes estudadas. No período entre 13 e 22 horas a temperatura da superfície da parede permaneceu superior a temperatura do ar interno, como mostra a Figura 21, condição que indica o aquecimento do ar no ambiente através da parede.

Figura 21: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 6 e ambiente E.

Fonte: Autor da dissertação.

A Tabela 12 a seguir apresenta as médias das temperaturas das superfícies externas e internas das paredes 5 e 6 registradas nas medições diárias no mês de setembro de 2018.

Tabela 12: Evolução média das temperaturas das paredes 5 e 6 em set/18.

PAREDES	TEMPERATURA SUPERFICIE (°C)					
	EXTERNA DAS PAREDES			INTERNA DA S PAREDES		
	8h	12h	18h	8h	12h	18h
P5	25,89	34,21	35,38	28,50	29,76	30,36
P6	27,50	40,63	42,44	27,08	35,35	40,19

Fonte: Autor da dissertação.

As temperaturas das superfícies internas de todas as paredes que constituem ambientes fechados amanhecaram mais altas que as temperaturas externas, no entanto, a parede 6 apresentou elevados ganhos de calor frente a insolação direta dificultando o conforto térmico passivo do ambiente que compõem.

7.2. FEVEREIRO 2019

As medições do mês de fevereiro ocorreram entre os dias 25 de fevereiro de 2019 e 04 de março de 2019 e os registros horários do dia típico de projeto do mês no dia 05 de março de 2019 que esteve parcialmente nublado e chuvoso durante quase todo o dia, motivo pelo qual a radiação solar direta só

pôde ser medida entre 8 e 11 horas da manhã. A Tabela 22 (disposta nos anexos) apresenta os registros das variáveis horárias em todos os pontos da casa marcados na Figura 14, nesse dia a temperatura média foi 25 °C, a máxima foi 33,1 °C, a mínima foi de 23,2 °C e a média da umidade relativa do ar foi de 67%, com essas variáveis aplicadas à Carta de Givoni (Figura 22) foram obtidas parciais que indicaram 46% do período em Zona de Conforto, 37% em Zona de Ventilação e/ou Resfriamento Evaporativo e 17% em Zona de Ar Condicionado.

Figura 22: Carta de Givoni para o dia típico de projeto em fevereiro de 2019.

FEVEREIRO 2019

LEGENDA

- 1 - ZONA DE CONFORTO
- 2 - ZONA DE VENTILAÇÃO
- 3 - ZONA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO
- 4 - ZONA DE MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO
- 5 - ZONA DE AR CONDICIONADO
- 6 - ZONA DE UMIDIFICAÇÃO
- 7 - ZONA DE MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO
- 8 - ZONA DE AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO
- 9 - ZONA DE AQUECIMENTO SUPERFICIAL

Fonte: Autor da dissertação.

Com a insolação, a temperatura da superfície externa da parede 1 reagiu instantaneamente a radiação solar e na sequência com menor intensidade a temperatura da superfície interna da parede e a temperatura do ambiente também se elevaram, como mostra a Figura 23.

Figura 23: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 1 e ambiente D.

Fonte: Autor da dissertação.

Simultaneamente a parede 2 apresentou maior reação a radiação solar matutina, a temperatura da superfície externa alcançou 39,3 °C às 9 horas, 7 °C mais alta que a temperatura da superfície externa da parede 1, a insolação foi suficiente para elevar a temperatura da superfície interna da parede 2 a 30,9 °C às 10 horas, 2,6 °C mais alta que a temperatura do ambiente, que era de 28,3 °C, nessa condição que durou 7 horas, como mostra a figura 24, a parede esteve contribuindo para o aquecimento do ar no ambiente. Vale salientar que a garoa seguida de chuva aumentou a umidade relativa do ar e diminuiu a temperatura nos ambientes.

Figura 24: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 2 e ambiente B.

Fonte: Autor da dissertação.

As paredes 5 e 6 aqueceram por radiação indireta pela manhã e demonstraram evoluções semelhantes as apresentadas em setembro, porém com menor variação da temperatura da superfície interna da parede 5 comparada a parede 6 que registrou por mais tempo temperatura na superfície interna mais alta que a temperatura do ambiente. Com o céu encoberto e chuva no período da tarde a radiação solar direta foi diminuída, as temperaturas baixaram e se mantiveram regulares, como mostram as figuras 25 e 26 a seguir.

Figura 25: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 5 e ambiente C.

Fonte: Autor da dissertação.

Figura 26: Evolução da radiação solar e temperaturas da parede 1 e ambiente E.

Fonte: Autor da dissertação.

As paredes 2 e 6, com cores mais escuras, comprovaram maior capacidade de absorção da energia solar em função dos seus fatores solares, porém a transmissão de energia para o interior dos ambientes foi menor do que a quantidade de calor gerado pelas superfícies que receberam a insolação. A Tabela 13 a seguir apresenta as médias das temperaturas das superfícies externas e internas das 4 paredes que compõem a envoltória da casa registradas nas medições diárias do mês de fevereiro de 2019.

Tabela 13: Evolução média das temperaturas das paredes envoltórias em fev/19.

PAREDE	TEMPERATURA SUPERFICIE (°C)					
	EXTERNA DAS PAREDES			INTERNA DAS PAREDES		
	8h	12h	18h	8h	12h	18h
1	25,98	32,59	29,13	25,84	28,28	28,76
2	32,74	37,09	32,76	26,28	29,85	29,84
3	24,88	34,00	29,31	25,70	27,59	28,34
5	24,50	31,78	32,94	26,53	27,45	27,86
6	24,18	36,35	39,50	24,14	31,44	34,75

Fonte: Autor da dissertação.

As medidas de refletância apontaram que a diferença de absorção entre as paredes é de 65% da radiação solar incidente (média no intervalo de medição do equipamento), de fato em nenhum dos casos a diferença nas temperaturas das superfícies externas das paredes seguiram um padrão, a massa situada próxima a superfície em contato com o ar tem grande participação na transferência da energia sofrendo flutuações de temperatura devido a diversos fatores, como a ação do vento por exemplo.

7.3. TEMPERATURAS DAS SUPERFICIE DAS PAREDES E DOS AMBIENTES

Todos elementos da envoltória contribuem para o fluxo de energia entre os ambientes transmitindo ou absorvendo energia, a Tabela 14 apresenta médias das temperaturas registradas nas superfícies das paredes 5 e 6 e nos ambientes C e E, suíte e área coberta respectivamente, durante os 12 meses da pesquisa.

Tabela 14: Temperaturas médias paredes 5 e 6 e seus ambientes

TEMPERATURAS							
DATA (8 DIAS)	MÉDIA AMB. EXTERNO AS 18h (°C)	PAREDE 5			PAREDE 6		
		MÉDIA SUPERF. INTERNA PAREDE 5 (°C)	MÉDIA AMBIENTE C AS 18h (°C)	MAXIMA AMBIENTE C (°C)	MÉDIA SUPERF. INTERNA PAREDE 6 (°C)	MÉDIA AMBIENTE E AS 18h (°C)	MAXIMA AMBIENTE E (°C)
23/06/2018	31,1	26,8	28,6	29,2	34,5	31,7	32,6
23/07/2018	33,0	27,8	29,4	30,2	37,5	33,6	34,6
21/08/2018	35,2	30,2	31,5	32	40,2	36,0	37
21/09/2018	36,1	30,4	31,9	32,5	40,2	36,9	38,1
20/10/2018	35,0	29,5	31,0	32,9	40,1	35,4	38,3
23/11/2018	29,6	28,0	29,3	30,8	32,3	30,1	34,3
13/12/2018	34,8	30,2	30,8	32,6	40,2	35,5	37,2
26/01/2019	29,1	28,1	29,1	30,9	33,8	30,4	35,9
24/02/2019	30,7	27,9	28,7	29,3	34,8	31,2	33,4
23/03/2019	30,2	27,5	28,7	29,4	33,3	30,6	32,8
21/04/2019	31,2	28,1	29,0	30,1	33,5	31,6	34,1
26/05/2019	32,8	28,6	29,8	30,2	35,9	33,1	33,8

Fonte: Autor da dissertação.

No ambiente C (suíte), onde o fechamento é composto pela parede 5, temperatura média do ambiente foi menor que a média da temperatura externa, ao contrário do ambiente E, composto pela parede 6, que todos os meses registrou temperatura maior que a temperatura externa no final do período de insolação, às 18 horas. A parede 5 registrou temperatura da superfície interna menor que a temperatura do ar no ambiente interno em todo o ano, por outro lado, a parede 6 apresentou média de 7,5 horas por dia de temperatura da superfície interna maior que a temperatura do ambiente, contribuindo para o aquecimento.

7.4. QUANTIFICANDO OS REQUISITOS AMBIENTAIS

Um ventilador elétrico de 120 watts, ligado 7 horas por dia, consome 32 Kw por mês, um aparelho de ar condicionado de 9000 BTUs, ligado pelo mesmo tempo, demanda 189 Kw por mês, consumo quase 6 vezes maior em energia elétrica. Considerando a umidade relativa do ar média de 50%, podendo estar entre 40% e 60%, com base na carta de Givoni, o desconforto inicia aos 29 °C onde é necessário algum tipo de ventilação natural ou mecânica (zona de ventilação) e para a mesma umidade relativa quando a temperatura exceder os

32 °C será necessário o condicionamento do ar (zona de ar condicionado). Nesse contexto a Tabela 15 quantifica a necessidade de uso dos aparelhos climatizadores para os ambientes C e E, compostos pelas paredes 5 e 6 respectivamente.

Tabela 15: Estimativa do tempo de consumo de energia por aparelhos climatizadores.

	TEMPO (h)	TEMPO (h)	TEMPO (h)	TEMPO (h)
DATA DAS MEDIDAS	VENTILADOR	AR COND.	VENTILADOR	AR COND.
	AMBIENTE C	AMBIENTE C	AMBIENTE E	AMBIENTE E
23/06/2018	11	0	6	2
23/07/2018	7	0	3	8
21/08/2018	13	0	5	10
21/09/2018	11	0	5	4
20/10/2018	12	0	6	2
23/11/2018	3	0	5	0
13/12/2018	22	2	8	9
26/01/2019	0	0	4	2
24/02/2019	0	0	0	2
23/03/2019	0	0	3	0
21/04/2019	14	0	6	9
26/05/2019	12	0	4	8
MÉDIA DE USO DIÁRIO (hrs)	8,8	0,2	4,6	4,7
PROJEÇÃO DE USO MENSAL (hrs)	262,5	60*	137,5	140
CONSUMO DE ENERGIA/MÊS (kW)	31,5	5	16,5	140
CONSUMO MENSAL POR AMBIENTE	36,5 kW		156,5 Kw	

* Apenas 1 mês no ano.

Fonte: Autor da dissertação.

O ambiente C consumiria uma média mensal de energia com ventilação maior que o ambiente E, porém, as demandas se invertem com relação as necessidades de ar condicionado, somando os consumos com climatização (ventilador + ar condicionado) nos ambientes C e E teremos 36,5 kW e 156,5 kW respectivamente, proporção de consumo de energia elétrica quase 5 vezes maior para o ambiente E construído com alvenaria de tijolos de meia vez e sem isolamento.

7.5. ESTUDO DA VIABILIDADE

Para a avaliação da viabilidade econômica das composições de paredes como estratégia para o conforto térmico passivo é importante quantificar,

além das demandas por climatização em cada compartimento, o custo do investimento com a construção de cada alvenaria.

7.5.1 CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DAS ALVENARIAS

Com base no Sinapi - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de fevereiro de 2020 [36], os custos para a construção de 1 m² das paredes 1, 2, 3, 5 e 6 são os seguintes:

Tabela 16: Custo do m² de construção das conforme SINAPI

CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO	PREÇO
PAREDE 1 E 2		
87530	massa única interna	R\$ 27,42
87510	alvenaria tijolo (14cm)	R\$ 83,33
87794	massa única externa	R\$ 27,12
	TOTAL	R\$ 137,87
PAREDE 3		
87530	massa única interna	R\$ 27,42
87508	alvenaria tijolo (9cm)	R\$ 54,37
87508	alvenaria tijolo (9cm)	R\$ 54,37
87794	massa única externa	R\$ 27,12
composição	incremento estrutural	R\$ 20,00
	TOTAL	R\$ 183,28
PAREDE 5		
87530	massa única interna	R\$ 27,42
87510	alvenaria tijolo (14cm)	R\$ 83,33
composição	assentamento EPS	R\$ 20,00
composição	chapisco com aditivo	R\$ 4,00
87794	argamassa externa	R\$ 27,12
	TOTAL	R\$ 161,87
PAREDE 6		
87530	massa única interna	R\$ 27,42
87508	alvenaria tijolo (9cm)	R\$ 54,37
87794	massa única externa	R\$ 27,12
	TOTAL	R\$ 108,91

Fonte: Autor da dissertação.

De acordo com a Tabela 16, tendo como base o valor da parede 6, composição mais recorrente na região, pôde-se constatar que a construção das paredes 1 e 2 requisitaram investimento 26% maior, para a parede 3 foram 66% a

mais e para a parede 5 48% a mais com relação a mesma referência. Sendo assim, o investimento com a construção da parede 5 foi de aproximadamente R\$ 600 a mais do seria construir a mesma área com a composição da parede 6, considerando a economia média mensal de energia elétrica com climatização de aproximadamente R\$ 100, estima-se que o investimento com o isolamento da alvenaria tenha sido recuperado em pouco mais de seis meses, gerando economia vitalícia.

8. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados pôde-se concluir que a cor da pintura influenciou significativamente na temperatura externa das paredes, porém não houve transmissão proporcional do calor para as superfícies internas das paredes, essas dissiparam mais rapidamente a energia para o ambiente externo do que transmitiram para dentro da casa quando a insolação foi interrompida. Ainda que exista uma diferença de temperatura entre os ambientes, essa não se mostrou linear com a temperatura externa das paredes no período de avaliação, o atraso térmico foi determinante para os resultados obtidos, é provável que em casos com maior tempo de insolação direta a energia absorvida pelas paredes escuras tenham maior contribuição para o aquecimento dos ambientes.

O isolamento térmico com EPS se mostrou eficiente ao diminuir o fluxo de energia e minimizar a interferência do meio externo no interno, reduzindo a temperatura da superfície interna da parede isolada em até 10 °C comparada à temperatura da superfície interna parede construída com tijolos de meia vez (Tabela 11), dando condições para que tal parede atue também na absorção do calor interno, a temperatura do ar no ambiente composto por essa parede demonstrou redução de até 7,3°C comparada à temperatura do ar externo durante o dia e por alguns momentos à noite (Tabela 20). Em casos como o estudado, o aquecimento noturno oferecido pelo acúmulo de energia na massa térmica das paredes se mostrou desnecessário, a ventilação seletiva pode ser suficiente para a manutenção do conforto térmico quando necessário, podendo dessa forma ser suficiente e mais econômico o uso de alvenaria com tijolos de meia vez e isolamento com EPS, composição que oferece transmitância térmica de 0,9 w/m²K, capacidade térmica de 141,7 kJ/m²K e atraso térmico de 6,2 horas.

O desempenho térmico dos elementos construtivos se mostraram imprescindíveis para a eficiência energética na arquitetura e o desenvolvimento sustentável. Em regiões de clima quente e seco o isolamento térmico com EPS das paredes que recebem insolação direta prolongada é uma solução viável para o problema do fluxo de calor, capaz de contribuir significativamente para a redução da demanda crescente de energia elétrica.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FIGUEROLA, V. Projeto Sustentável: Arquitetura com foco na sustentabilidade requer integração de equipes e coordenação de um profissional especializado. **Revista Técnica**, n.133, p. 44-46, abr. 2008. Disponível em: <<https://pdfslide.net/documents/techn-133.html>> Acesso em: 20 de abr. 2017.
- [2] TZIKOPOULOS, A.F.; KARATZA, M.C.; PARAVANTIS, J.A. Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings. **Energy and Buildings**, vol. 37, n. 5, p. 529-544, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.002>> Acesso em: 04 nov. 2016.
- [3] Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª ed., São Paulo: PW Editores, 1997.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. (NBR 15.220).
- [5] _____. **Edificações habitacionais**: Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. (NBR 15.575)
- [6] _____. **Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. (NBR 15.220)
- [7] Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Consumo de energia elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- [8] TOLEDO, V. IBGE atribui crescimento populacional do Norte e Centro-Oeste ao desenvolvimento econômico. **RBA Rede Brasil Atual**, 2010. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/cidades/2010/11/ibge-atribui-crescimento-populacional-do-norte-e-centro-oeste-ao-desenvolvimento-das-regioes/>> Acesso em: 10 set. 2019.
- [9] LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Consumo e geração de Energia**. Vol. 2. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. ISBN: 978-85-7426-101-0.
- [10] FREITAS, T. P. F. Aspectos do clima urbano de Palmas - TO no episódio de outono-inverno. **Caminhos da Geografia**, vol. 17, n. 59, p. 113-125, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/RCG175907>> Acesso em: 19 dez. 2019.
- [11] WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias do Tocantins**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30581/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Tocantins-Brasil-durante-o-ano>> Acesso em 30 abr. 2019.
- [12] BASALLA, G.; JORGE; TR VIGIL. **La evolución de la tecnología**. Barcelona: Crítica, 1991.

- [13] BOGO, A.; PIETROBON, C.E.; BARBOSA, M.J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf>. Acesso em: jun. 2018.
- [14] GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and buildings**, v. 18, n. 1, 1992. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K)> Acesso em: jun. 2018.
- [15] PRIYA, R.; SUNDARRAJA, M. C.; RADHAKRISHNAN, S.; VIJAYALAKSHMI, L. Solar passive techniques in the vernacular buildings of coastal regions in Nagapattinam, TamilNadu - India - a qualitative and quantitative analysis. **Energy and Buildings**, vol. 49, p.50-61, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.033>>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- [16] CHEN, X.; YANG, H.; WANG, Y. Parametric study of passive design strategies for high-rise residential buildings in hot and humid climates: miscellaneous impact factors. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. vol. 69, p.442-460, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.055>>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- [17] LABAKI, L.C.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K. Bioclimatic and vernacular design in urban settlements of Brazil. **Building and Environment**. vol 33, p. 63-77, 1998. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(97\)00024-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(97)00024-3)>. Acesso em: 09 jan. 2020.
- [18] MARQUES, L.L. **Aplicação de conceitos de conforto térmico passivo na construção civil em São Luís**. 2007. 75 p. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/263409>> Acesso em: 09 jan. 2020.
- [19] PIRRÓ, L. Análise da envoltória como estratégia para a sustentabilidade dos edifícios. **Revista Belas Artes**. vol 7, n. 19, 2015. Disponível em: <<http://www.belasartes.br/revistabelasartes/?pagina=player&slug=analise-da-envoltoria-como-estrategia-para-a-sustentabilidade-dos-edificios>> Acesso em: 08 jan. 2020.
- [20] MAGALHÃES, S. M. **Tecnotijolo – Inovação nas Alvenarias**. Porto: UFP, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10284/7574>> Acesso em: 20 abr. 2017.
- [21] LOURENÇO, P.B.; HIPÓLITO, S. **Paredes de alvenaria – Situação Actual e Novas Tecnologias**. Seminário sobre paredes de Alvenaria, Universidade do Minho, Guimarães, 2002.
- [22] GOUVEIA, J.P. **Comportamento de estruturas de alvenaria por aplicação de acções de compressão**. Unpublished MSc Thesis, University of Coimbra, Coimbra, Portugal. 2000.
- [23] NOVAIS, J. W. Z., OLIVEIRA, E. V., JOAQUIM, T. D., LEAL, L. A., NOGUEIRA, M. C. J. A., SANCHES, L. Comparação do Desempenho

Térmico de Painéis em EPS como Alternativa aos Tijolos Cerâmicos no Conforto Térmico de Residências em Cuiabá-MT. **Unopar Científica e Tecnológica**, vol. 13, n.1, p. 39-43, 2014. Disponível em: <<https://revista.pgsskroton.com/index.php/exatas/article/view/339>> Acesso em: 02 dez. 2019.

- [24] DOS SANTOS, C.G.; PALHARES, L.B.; DUARTE, R.O.; GONÇALVES, T.H.C.; HORTA, M.M.A.; REIS, W.A.; STRAELH, R.V.S. Poliestireno expandido na construção civil. **Pós em Revista do Centro Universitário Newton Paiva**, n.08, 2013. ISSN 2176-7785.
- [25] ABREU, P.G.; ABREU, M.N.V.; COLDEBELLA, L.S.I.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI I.L. Efeito da radiação solar, do tipo de revestimento e da pintura dos oitões no condicionamento térmico do aviário. In: **CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**, 6., 2010, Chillán, Chile. Presentación de trabajos, **Anais...** Chillán: Universidad de Concepción, 2010.
- [26] ROMERO, B.M.A. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Editora UnB, 2001.
- [27] ASHRAE **Standard 55-1996: thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta. 1996.
- [28] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 17: ERGONOMIA**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1990.
- [29] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. 6401. **Instalações centrais de ar-condicionado para conforto – Parâmetros básicos de Projeto**, 1980
- [30] CRESESB, **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. p.6,2006.
- [31] GALDINO, M. A. E.; LIMA, J. H. G.; RIBEIRO, C. M.; SERRA, E. T.; O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. **Revista da DIRENG**, p.17-25, Nov. 2000
- [32] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment** - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2005. (ISO 7730)
- [33] Secretaria do Planejamento e Orçamento. **Perfil Socioeconômico dos Municípios, Porto Nacional**. Disponível em <<https://central3.to.gov.br/arquivo/348364/>>. Acesso em: 04 out. 2020.
- [34] ISOPLAST. **Placas EPS isolantes térmicas**. Disponível em <<http://isoplast.ind.br/16/produtos/placas-eps-isopor/>>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- [35] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Thermal environments instruments and methods for measuring physical quantities**. ISO 7726:1985. Genebre: International Organization for Standardization, 1985.

- [36] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI: Relatório de Insumos e Composições FEV/20**. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

10. ANEXOS

Tabela 17: Registros dia 30/09/2018 (SETEMBRO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	27,5	28,8	28,3	29,6	27,3	67	44	51	52	56	0	27,5	27,2	28	27,3	26,4	26,1	27	26,1	26,5	27
09:00	26,9	28,6	28,3	28,5	27,1	69	47	54	57	57	0	26,7	27,2	27,5	27,4	26,5	25,5	26,4	25,9	26,5	27,2
10:00	26,8	28,5	28,3	28,9	27,2	70	48	54	56	56	0	27,3	27,8	27,9	27,8	26,5	26,7	27,8	27,1	26,5	26,8
11:00	28,3	28,2	28,3	29,1	27,9	65	50	56	57	54	200	27,2	28	27,2	28	28,3	27,8	30,5	28,7	28,4	31
12:00	31,1	28,9	28,4	29,2	28,9	57	51	57	58	53	260	27,4	28	28	27,2	28,2	27,9	30,6	28,6	28	32,3
13:00	32,4	29,2	28,5	29,6	30,1	54	51	57	58	51	980	29,1	29,5	28,5	27,8	30,9	28,8	32,1	30,3	31,2	36,5
14:00	34,4	29,8	29,1	30,4	32	45	49	55	55	47	567	28,6	29	28,9	27,8	34,6	31,9	35,4	31	32,8	42,4
15:00	33,8	30,2	29,5	30,8	32,7	43	48	54	54	43	915	29	29,6	29,4	28,5	36,2	33,9	38,3	34,2	38,1	46,4
16:00	32,9	30,3	29,8	30,8	33	42	45	50	50	40	530	29,1	30,1	29,5	27,8	35,3	29,5	32,6	31,3	35,1	46
17:00	29,6	30,2	29,6	30,1	32,1	38	47	54	55	45	285	29,4	30	29,8	28,1	37,6	27,8	30,8	30,9	32,1	42
18:00	28,4	30,1	29,5	29,9	31,2	61	47	53	55	45	0	28,5	30,3	29,7	28,7	34,6	26,6	29,1	27,8	30,2	35,7
19:00	27,6	30	29,4	29,9	30,5	64	47	54	55	47	0	28,7	29,5	28,6	28,6	33,1	26,3	28,2	26,8	27,7	30
20:00	26,9	29,9	29,4	29,9	29,9	70	49	54	56	49	0	29,5	30,3	29,3	29	32,2	25,8	27,9	26,3	27,8	28,3
21:00	26,7	29,9	29,3	29,7	29,2	71	49	55	56	50	0	28,8	29	28,9	28,8	31,1	28,1	28,1	26,7	28	31,1
22:00	26,2	29,1	29,1	29,4	28,9	74	45	54	56	51	0	28,2	28,4	29,4	27,8	29	25,8	27	25,9	25,3	27,3
23:00	26,1	28,8	29	29	28,2	75	50	56	59	52	0	28	28,9	28,4	28,2	28	25,4	26,6	25,2	25,4	25,8
00:00	25,9	29,1	29,1	28,9	27,9	76	51	57	59	54	0	27,5	28,4	28,2	27,8	26,1	24,9	26,1	24,7	24,8	25,8
01:00	24,9	28,7	28,9	28,5	27,2	81	52	57	60	58	0	27	27,5	28,1	27,5	26,6	24,8	25,5	24,2	24,2	24,3
02:00	24,5	28,5	28,8	28,2	26,7	82	52	57	61	60	0	26,6	27	27,8	26,9	25,6	24	25,2	23,3	23,8	23,9
03:00	24,3	28,3	28,6	27,8	26,3	84	53	58	62	61	0	26,8	27,4	28,1	27,8	25,7	24,7	26	24,3	24,3	24
04:00	24,4	28,1	28,5	28	26,1	86	54	59	52	63	0	26,6	27,2	27,5	27,4	25,2	23,6	24,9	24,5	24,4	23,1
05:00	23,9	27,8	28,3	27,8	25,8	89	54	60	63	64	0	26	26,6	26,8	26,5	25,4	24,3	25	24,9	24,3	22,8
06:00	23,7	27,6	28,2	27,5	25,6	87	54	59	65	64	0	25,9	26,2	26,7	28	26,2	22,9	24,3	22,9	24,7	23,2
07:00	25,7	27,6	28,2	27,9	26,5	81	55	59	53	63	137	25,9	26,8	26,9	27,5	25	25,3	32	24,4	24,2	23,8

Tabela 18: Registros dia 28/10/2018 (OUTUBRO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	25,3	29,9	29,7	29,4	26,3	64	47	53	58	62	0	26	26,6	26,1	27,7	26,2	23,2	24,7	22,5	26,8	25,5
09:00	26,4	29,2	29,4	28,4	26,2	55	47	52	57	60	15	27	28,8	27,1	29,2	26,9	26	27	25,1	27,5	25,9
10:00	26,9	28,8	28,7	27,8	26,4	52	47	52	56	59	188	27,6	28	27,7	28,1	26,2	26	28	25,7	26,2	27,4
11:00	27,3	28,6	28,5	28	27,1	51	49	54	56	58	171	26,7	28,2	27,1	27,6	26,7	26,1	27	26,1	26,5	28,8
12:00	28,8	28,5	26,6	28,6	28	44	47	52	55	53	244	26,7	28,2	27	27,8	27,8	26,2	29,1	27,1	27,4	30,6
13:00	31,2	28,9	28,8	29,1	29,6	42	49	53	57	52	480	27,3	28,1	27,9	27,8	29,5	27,5	31,4	28,9	29,5	33,6
14:00	34,1	29,4	29,1	29,5	30,9	35	49	54	56	47	623	27,8	28,7	28,2	27,9	31,3	29,1	32,4	30	32,6	39,1
15:00	34,1	29,8	29,4	30,1	31,9	32	47	52	53	44	721	28,6	29,7	28,3	28,8	34,1	28,8	32,6	30,8	37	48
16:00	32,8	31,1	29,7	30,6	31,9	36	46	51	52	44	573	28,6	29,6	27,8	28	36	28,3	31,8	30,2	36,9	48,2
17:00	32,1	30,3	29,9	30,6	32,9	37	43	51	52	41	186	28,8	29,4	29	28,1	37,2	28,7	31,3	29,4	34,8	50,8
18:00	30,4	30,4	30	30,6	32,1	40	45	50	52	42	0	29,1	30	29,2	28,6	36,6	28,3	30,3	29,2	31	39,5
19:00	29,1	30,4	30	30,4	31,3	46	47	52	55	45	0	29,2	30	29	28,8	34,9	27,6	29	28,4	28,5	34,4
20:00	27,7	30,1	29,8	29,8	29,9	50	48	54	58	47	0	28,5	29,2	28,7	28,5	32,1	26,5	27,8	27,5	27,5	30,6
21:00	26,8	29,8	29,6	29,1	28,9	54	49	54	59	50	0	27,8	28,4	28,4	28,4	29,5	25	27,1	25,4	27,3	30
22:00	26,7	29,8	29,5	29,2	28,5	58	49	55	60	52	0	27,8	28,8	28	28,8	28,7	25,8	26,9	26	26,1	26,5
23:00	25,5	29,3	29,2	28,8	27,8	63	51	56	61	54	0	27,8	28,5	27,8	28,5	27,5	25,1	26,5	24,7	24,9	24,8
00:00	25,9	28,8	28,9	28,5	27,3	60	51	55	60	57	0	27,5	28,2	28,1	28	26,5	25,4	27,1	25,6	24,5	25,5
01:00	25,8	28,7	28,8	28,1	27,1	59	51	55	61	57	0	26,9	27,5	27,9	27,6	26,3	25,2	26,1	25,2	25,2	25,6
02:00	25,1	28,6	28,5	28,1	26,7	62	52	57	61	60	0	26,8	27,8	28	27,7	26	24,6	26	25,6	24,7	24,3
03:00	25	28,5	28,5	28	26,5	73	52	57	62	61	0	26,5	27,6	27,3	27,5	25,4	24,6	25,3	25	24,2	23,9
04:00	24,8	28,5	28,5	28,1	26,4	66	53	59	62	62	0	26,4	27,1	27	27	25	24	25	24,1	24,1	23,7
05:00	24,4	28,1	28,3	27,5	26	67	54	59	66	64	0	26,2	26,8	26,4	26,9	24,7	23,3	24,7	24	24,1	23,3
06:00	24,1	27,8	28,2	27,2	25,6	68	54	58	66	64	0	25,6	26,2	26,2	26,7	24,5	23,3	24,5	24,3	24	22,4
07:00	26	27,8	28,4	28,1	27,8	61	54	57	62	57	115	25,9	26,4	26,6	26,6	25,5	26,1	31,1	25,1	25,1	23,9

Tabela 19: Registros dia 01/12/2018 (NOVEMBRO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	27,4	27,3	27,8	27,5	26,3	59	61	64	71	69	233	25,6	26,3	25	26,9	25	25,3	28,3	25	25,6	25,2
09:00	28,1	27,3	27,7	27,3	26,7	54	62	65	73	69	256	25,2	26,4	24,6	26,5	25,3	25,9	29,4	25,8	27,5	25,3
10:00	28,5	27,4	27,5	27,4	27,3	51	62	67	72	66	290	25,5	27,2	25,2	26,4	26,5	26,4	30,1	25,6	27,6	27,6
11:00	31,4	27,7	27,8	28,2	28,5	45	60	66	69	62	400	26,2	27,3	25,6	26,5	27,6	28,4	32,9	28,2	29,4	33,5
12:00	32,5	28,1	28	28,5	30,2	41	60	66	68	58	557	27,4	27,7	26,4	26,7	30,3	29	34,9	27,7	30,6	33,5
13:00	32,2	28,8	28,4	29,2	31,2	40	58	64	62	64	360	27,7	28,4	26,4	27,5	31,3	30	34,5	28,9	33,2	36
14:00	30,1	29,1	28,5	29	30,6	52	60	67	67	58	841	28,6	29,9	27,4	27,1	31,3	28,8	34,1	27,5	31,5	39,9
15:00	30,3	29	28,8	29,1	31,6	45	53	55	66	54	771	28,1	28,8	27,5	26,9	33,5	29,1	33,1	28,6	38,9	50,1
16:00	30,5	29,6	28,9	29,4	31,7	41	53	60	60	51	0	28,7	30,1	27,7	28,8	36,7	29,6	33,2	30,1	39,5	39,6
17:00	25,9	28,9	28,8	28,2	28,8	65	55	61	66	56	0	28,1	28,6	27,6	27,8	32,6	25,7	28	24,9	29,8	32,4
18:00	25,8	28,8	28,7	28	28,2	62	55	60	65	57	0	27,4	28,5	27,2	27,9	31,2	25,6	27	25,2	27,8	28,7
19:00	25,4	28,5	28,5	27,7	27,4	63	56	61	66	62	0	27,6	28,3	27,4	28,1	28,8	24,7	26,2	24,7	26,2	25,7
20:00	25,4	28,4	28,4	27,7	26,9	65	56	61	67	64	0	26,7	27,9	26,9	27,6	27,6	24,3	25,9	24,3	25,7	24,4
21:00	25,2	28,5	28,2	27,5	26,7	66	70	62	70	64	0	26	28,3	26,8	27,9	26,5	23,5	25,4	24	25,2	24
22:00	25	28,1	27,9	27,4	26,4	66	56	62	70	65	0	26,1	26,9	26,3	27,2	25,5	23,4	24,7	23,3	24,7	23
23:00	24,9	27,7	27,8	27,1	26	64	56	61	69	65	0	25,9	26,8	26,2	26,9	25,3	23,2	24,7	23,4	24,5	25,1
00:00	24,8	27,5	27,6	27	25,8	67	60	62	71	66	0	25,8	26,8	26,2	26,8	25,1	23,8	24,3	23,5	24,7	23
01:00	24,5	27,4	27,5	26,8	25,3	69	61	65	71	61	0	25,6	26,8	26	27,1	24,9	23,7	24,7	22,8	25,6	23,1
02:00	24,8	27,2	27,7	26,7	25,4	64	61	63	72	60	0	25,5	26,4	25,9	26,7	24,3	23	24,3	23	24,3	22,7
03:00	24,4	27	27,5	26,5	25,4	71	62	56	72	69	0	24,8	26,2	25,3	27	24,3	23,3	24	22,7	24,3	22,3
04:00	24,6	26,9	27,5	26,5	25,2	71	63	67	73	70	0	25,2	25,9	25,4	26,4	24,1	22,9	24,2	23,6	24,1	22,7
05:00	24,3	26,8	27,4	26,4	25,2	71	64	67	73	70	0	25,1	26	25,4	26,4	24,2	22,5	23,9	23,1	24	22,4
06:00	24,5	26,5	27,2	26,1	24,9	72	64	67	76	71	0	24,7	26	24,2	26,5	24,5	23,1	24	23,2	24,3	23,5
07:00	25	26,5	27,2	26,2	25,1	71	65	68	76	71	0	25,4	25,7	24,7	25,8	24,5	24	24,7	23,6	24,3	24,3

Tabela 20: Registros dia 21/12/2018 (DEZEMBRO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	33,4	31,1	30,2	35,7	31,2	39	45	50	46	47	429	28,7	31,1	29,2	29,9	27,8	32	44,4	30	26,7	26,4
09:00	36,9	31,3	30,3	33,8	33,2	27	44	50	43	41	680	30	32,2	29,9	29,8	28,9	34,4	41,7	33,9	38,6	29,8
10:00		31,7	30,5	32,9	34,4		42	49	45	37	866	30,7	32,6	30,6	29,3	30,7	39,4	57,4	39,9	30,6	34
11:00	37,5	32,2	30,8	32,9	35,5	22	42	48	49	34	987	30,8	32,3	30	28,3	35,7	34,3	45,3	38,5	35	38,7
12:00	38,4	32,6	31,1	32,9	36,6	18	38	46	47	30	1074	32	35,4	32	30,2	34,9	34,8	39,5	40,7	35,1	37,8
13:00	38,4	33,2	31,6	33,4	37,5	17	36	44	46	29	1092	32,4	34,6	32,4	30,4	36,7	34,4	39,6	38	38,2	
14:00	38,1	33,7	31,9	33,5	38	16	34	41	42	25	1073	32,8	34,9	33	30,6	38,4	34,6	40	37	40,7	48,4
15:00	35,2	34	32,1	33,5	35,6	25	35	44	43	32	420	33,2	34,4	32,6	31,1	39,7	33,2	38	36,1	41,6	45,4
16:00	30,8	33,6	32,1	32,8	32,5	30	33	42	42	33	110	32,7	34,5	32,3	30,4	37	31,8	35	34,2	33,6	38,3
17:00	31,4	33,3	31,8	32,2	32,3	30	31	41	42	34	113	32	38,9	31,5	30,4	35,3	31,1	34,5	33,3	32,2	34,9
18:00	30	33,4	31,8	32,2	31,7	35	32	41	43	36	0	31,7	33,8	32,2	30,1	33,4	29,9	33,1	31,2	30,2	32,5
19:00	29,2	32,8	31,7	31,5	31	44	37	47	50	42	0	30,8	32,8	31,8	30,9	32,2	28,7	31,2	30	29,1	29
20:00	28,3	32,4	31,2	30,9	30,1	42	39	47	51	43	0	30,6	33,1	31,5	31,6	30,8	27,5	30,2	28,9	28,6	28,2
21:00	28,3	32,2	31,1	30,7	29,7	43	39	45	49	43	0	30	31,5	30,9	30,3	28,9	26,1	28,8	27,7	27,3	27,7
22:00	28,1	31,8	30,7	30,1	29,3	41	38	45	50	42	0	29,5	31,3	30,7	30,5	28,6	27,7	29,7	28,2	28,2	28,8
23:00	28,4	31,6	30,7	30,4	29,5	41	39	45	50	44	0	28,1	29,7	29,5	30	27,9	26	28,3	27,7	27,1	25,7
00:00	27,8	31,1	30,5	29,8	29,1	47	42	49	55	47	0	28,7	30,7	30,1	30,5	28,2	26,1	28,6	27,2	27,4	25,7
01:00	27,6	30,7	30,5	29,7	28,9	48	44	50	55	49	0	28,4	29,7	29,5	29,7	27,5	25,5	27,8	27,4	26,4	24,8
02:00	27,3	30,4	30,3	29,6	28,5	49	43	49	54	48	0	28,6	29,2	30	29,1	27,6	25,8	27,8	26,5	26,4	24,8
03:00	27,1	30,1	30,1	29,4	27,9	50	44	50	54	50	0	27,8	28,4	28,7	28,7	26,5	24,4	26,7	25,5	25,6	23,9
04:00	25,8	29,9	29,9	29,3	27,1	57	46	52	57	55	0	28	29,6	28,7	30	26	25,5	27,6	25,8	25,1	22,1
05:00	25,3	29,6	29,6	29,1	26,7	57	46	51	56	55	0	27,2	28,2	28	28,5	24,7	24,1	25,8	25,6	23,6	22,2
06:00	25,9	29,2	29,4	28,8	27,2	57	47	52	57	54	0	26,6	27,9	27,9	28,6	25	25,1	27,3	25,1	24,4	22,8
07:00	26,9	29	29,2	28,9	27,2	54	47	52	56	55	119	26,4	27,8	27,6	28	25,8	25,8	27,6	25,2	24,4	24,4

Tabela 21: Registros dia 03/02/2019 (JANEIRO/2019)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	25,4	26,5	26,4	26,7	25	62	56	64	67	71	0	25,4	25,6	24,7	25,7	23,7	23,9	26,2	23	24,4	23,9
09:00	26,4	26,5	26,4	26,8	25,4	60	58	66	70	70	186	24,9	25,1	24,7	25,5	24	24,1	27	24,7	24,7	25,6
10:00	27,9	26,5	26,4	26,8	26,4	52	60	66	70	67	207	25,1	25,4	25,1	25,3	25,1	25,2	28,2	25,6	25,8	27,2
11:00	30,9	26,8	26,5	27,6	28,5	41	59	65	64	57	342	26,4	26,9	26,1	26,3	27	28,5	32,5	28,1	27,9	30,9
12:00	30,8	27,1	26,7	28	28,9	42	59	65	63	54	837	27,7	26,8	26,7	25,3	30,9	29,1	33,3	30,7	31,4	34,7
13:00	32,4	27,5	27	28,5	30,1	39	59	65	62	52	494	27	27,4	25,9	25,3	30,1	29,4	33,2	30,1	30,7	36,2
14:00	30,9	27,8	27,2	28,5	30,2	42	56	66	65	52	1106	26,2	27,7	25,8	25,4	31,7	27,8	32	31,4	33,4	40,1
15:00	31,8	28,1	27,6	28,7	31,7	34	54	60	59	43	904	27,9	28,7	27	26,2	34,3	29,2	33	31,5	39,4	49
16:00	31,7	28,6	28	29,1	32,4	33	50	56	55	40	686	28,1	28,6	27,7	26,3	36,1	28,8	31,8	31,2	39,8	54,9
17:00	31,8	29,1	28,4	29,6	32,2	36	49	55	55	42	130	28	29,5	28,4	26,7	37,5	28,2	31,7	30,5	35,6	51
18:00	30,2	29,5	28,6	29,5	31,1	42	51	58	59	47	0	28,3	29,1	28,7	27,2	37,3	28,2	29,8	30,4	32,6	40,5
19:00	26,5	29,2	28,3	28,9	27,8	43	47	52	50	44	0	27,8	28,8	28	27,6	33,5	26,4	27,9	27,6	27,9	31,1
20:00	26,1	29	28,4	28,5	27,9	45	46	51	52	46	0	27,9	29,6	28,2	29,4	30,1	27	28,2	28,3	25,8	29,8
21:00	24,9	28,5	27,8	27,9	27,1	48	46	51	58	51	0	27	28,3	27,6	27,5	28,3	24,7	26	25,5	25,8	25,6
22:00	24,4	28,5	27,9	27,8	25,8	52	46	51	54	54	0	26,3	27,6	27,1	26,9	26,6	23,9	25,5	24,4	23,1	24,9
23:00	24,3	28,1	27,7	27,2	25,5	34	47	52	59	55	0	26,6	27,8	27	27,3	25,7	23,8	25,3	24	23,7	23,1
00:00	23,9	28	27,8	27,5	25,5	57	48	54	65	57	0	26	27,7	26,9	27	24,6	23	24,9	23,6	23,1	22,3
01:00	23,3	27,8	27,6	27,3	24,9	59	49	54	60	58	0	25,5	26,6	26,5	26,6	23,8	22,2	24,2	22,2	22,5	21,3
02:00	22,9	27,5	27,5	27,1	24,5	59	51	56	64	59	0	25,5	26,2	26,5	26,9	23,2	22	24	21,7	21,7	20,1
03:00	22,4	27,2	27,3	26,8	24,1	64	51	56	66	60	0	25,1	26,1	26	26,3	22,3	21,5	23,4	21,2	21,5	19,4
04:00	22,2	26,9	27,1	26,6	23,8	68	51	56	69	61	0	24,5	25,7	25,6	26,5	22	21,6	23,1	21,3	21,4	20
05:00	22,2	26,7	26,9	26,1	23,5	67	52	57	62	62	0	24,5	25,8	25,5	26,1	21,4	21,5	23,5	21,4	21,2	19,9
06:00	22,3	26,4	26,6	25,9	23,5	67	53	57	64	64	0	24,1	25,3	25,6	26,2	22,3	21,9	23,2	21,5	22,5	20,6
07:00	22,7	26,1	26,4	25,7	23,3	65	54	59	64	64	0	24,4	25	25,3	25,2	22,6	21,6	22,8	21,1	22,4	21,3

Tabela 22: Registros dia 05/03/2019 (FEVEREIRO/2019)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5
08:00	27,3	28,2	28,1	28,2	26,5	56	55	61	64	65	0	27,2	27,4	27,2	27,4	25,1	25,6	28,3	24,7	25,8	25,6
09:00	31,8	28,1	28,1	28,8	28,2	41	55	60	61	57	0	27,9	29,1	27,8	28,6	28,7	32,3	39,3	30,8	28,7	30,2
10:00	33,1	28,3	28,2	29	29,2	36	55	60	61	56	1048	28,7	30,9	28,8	27,9	28,7	32	37,5	31,2	29,1	33
11:00	31,9	28,5	28,3	29,3	29,6	40	55	61	61	54	110	27,5	28,2	27,8	26,1	28,4	30,2	36,2	29,2	28,1	30,9
12:00	25,1	28,5	28,2	28,1	27,3	73	56	63	66	62	0	27,6	29,3	28	26,8	27,2	24,6	29,9	26,1	25,9	27,6
13:00	23,2	28,1	28	28,1	25,9	75	54	58	62	62	120	27,3	29	27,3	26,7	27,6	22,9	27,5	23,1	25,9	26,4
14:00	23,8	27,9	27,8	27,2	25,6	72	52	57	63	63	0	27,4	29	27,6	27,3	26,2	24	27,7	23,8	24,6	24,6
15:00	24	27,9	27,4	27,4	25,4	70	52	60	63	64	0	25,6	27,9	25,8	26	24,6	23,6	26,2	23,4	23,5	23,2
16:00	24,2	27,9	27,4	27,2	25,4	70	52	60	64	65	0	26,5	26,9	26,9	26,4	25	23,8	26,3	23,2	24,5	25,1
17:00	25,1	27,8	27,4	27	25,4	65	53	61	65	65	0	25,3	27	25,7	26,5	24,7	24,2	26,6	24,2	24,3	25,1
18:00	24,7	27,6	27,2	26,9	25,4	67	54	62	66	65	0	26	27,5	26,3	26,6	25,4	23,8	25,7	24	24,9	24,5
19:00	24,4	27,3	27,1	26,6	25,1	69	56	63	67	67	0	25,3	27	25,7	26,2	24,3	23,3	25,5	24	23,9	23,3
20:00	24,3	27,1	26,9	26,4	25	70	57	64	69	67	0	25,2	26,3	25,4	26	24,2	23,8	24,9	24,1	24	23,2
21:00	23,6	27,1	26,9	26,7	24,8	72	58	64	69	68	0	24,3	25,3	24,5	25,1	24,6	22,5	24,1	23,3	24,3	22
22:00	24	26,9	26,6	26,4	24,6	72	58	64	69	69	0	25,3	26,2	25,4	25,9	23,3	22,5	24,2	23	25,3	22,1
23:00	23,8	26,5	26,7	26,1	24,4	72	59	64	69	69	0	24,9	25,3	24,8	26,4	24	22,1	23,5	23	23,7	23
00:00	23,5	26,1	26,4	25,7	24,1	72	60	64	70	70	0	25	26	24,8	27,2	24,4	22,6	24,4	23,2	24,1	22
01:00	23,3	25,8	26,3	25,5	23,9	74	60	65	71	71	0	24,3	25,1	24,6	25,4	23,2	22	23,3	22,6	22,4	21,6
02:00	23,2	25,5	25,8	25,4	23,9	74	61	66	71	71	0	24,6	25,2	24,7	25,4	23,2	22,3	24,4	22,6	23,8	22,2
03:00	23,2	25,4	26	25,3	23,8	74	62	66	72	72	0	25,3	25,4	25	25,2	24,3	22,1	24	22,6	23,8	21,5
04:00	23,2	25,4	25,9	25,3	23,8	75	62	67	73	72	0	24,2	25,1	24,3	25,3	23	22,3	23,8	22,3	22,8	21,4
05:00	23,4	25,2	25,8	25,3	23,8	74	63	67	72	72	0	24,1	24,7	24,3	24,8	22,9	22,6	23,9	22,8	22,7	21,1
06:00	23,2	25,2	25,7	25,2	23,7	75	64	68	74	73	0	24,2	24,5	24,4	25,1	22,7	23	23,3	22,6	22,8	21,9
07:00	23,2	25	25,5	25,1	23,5	75	64	68	74	74	0	25,8	26,2	23,5	26,4	24,8	24,9	23,7	25	24,8	22,9

Tabela 23: Registros dia 31/03/2019 (MARÇO/2019)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	27,3	28,2	28,1	28,2	26,5	56	55	61	64	65	0	27,2	27,4	27,2	27,4	25,1	25,6	28,3	24,7	25,8	25,6
09:00	29,2	28,2	28,1	28,4	26,9	53	55	61	63	62	0	27,4	27,9	27,4	27,8	26,9	28,1	29,9	27,6	26,9	27,8
10:00	31,8	28,1	28,1	28,8	28,2	41	55	60	61	58	0	27,9	29,1	27,8	28,3	27,7	32,3	39,3	30,8	28,7	30,2
11:00	32,3	28,2	28,2	28,9	28,8	39	55	60	61	57	614	28,2	29,4	28,2	28,1	28,1	32,2	39,8	31	28,9	31,3
12:00	33,1	28,3	28,2	29	29,2	36	55	60	61	56	1048	28,7	30,9	28,8	27,9	28,7	32	37,5	31,2	29,1	33
13:00	32,6	28,4	28,3	29,2	29,4	38	55	61	61	55	732	28,2	29,7	28,4	27,3	28,6	31,1	37	31,1	28,9	32
14:00	31,9	28,5	28,3	29,3	29,7	40	55	61	61	54	110	27,5	28,2	27,8	26,1	28,4	30,2	36,2	29,2	28,1	30,9
15:00	25,1	28,5	28,2	28,1	27,3	73	56	63	66	62	0	27,6	29,3	28	26,8	27,2	24,6	29,9	26,1	25,9	27,6
16:00	23,2	28,1	28	28,1	25,9	75	54	58	62	62	120	27,3	29	27,3	26,7	27,6	22,9	27,5	23,1	25,9	26,4
17:00	23,8	27,9	27,8	27,2	25,6	72	53	57	63	63	0	27,4	29	27,6	27,3	26,2	24	27,7	23,8	24,6	24,6
18:00	24	27,9	27,4	27,4	25,5	71	52	59	63	64	0	26,5	27,9	25,8	26	24,6	23,6	26,2	23,4	23,5	23,2
19:00	24,1	27,9	27,4	27,3	25,5	70	52	60	64	64	0	26,1	27,3	26,1	26,2	24,8	23,7	26,2	23,3	24,1	27,6
20:00	24,2	27,9	27,4	27,2	25,4	70	52	60	64	65	0	25,6	26,9	26,9	26,4	25	23,8	26,3	23,2	24,5	26,2
21:00	24,6	27,8	27,4	27,1	25,4	69	53	61	65	65	0	25,5	27	26,7	26,4	24,9	24,1	26,4	23,6	24,4	25,1
22:00	25,1	27,8	27,4	27	25,4	65	53	61	65	65	0	25,3	27,1	25,7	26,5	24,7	24,2	26,6	24,2	24,3	25,1
23:00	25	27,7	27,3	26,9	25,3	66	54	62	66	65	0	25,6	27,3	25,9	26,6	25	24	26,2	24,1	24,6	24,9
00:00	24,7	27,6	27,2	26,8	25,2	67	54	62	66	66	0	26	27,5	26,3	26,5	25,4	23,8	25,7	24	24,4	24,5
01:00	24,4	27,3	27,1	26,6	25,1	69	56	63	67	67	0	25,3	27	25,7	26,2	25	23,5	25,5	24	24,3	23,3
02:00	24,3	27,2	26,9	26,4	25	70	57	64	69	67	0	25,2	26,3	25,4	26	24,8	23,3	24,9	24,1	24	23,2
03:00	24	27,1	26,9	26,6	24,9	71	58	64	69	68	0	24,9	25,9	25,1	25,8	24,6	22,9	24,6	23,8	23,7	22,8
04:00	23,6	26,9	26,7	26,2	24,8	72	59	65	70	70	0	24,3	25,3	24,5	25,1	24,1	22,5	24,1	23,3	23,4	22
05:00	23,2	25,4	25,9	25,3	23,8	75	62	67	73	72	0	24,2	25,1	24,3	25,3	23	22,3	23,8	22,3	22,8	21,4
06:00	23,4	25,2	25,8	25,3	23,8	74	63	67	72	72	0	24,1	25	24,4	25,2	22,9	22,6	23,9	22,8	22,7	21,1
07:00	23,2	25,2	25,7	25,2	23,7	75	64	68	74	73	0	24,2	25,1	24,4	25,1	23	23	24,1	23,1	23,1	21,9

Tabela 24: Registros dia 30/04/2019 (ABRIL/2019)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m ²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	30,4	29,3	28,3	29,2	28,1	46	53	58	54	54	0	27,8	28,9	27,8	28,6	27,5	32,1	50,4	30	27	27,8
09:00	32,1	29,4	28,7	30	29	42	53	58	52	50	0	28	29,2	28	26,8	27,9	32,8	46,4	33	27,3	29,1
10:00	34	29,9	29	30,6	31,5	36	54	58	51	45	634	28,1	30	28,1	26	28	33,5	44,6	34,6	27,4	30
11:00	35,8	30,5	29,1	31,2	33,4	30	54	58	50	43	860	28,3	31,3	28,2	25,6	28,3	34,3	40,8	35,3	27,6	31
12:00	36,4	31,3	29,2	31,9	33,9	25	50	55	41	39	917	30,8	33	30,1	27,7	31,3	37,4	44,9	44,5	28,1	34,7
13:00	35,8	32,1	29,8	32,2	34,4	25	47	52	42	37	135	31,8	33,3	30,8	27,5	31,3	33,6	40,4	37,9	30,7	35,2
14:00	35,6	32,8	29,8	32,3	34,1	24	41	49	41	36	900	32,4	34,5	33	28,6	33,5	34,4	40,1	36,9	32,8	40,5
15:00	34,6	32,5	29,8	32,5	34,2	26	41	50	41	36	0	31,8	33,5	33	28,1	33,9	32,8	37,3	35,4	32	41,3
16:00	34,1	32,1	29,9	32,4	34,1	29	40	49	40	36	200	31,4	33,5	32,5	28,7	35,7	32,2	36,6	34,8	31,8	47,4
17:00	33,4	32,5	30,1	32,5	33,9	31	44	50	41	37	0	31,6	32,6	33,1	28,4	36	31,4	34,7	33,5	30,6	41,3
18:00	31,3	32,7	30,2	32,1	32,9	40	45	54	45	40	0	31,5	32,5	32,7	28,4	35,1	30,6	32,4	32,7	30,6	33,4
19:00	30,5	32,7	30,2	32,1	32,2	42	46	54	47	44	0	31,5	32,6	32,3	28,4	33,8	28,9	31	30,8	28,2	31,3
20:00	29,2	32,2	30,1	30,7	31,1	46	49	54	50	46	0	30	32,1	31,2	29	32,4	28,7	30,2	27,4	28,6	29,2
21:00	29	32	30,1	31,4	30,3	49	49	55	50	48	0	30,5	32,1	31,9	29,1	30,9	27,9	29,9	28,8	28,2	27,8
22:00	28,1	31,5	29,9	30,9	29,5	50	50	55	50	49	0	29,3	31,1	31,4	28,6	29,7	27,3	28,9	27,7	26,4	28,3
23:00	27,5	31,2	29,8	30,4	29	55	50	55	52	51	0	28,8	30,6	31	28,7	28,7	26,8	28	27,5	26,4	26
00:00	27,3	31,5	29,6	29,9	28,6	56	51	56	51	52	0	29,1	30,6	30,8	28,8	27,8	26,1	28,2	27,2	26,5	25,2
01:00	26,9	30,5	27,8	29,5	28,2	60	51	51	55	54	0	28,3	30,4	29,1	28,4	27	26	27,3	25,9	26,5	24,4
02:00	26,2	30,1	28,9	28,6	27,5	60	52	57	55	59	0	28,2	29,2	28,2	28,3	27,4	25,8	24,7	25,5	26,3	24,2
03:00	25,2	29,2	28,8	28,5	26,7	62	52	56	54	59	0	28,3	28,6	29,4	29	27,1	25,1	26,9	24,6	25,8	24,3
04:00	25,1	29,4	28,3	28,5	26,6	65	54	57	56	61	0	28	28,4	29,2	28,7	25,5	25,2	26,8	25,1	25	22,8
05:00	24,7	29,2	28,5	28	26,2	67	54	57	55	61	0	27,3	27,7	27,7	28,4	25,9	24,5	25,7	28,4	25,3	23,8
06:00	24,7	28,9	28,4	27,6	26,1	69	55	59	58	62	0	26,9	28,5	27,4	28,5	25,3	23,6	24,9	24,6	25,5	22,8
07:00	25,1	28,7	28,2	27,5	26,1	67	55	59	60	62	0	26,2	27,7	27,7	27,7	25,2	24,4	25,6	24,7	24,7	22,7

Tabela 25: Registros dia 04/06/2019 (MAIO/2019)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	30,1	29	27,7	28,9	26,6	41	48	51	45	53	0	27,1	28,3	27,6	28,4	26	31,6	52,4	29	25,5	24,8
09:00	33,9	29,1	28	29,5	28,9	28	47	49	43	45	0	27,5	29,3	27,9	27,9	27,4	35,2	60,2	33	27	26,6
10:00	34,7	29,5	28,2	30,2	30,4	27	47	49	43	44	690	27,7	30,5	28,2	27,9	28	35,2	49,5	35,8	28,2	27,7
11:00	34,7	30,4	28,8	31,2	31,5	25	47	50	42	41	800	28,9	31,4	29,3	26,3	29,1	34,8	43,5	38	28,5	32,5
12:00	35,4	31,6	29,4	32,1	32,8	21	42	45	35	34	860	30,2	32,3	30,7	26,8	31,1	33,7	40,8	40,4	29,9	33,2
13:00	36,5	32,2	29,8	32,5	34	15	36	37	30	27	860	31,4	33,2	31,8	27,4	32,6	32,9	38,7	36,9	31,6	36,9
14:00	36,8	32,8	30,1	33,1	34,5	10	29	33	20	23	720	31,5	32,7	32,1	27,2	32,5	32,4	36,5	34,8	29,7	39,1
15:00	35,4	33,1	30,6	33,2	34,4	10	22	26	20	20	689	32,4	33,4	31,5	28,1	34,2	33,8	38,4	34,9	34,5	43,3
16:00	34,3	33,1	30,5	33,1	34,1	11	26	30	21	20	236	32	32,6	32,5	27,9	34,8	30,8	34,3	33,9	29,8	46
17:00	33,6	33	30,8	32,8	33,9	11	27	29	26	21	0	31,8	32,6	32,9	28,2	37	30,9	33,3	33,5	30,3	46,7
18:00	31,4	32,9	30,5	32,7	33,2	20	30	32	28	26	0	31,5	32,2	32,4	28,5	36,1	30,2	32,2	32,3	28,7	38
19:00	29,9	32,5	30,2	32,2	32,1	28	34	32	30	31	0	31,2	31,7	32,1	28	35,1	28,5	30,4	29	28	31,5
20:00	28,1	32	29,4	31,4	30,6	37	38	40	34	35	0	30,4	30,9	32,1	28,5	32,2	27	28,7	30	27,2	27,8
21:00	27,4	31,5	29,6	30,9	29,6	42	40	41	36	38	0	29,9	30,4	31,8	28,2	30,6	26,5	28,2	29,2	25,9	26,4
22:00	26,3	31	29,4	30,5	28,8	42	41	42	36	40	0	29	29,8	30,8	28	28,4	26,3	27,4	28,8	24,8	24,9
23:00	25,8	30,5	29,2	30,1	28,1	47	44	45	39	43	0	28,3	30	30	28	27,7	25,8	27,2	28,3	25,6	24
00:00	25	30,1	29	29,6	27,2	49	44	45	39	45	0	28	29,1	29,8	28	26,5	25,1	26,8	27,2	24,7	24
01:00	24,1	29,8	28,9	29,2	26,5	53	44	46	40	48	0	27,6	28,5	29,6	28	25,5	24,9	26,4	26,7	24,1	24
02:00	23,8	29,2	28,5	28,9	25,9	54	44	45	40	48	0	27,6	28,6	29,4	27,8	24,6	24,7	26,2	25,2	24,2	21,5
03:00	23,3	28,9	28,3	28,5	25	56	45	46	41	50	0	27,3	28	29,3	27,6	24,2	24,3	25,9	25,2	23,9	20,8
04:00	23,1	28,7	28,1	28,1	24,8	58	46	47	42	52	0	26,9	27,5	29	27,6	23,3	23,2	25,2	25,2	23,5	20,1
05:00	22,9	28,2	27,9	27,8	24,5	61	46	48	44	53	0	26,5	27,4	28,6	27,4	23	22,9	25	24,9	23,4	20
06:00	22,3	27,9	27,5	27,1	24,1	65	47	50	47	54	0	26	27,2	28	27,4	22,8	22,6	24,4	24,5	23,3	20,1
07:00	24,1	27,7	27,2	27,2	24,2	66	46	51	49	54	0	26,2	27,7	28,2	27,2	22,7	23,4	25,6	24,7	23,2	20

Tabela 26: Registros dia 01/07/2019 (JUNHO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	23,3	24,8	25,3	25	23,2	69	49	54	59	56	0	22,3	25,1	24	24,3	21,5	24,1	36,4	29,2	20,1	19,8
09:00	27,2	25,1	25,5	25,9	25,5	49	46	52	53	47	0	24	25,5	25	24,6	22,6	31,1	52,9	29,2	21,1	21,7
10:00	30,8	26,4	26	27,5	26,7	43	42	50	50	45	0	25,5	27,9	27	25,3	24,9	34,9	43,7	34,5	25,3	26,3
11:00	31,5	27,8	26,4	28,5	28,2	40	37	49	45	37	990	27,4	32	27,4	26,1	23,1	32,9	40,9	35,5	25	27,9
12:00	32,4	28,4	26,8	28,8	28,8	35	34	45	41	35	380	28,2	30,9	27,5	25,1	26,8	31,4	37,2	33,6	26,8	32,1
13:00	34,2	29,3	27,2	29,9	30,4	25	29	40	34	26	290	28,9	32,1	28,9	26,4	30	32	38,2	33,8	28,8	35,6
14:00	33,7	31,1	27,9	30,6	31,2	22	23	35	31	24	780	30	32	28,8	26	31,6	31,7	36,1	33,2	28,8	38,9
15:00	33,1	30,4	28,2	31	31,9	22	22	31	29	20	620	29,9	31,4	29,6	26	32,5	30,1	34,6	31,2	28,7	44
16:00	32,4	30,5	28,5	31,2	32,1	26	22	31	31	20	330	29,8	31,6	29,8	25,9	34,1	29,7	32,5	30,5	28,7	49
17:00	31,4	30,5	28,6	31,1	32,1	29	22	32	30	20	0	30	30,9	30	26	34,5	28,6	31,3	28,8	27,2	48,4
18:00	29,8	30,3	28,5	30,5	31,2	32	23	33	33	22	0	29,2	30,4	28,6	26	34,9	28,4	30,4	28,4	26,1	38,5
19:00	27,9	29,4	28,4	30,2	30,4	37	26	36	43	25	0	28,4	30,4	29,1	27	33,1	26	27,7	26,8	25,6	31,5
20:00	26,8	29,5	28,3	29,9	29,3	41	27	37	39	26	0	28,5	29,1	28,4	25,7	30	25,7	27,4	25,9	24,2	28
21:00	24,9	28,5	27,8	29	27,5	51	30	40	40	34	0	28	28,2	28,4	25,7	28,8	25,2	26,9	26,1	22,4	25,8
22:00	24,2	28,1	27,5	28,4	26,5	57	34	44	44	40	0	26,6	28	27,2	25,8	26,4	24	25,2	25,8	22,6	24,2
23:00	22,8	27,3	27,1	27,9	25,4	59	37	45	43	41	0	26,2	27,2	26,6	25,3	25,3	23,1	24,9	24,6	20,9	22,2
00:00	22,4	26,9	26,8	27,3	24,9	60	36	43	45	40	0	25,9	26,9	27,5	25,2	24,1	22,7	24,8	23,4	20,4	21,2
01:00	21,9	26,3	26,4	26,8	24,5	64	39	45	47	44	0	25,1	26,3	26,9	24,9	23,9	22,1	23,9	23,7	20,5	21
02:00	22,2	26,1	26,2	26,4	24,1	66	41	47	50	46	0	24,4	25,5	25,9	24,9	23,4	22,1	23,7	23,8	22,3	20,5
03:00	21,9	25,6	26,1	26,2	23,9	65	42	48	50	47	0	24,7	26,2	26,4	25,4	22,7	22,1	23,4	23,5	20,9	19,8
04:00	21,9	25,7	26	26,1	23,8	69	44	49	52	49	0	24,6	24,9	26,2	24,2	22	21,7	23	22,7	21,1	19,5
05:00	21,3	25,4	25,8	25,8	23,3	72	45	50	53	51	0	24,4	24,6	25,7	24,3	21,7	22	22,8	22,6	20,2	19
06:00	20,6	25	25,5	25,3	22,7	74	45	51	54	52	0	23,6	24	25,3	24	21,7	20,7	22,5	21,7	19,8	18
07:00	20,4	24,9	25,1	24,8	22,3	79	47	52	56	57	0	23	23,5	24,8	23,5	20,6	20,1	21,9	21,1	19,1	18

Tabela 27: Registros dia 31/07/2019 (JULHO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m ²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	23,6	27,3	26,2	27,6	23,2	62	39	48	46	48	0	25,8	26,1	26,7	25,6	20,5	26,4	36,7	23,8	19,5	20
09:00	26,6	27	26	27,8	25,2	44	37	44	44	41	0	26,3	27	26	26,2	22,9	29	45,3	25,6	21,4	22,5
10:00	30	27,1	26,3	28,4	27,9	42	37	45	48	37	0	26,8	28,5	26,6	26,5	26,3	33,1	44,6	30,1	24,4	26,3
11:00	33,1	28,1	28,5	29,6	30,2	25	10	33	47	10	716	28,4	31,1	28,5	26,5	28	34,8	42	35,2	27,2	31,2
12:00	34,6	29,2	27,8	29,5	32,1	27	30	37	45	27	790	28,6	33,1	27,7	27,7	30,4	34,2	41,2	48,3	29,3	33,3
13:00	35,3	30,2	28,7	30,2	33,3	23	27	35	42	20	890	32,8	32,5	31	28	34,2	32,9	39,1	41,9	31	36,1
14:00	35,1	31	29,1	31,2	33,6	18	21	30	36	17	724	30,5	32,9	30,5	27,9	34,4	32,1	38,3	37,2	30,8	41,3
15:00	35,1	31,7	29,3	32,2	34,4	17	19	29	34	10	678	31,5	32	30,6	27	35,7	31,7	36	33,6	30,4	45,2
16:00	34,9	31,8	29,2	31,5	34,2	16	17	27	30	10	340	30,9	31,6	29,9	27	39,6	33	38	33,4	34	49,1
17:00	33,7	31,8	29,6	32,4	34,5	19	18	27	27	15	0	31	32,5	30,6	27,3	37,9	30,9	34,1	31,3	30,1	47,4
18:00	31,9	31,5	29,5	31,8	33,6	22	19	28	48	15	0	30,9	32,7	30,8	27,8	36	29,6	32,6	31,7	28,5	38,4
19:00	29,6	31,2	29,3	31,3	32,2	30	20	29	39	19	0	30,4	31,4	30	27,9	34	28,3	30,5	29,7	26,4	31,3
20:00	28,2	30,9	29,1	30,8	31,1	35	20	30	33	20	0	29,8	30,2	29,5	27,9	33,5	27,3	30	28,1	25,8	28,5
21:00	26,9	30,5	28,9	30,5	29,4	43	24	32	35	26	0	29,1	30,2	29,3	27	30,6	26,2	28,4	27,9	23,1	26,4
22:00	25,5	30,1	28,5	30	28,3	49	29	37	39	31	0	28,3	29,8	28,9	27,1	28,7	25	27,2	26,6	24,4	23,9
23:00	24,9	29,7	28,3	29,5	27,5	52	30	39	40	36	0	28,5	29,4	29,8	27,1	27,6	25,1	27	26	23,5	23,5
00:00	23,9	28,8	27,5	28,9	26,3	51	29	40	39	35	0	27	27,9	27,8	26	26,6	23,5	26	24,8	22,7	21,6
01:00	23	28,3	27,4	28,2	25,2	57	32	42	41	39	0	26	27,9	27,8	26,5	25,8	22,7	25	22,5	20,8	19,8
02:00	22,2	27,8	26,9	27,5	24,5	59	32	42	44	40	0	25,8	26,8	28,2	25,2	23,2	22,4	24,2	22,6	21	19,2
03:00	21,1	27,2	26,3	26,7	23,5	60	35	42	44	40	0	25	25,9	26,4	25,6	22,8	21,4	24	21,5	19,7	17,2
04:00	20,8	26,6	26,1	26,2	22,9	64	36	43	45	42	0	24,4	25,6	26,9	25,3	21,6	21	23,1	21,2	19,3	16,7
05:00	20,1	26,1	26,1	25,8	22,4	63	36	42	46	44	0	23,4	24,9	25,9	24,3	21,4	20,2	22,5	22,8	18,7	18,1
06:00	20,1	25,8	25,9	25,4	22,1	66	37	44	47	46	0	23,8	24,7	25,5	23,4	21,2	19,6	22	20,7	19	17,2
07:00	19,5	25,3	25,5	24,9	21,6	67	38	44	47	46	0	24,5	25,9	25,6	24,7	21,7	20,5	22,6	21,8	20,8	18,1

Tabela 28: Registros dia 31/08/2019 (AGOSTO/2018)

HORA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)					UMIDADE RELATIVA AMBIENTE					IRRAD. SOLAR w/m ²	TEMPERATURA DA SUPERFICIE INTERNA DAS PAREDES (°C)					TEMPERATURA DA SUPERFICIE EXTERNA DAS PAREDES (°C)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	Y	1	2	3	5	6	1	2	3	5	6
08:00	26,6	29,1	28,2	29,7	26,2	52	32	41	43	40	300	26	27,7	27,5	27	21,9	29,3	50,6	23,5	20,4	21,3
09:00	32,2	29,2	28,5	30,4	29,3	29	30	37	44	27	545	25,1	28,7	29,1	27,8	25,1	31,2	56,2	26,7	23,8	24,4
10:00	33,2	29,5	28,8	30,9	31,2	24	28	34	44	22	791	28,4	30,8	29	26,9	27,7	37,3	48,4	33,3	25,8	30,3
11:00	35,1	30,3	29,4	31,4	32,7	21	27	35	44	17	475	29,9	32,5	29,7	27	29,4	38,7	45,3	36,9	28,3	34,2
12:00	35,4	31,1	29,9	31,8	33,9	16	26	34	44	14	1040	30,3	33,5	30,2	28	32,4	33,5	38,4	35,7	30,4	35,2
13:00	31,1	31,5	29,9	31,9	34,4	34	24	30	36	11	995	30,3	33,5	30,2	28	32,4	33,5	38,4	35,7	30,4	35,2
14:00	35,5	31,9	30,1	32,3	35,1	16	20	27	32	11	890	32,3	31,7	31,7	29,2	35,8	32	37	40,5	34,7	46
15:00	35,4	32,3	30,5	33,1	35,4	17	19	26	24	11	730	32,1	33,4	31,6	28,5	37,4	31,4	36,3	35,1	37,5	52
16:00	35	32,8	30,8	33,4	35,7	16	17	25	25	11	480	32	33,2	31,7	28,4	38	31,6	34,6	33,2	35,3	57
17:00	34,2	32,8	30,9	33,5	35,5	17	12	25	20	10	260	32,5	33	31,7	29,1	42,2	31,3	34,5	31,8	31,4	57,3
18:00	33,1	32,8	31,1	33,2	35,1	19	12	24	21	11	0	31,5	32,3	31,7	28,7	39,8	30,5	33	31,3	29,6	48
19:00	31,3	32,6	31	33	34,5	23	14	25	32	11	0	31	31,8	32,4	28,9	38,3	29,6	31,2	30,4	28,3	38,1
20:00	29,5	32,2	30,8	32,2	32,9	29	17	26	27	12	0	30,1	31,5	30,2	29,4	35,3	26,4	30,3	29	28	31,5
21:00	28,9	31,8	30,5	31,9	31,8	29	18	26	30	15	0	30	30,8	31,5	28,8	32,5	27,4	28,8	27,9	25,4	29,8
22:00	27,2	31,2	30,2	31,4	30,4	37	21	28	30	20	0	29,9	30,7	31,1	29,2	32,1	26,9	28,5	28,4	26,6	27,5
23:00	26,4	30,9	29,9	31,1	29,4	49	29	29	37	29	0	29,5	30,1	31,2	28,2	29,3	25,3	27,8	26,8	24,3	25,8
00:00	25,4	30,1	28,3	30,2	28,5	52	30	30	40	32	0	28,7	29,3	30,7	28	27,6	25	27	25,6	24,3	24,3
01:00	25	29,7	29,1	29,8	27,7	52	31	37	40	33	0	27,5	27,9	29	27,3	27,1	24,2	26,2	24,6	23,3	23,2
02:00	24,5	29,1	28,8	29	27,1	51	31	36	39	25	0	27,6	26,4	28,6	28,3	26,2	23,9	26	23,9	24,6	21,8
03:00	24,4	28,6	28,9	28,8	26,7	54	32	38	41	37	0	27,4	27,9	29	27,6	25,6	24,6	25,8	24,7	23,5	22,6
04:00	24	28,6	28,8	28,5	26,5	55	32	39	41	37	0	26,5	27,2	28,8	27,4	25,2	23,6	25,7	23,9	24,3	23
05:00	24,1	28,5	28,6	28,4	26,4	56	34	41	44	39	0	26,5	26,8	28,5	26,6	24,5	23	25	23,8	22,5	21
06:00	23,4	28,2	28,4	28	25,8	52	32	37	41	37	0	26,1	27,2	28,1	26,6	25	22,5	24,4	24,3	22,3	20,7
07:00	23,5	27,9	28,1	27,6	25,7	47	31	36	39	35	100	26	26,9	28,1	26	24,4	22,3	28,1	23,3	22,3	21,4

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.