



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VÁRZEA GRANDE - UNIVAG  
PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS – PUC/CAMPINAS  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

ELSON EDUARDO DE OLIVEIRA PAULO

**INSULATED CONCRETE FORMS – TECNOLOGIA ALTERNATIVA  
NA QUALIDADE DE VIDA PELA OTIMIZAÇÃO DO CONFORTO  
TÉRMICO HABITACIONAL**

ORIENTADOR: PROF. DR. HUMBERTO DA SILVA METELLO

VÁRZEA GRANDE – MT  
JULHO/ 2022

ELSON EDUARDO DE OLIVEIRA PAULO

**INSULATED CONCRETE FORMS – TECNOLOGIA ALTERNATIVA  
NA QUALIDADE DE VIDA PELA OTIMIZAÇÃO DO CONFORTO  
TÉRMICO HABITACIONAL**

Dissertação apresentada ao Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo no Curso de Mestrado Acadêmico em Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG em associação com a Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC Campinas.

Área de Concentração: Arquitetura, Cidade e Território.

Linha de Pesquisa: Ambiente Construído e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Humberto da Silva Metello

VÁRZEA GRANDE - MT  
JULHO/ 2022

PAULO, Elson Eduardo de Oliveira.

***Insulated Concrete Forms – Tecnologia alternativa na qualidade de vida pela otimização do conforto térmico habitacional*** / Elson Eduardo de Oliveira Paulo – Várzea Grande, Mato Grosso, 2022. 128p.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) do Centro Universitário de Várzea Grande/MT – UNIVAG em associação com a Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC/Campinas.

1. Desempenho térmico. 2. Conforto térmico. 3. Alvenaria tradicional. 4. Insulated Concrete Forms.

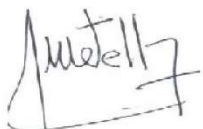
**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado Acadêmico do Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do UNIVAG em Associação com a PUC-CAMPINAS**

Ata da defesa de dissertação do aluno Elson Eduardo de Oliveira Paulo nº de matrícula 1161001319 do Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo do UNIVAG em associação com a PUC-Campinas. No dia 18 de julho do ano de dois mil e vinte e dois, às 15.horas, reuniu-se a Comissão Examinadora de Dissertação para julgar o trabalho de pesquisa, intitulada “INSULATED CONCRETE FORMS – TECNOLOGIA ALTERNATIVA NA QUALIDADE DE VIDA PELA OTIMIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO HABITACIONAL, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre, na área de concentração “Arquitetura, Cidade e Território”, na linha de pesquisa desenvolvimento local e territorial”. Abrindo a sessão, a) orientador **Prof. Dr Humberto da Silva Metello**, após expor as normas regulamentares do trabalho final pediu para o aluno iniciar a apresentação de sua pesquisa. Seguiu-se arguição pelas examinadoras, **Prof. Dra. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, da UFMT** e **Prof. Dra Laura Machado de Mello Bueno, da (PUCCAMP)** com a respectiva defesa do candidato. Logo após a comissão reuniu-se, sem a presença do mestrando e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado:

**Aprovado ( X )    Aprovado(a) com restrições ( )    Reprovado(a) ( )**

Nada mais havendo a tratar o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrado os trabalhos, sendo lavrada a presente ata, devidamente assinada pelo presidente, avaliadoras e discente.

Várzea Grande, 18. de julho de 2022



Prof. Dr. Humberto da Silva Metello .  
Presidente  
CPF: 061.149.201-63



Elson Eduardo de Oliveira Paulo  
Mestrando  
CPF: 041.372.861.-75



Prof.ª. Dra. Marta Cristina de Jesus  
Albuquerque Nogueira  
1º Membro Avaliador  
CPF: 531.387.751-87



Prof.ª. Dra. Laura Machado de Mello Bueno.  
2º Membro Avaliador  
CPF: 920104668-53

## **OFERECIMENTOS**

Ao meu avô Brasilino Batista de Oliveira (*in memoriam*) que sempre sonhou em ver seus filhos e netos formados, e que, contando versos com métrica e rima, caracterizados pela oralidade e por uma linguagem informal nordestina, me tornou um apaixonado pela leitura e pela escrita.

## **DEDICATÓRIAS ESPECIAIS**

Aos meus pais, Cristiane e Elson, pelo apoio incondicional em toda a minha formação.

À Dayana, minha esposa, que sempre me apoiou e dividiu comigo a paixão por Arquitetura, Engenharia e Construção.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, símbolo de bondade e fonte de inspiração.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Humberto da Silva Metello, por sempre me apoiar e confiar na proposta dessa dissertação, compartilhando das mesmas ideias e objetivos, minha mais sincera gratidão e admiração.

A minha tia, Prof. Dra. Célia Zeri de Oliveira, pela criteriosa revisão do texto, num esforço de melhorar a compressão do trabalho.

Ao meu tio, Prof. Dr. Ademilso Sampaio de Oliveira, pela orientação na caracterização climática e geográfica da cidade objeto de pesquisa, e pelo apoio em minha participação no campo científico e acadêmico.

A professora Celiane Aparecida Caovilla, pela contribuição na fundamentação histórica da cidade de Guarantã do Norte – MT.

A coordenadora do programa de mestrado em Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG, Prof. Dra. Jeane Aparecida Rombi de Godoy Rosin, por ir além de suas atribuições, se tornando uma grande mentora e incentivadora ao longo de todo o curso.

Aos professores: Dr. Manoel Lemes da Silva Neto, Dra. Ivone Salgado, Dra. Jeane Aparecida Rombi de Godoy Rosin, Dr. Antônio Busnardo Filho, Dr. Antônio Soukef Júnior, Dra. Máira Vieira Dias, Dr. Rodrigo Nogueira Lima, Dra. Rosana Lia Ravache, pelo contato agradável nestes anos e pela ajuda mútua no desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa.

Ao Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG e a Pontifícia Universidade Católica de Campinas/SP, pelas inúmeras palestras e eventos que foram além da proposta do programa de mestrado contribuindo significativamente na formação do pensamento metodológico.

Ao Engenheiro Civil Maicon Ribeiro Sichoski, por ter me apresentado o sistema construtivo Insulated Concrete Forms ICF e dado suporte técnico na compreensão dos processos de execução com o sistema construtivo ICF.

Ao Sócio proprietário do Grupo ICF João Felipe da Rocha, por ter me recebido em sua fábrica e estar sempre a disposição no fornecimento de conteúdo e materiais técnicos do sistema construtivo Insulated Concrete Forms.

Aos colaboradores de minha empresa Storari Construções, que fizeram parte da execução dos protótipos habitacionais demonstrando sempre proatividade no aprendizado de um novo método construtivo.

A minha colega de curso Adriana Dussel dos Santos, pelas sugestões, incentivo e discussões durante o mestrado.

A todos meus colegas do curso que compartilharam ideias, tornando possível uma visão multidisciplinar em minha formação.

## **PENSAMENTO**

Pertencer a algum lugar é saber que este lhe traz paz, tranquilidade e conforto, é estar em um ambiente onde é possível compartilhar amor e expressar o melhor de si, por isso, o acesso a boa engenharia e arquitetura é um direito social que em nenhuma hipótese deveria ser violado.

## SUMÁRIO

Dedicatórias Especiais	
Agradecimentos	
Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi

### CAPÍTULO 1

#### A PROBLEMÁTICA HABITACIONAL E OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

<b>1.1. Problemática.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. A crescente busca por sistemas construtivos alternativos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Fatores que influenciam o conforto térmico de edificações.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Justificativa do trabalho.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5. Local de aplicação da pesquisa.....</b>	<b>9</b>
<b>1.6. Objetivos.....</b>	<b>10</b>
1.6.1. Objetivo Geral.....	10
1.6.2. Objetivos específicos.....	10
<b>1.7. Delimitação do tema.....</b>	<b>11</b>
<b>1.8. Contextualização do trabalho.....</b>	<b>12</b>
1.8.1. Campo Habitacional.....	12
1.8.2. Campo Ambiental.....	12
1.8.3. Campo Econômico.....	12
1.8.4. Geração de Trabalho e Renda.....	13
1.8.5. Viabilidade técnica da utilização do sistema ICF.....	13
<b>1.9. Variáveis do projeto.....</b>	<b>13</b>
<b>1.10. Estrutura da dissertação.....</b>	<b>14</b>

### CAPÍTULO 2

#### POLIESTIRENO EXPANDIDO: OS PRECONCEITOS, A UTILIZAÇÃO E OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM HABITAÇÃO

<b>2.1. O poliestireno expandido.....</b>	<b>15</b>
2.1.1. Processo de Fabricação do EPS.....	16

2.1.2. Pré-Expansão.....	16
2.1.3. Armazenamento Intermediário e moldagem do EPS.....	17
2.1.4. Durabilidade e Sustentabilidade do EPS.....	19
<b>2.2. Os sistemas construtivos para habitação em EPS.....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Sistema de painéis monolíticos.....	20
2.2.1.1. Fundações.....	21
2.2.1.2. Barras de fixação, instalações e montagem dos painéis monolíticos.....	21
2.2.2. Sistema de painel sanduiche cimentício.....	22
2.2.2.1. Fundações.....	23
2.2.3. Sistema de painel sanduiche zinco.....	23
2.2.4. Sistema thermodul.....	24
2.2.4.1. Fundação.....	25
<b>2.3. Materiais construtivos que utilizam o EPS em sua composição.....</b>	<b>25</b>
2.3.1. Lajota de EPS para laje treliçada.....	26
2.3.2. O uso do EPS como isolante térmico de lajes impermeabilizadas.....	26
2.3.3. Isolamento térmico de dutos de ar-condicionado.....	27
2.3.4. Concreto leve.....	28
2.3.5. Forros isolantes e decorativos.....	28
2.3.6. Telhas termoacústicas.....	29
2.3.7. EPS para aterros de solos.....	30
<b>2.4. Insulated Concrete Forms.....</b>	<b>30</b>
2.4.1. Processo de execução com o sistema Insulated Concrete Forms.....	31
2.4.1.1. Fundação.....	32
2.4.1.2. Montagem do sistema ICF.....	32
2.4.2. Origem do sistema Insulated Concrete Forms.....	33
2.4.3. Fornecedores de fôrmas de Insulated Concrete Forms no Brasil.....	34
2.4.3.1. Fabricantes por expansão de partículas esféricas de poliestireno.....	34
2.4.3.2. Fabricantes por corte de blocos de poliestireno.....	36
2.4.3.3. Fornecedores importadores de formas de Insulated Concrete Forms.....	37
2.4.4. Obras de Insulated Concrete Forms no Mundo.....	39
2.4.4.1. The Ridge Theatre - Pace, Flórida, Estados Unidos.....	39
2.4.4.2. Alvaton Elementary School - Bowling Green, Kentucky, EUA.....	40
2.4.4.3. Escritório da Washington Street - Rochester, New Hampshire.....	40
2.4.4.4. Primeira Igreja Batista – Marble Falls, Texas.....	40
2.4.4.5. Escola primária de Richardsville - Bowling Green, Kentucky.....	41
2.4.4.6. Richmond Street apt. - Londres, Ontário .....	41
2.4.4.7. Seacoast Geriatrics II - Dover, New Hampshire .....	42

2.4.4.8. Igreja Anglicana de São Pedro - Tallahassee, Flórida .....	42
<b>2.5. Tijolo cerâmico.....</b>	<b>43</b>
2.5.1. O tijolo cerâmico em sua essência.....	44

## **CAPÍTULO 3**

### **ÁREA DE ESTUDO – CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**

<b>3.1. Formação histórica da cidade.....</b>	<b>46</b>
3.1.1. Irmãs Dominicanas de Nossa Senhora do Rosário de Monteils.....	49
3.1.2. Os Índios Panarás (Kreen-Akarore), habitantes que antecederam a colonização.....	50
3.1.3. Etimologia do nome Guarantã do Norte.....	51
<b>3.2. Guarantã do Norte atualmente.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3. As características geográficas da região.....</b>	<b>52</b>
<b>3.4. Sistemas de classificações climáticas.....</b>	<b>54</b>
3.4.1. As características climáticas de Guarantã do Norte.....	54
<b>3.5. Influência do avanço do agronegócio as condições climáticas de Guarantã do Norte.....</b>	<b>57</b>

## **CAPÍTULO 4**

### **MATERIAIS E METODOS**

<b>4.1. Metodologia dos ensaios.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2. Protótipos construtivos.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3. Especificações do tijolo cerâmico adotado.....</b>	<b>63</b>
<b>4.4. Especificações das formas de Iforms ICF.....</b>	<b>64</b>
<b>4.5. Equipamentos de medição.....</b>	<b>65</b>
4.5.1. Termômetro digital infravermelho.....	66
4.5.2. Termo-higrômetro Digital.....	66
4.5.3. Câmera termográfica compacta.....	67
<b>4.6. Metodologia de cálculo.....</b>	<b>68</b>

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISE DE DADOS**

<b>5.1. Análise dos resultados obtidos através do Termômetro digital infravermelho.....</b>	<b>69</b>
<b>5.2. Análise dos resultados obtidos através do Termo-higrômetro digital.....</b>	<b>74</b>
<b>5.3. Análise dos resultados obtidos através da Câmera termográfica compacta.....</b>	<b>78</b>

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÕES**

<b>6.1. Considerações finais.....</b>	<b>80</b>
<b>6.2. Com relação aos objetivos inicialmente lançados para esta dissertação.....</b>	<b>80</b>
<b>6.3. Recomendações.....</b>	<b>83</b>
6.3.1. Repetição do estudo em outras regiões.....	83
6.3.2. Análise do processo de execução do sistema construtivo visando produtividade e sustentabilidade.....	83
6.3.3. Análise do desempenho acústico do sistema construtivo.....	83
6.3.4. Análise do desempenho estrutural do sistema construtivo.....	83
6.3.5. Análise da inserção do sistema construtivo no meio urbano.....	84
6.3.6. Análise das possíveis patologias do sistema construtivo.....	84
6.3.7. Estudo de viabilidade econômica.....	84
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>85</b>
<b>Apêndices.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>119</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Habitações térreas do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).....	2
Figura 2 -	Habitações prediais do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).....	2
Figura 3 -	Favela no Rio de Janeiro, crise de saneamento em meio ao avanço da Covid-19.....	3
Figura 4 -	Operação fiscaliza e interdita loteamento irregulares e clandestinos em Sinop.....	3
Figura 5 -	Temperatura e zona de conforto média em Guarantã do Norte – MT.....	7
Figura 6 -	Local de desenvolvimento da pesquisa.....	10
Figura 7 -	Esferas poliméricas expansíveis.....	16
Figura 8 -	Pré expansor de EPS.....	16
Figura 9 -	Acumulador de vapor e caldeira.....	17
Figura 10 -	Acumulador a vapor.....	17
Figura 11 -	Poliestireno antes e depois da expansão.....	18
Figura 12 -	Silo de armazenamento.....	18
Figura 13 -	Painéis monolíticos com EPS.....	20
Figura 14 -	Detalhamento dos Painéis monolíticos com EPS.....	20
Figura 15 -	Fundação do tipo Radier.....	21
Figura 16 -	Fundação do tipo sapatas isoladas.....	21
Figura 17 -	Fixação dos painéis monolíticos de EPS.....	22
Figura 18 -	Fixação dos painéis nas barras de fixação.....	22
Figura 19 -	Obra com o sistema construtivo em Paineis Sanduiche Cimentício.....	22
Figura 20 -	Painel Sanduiche Cimentício.....	22
Figura 21 -	Painel sanduiche de parede em EPS.....	23
Figura 22 -	Edificação executada com o sistema de Paineis Sanduiche em Painéis Cimentícios.....	23
Figura 23 -	Painel do sistema Thermodul.....	24
Figura 24 -	Montagem dos cantos no sistema Thermodul.....	24
Figura 25 -	Detalhe da armação da fundação.....	25
Figura 26 -	Ganchos de espera do sistema Thermodul.....	25
Figura 27 -	Lajota de EPS em laje treliçada.....	26
Figura 28 -	Uso de lajota de EPS na construção civil.....	26
Figura 29 -	Isolamento térmico de lajes cobertas.....	27
Figura 30 -	Aplicação do EPS como isolante.....	27
Figura 31 -	Calha de EPS para conduto de ar-condicionado.....	27
Figura 32 -	Isolamento térmico de dutos de ar-condicionado.....	27
Figura 33 -	Concreto leve sem britas.....	28

Figura 34 -	Blocos celulares de concreto.....	28
Figura 35 -	Forro de EPS montado.....	29
Figura 36 -	Sistema de fixação do Forro de EPS.....	29
Figura 37 -	Detalhe telha termoacústica.....	29
Figura 38 -	Telha termoacústica.....	29
Figura 39 -	Nivelamento de estrada com EPS.....	30
Figura 40 -	Execução de aterro em Jundiaí-SP.....	30
Figura 41 -	Montagem das formas do sistema ICF.....	31
Figura 42 -	Concretagem do sistema ICF.....	31
Figura 43 -	Fundação do tipo radier.....	32
Figura 44 -	Fundação do tipo vigas baldrame.....	32
Figura 45 -	Posicionamento das formas de ICF.....	32
Figura 46 -	Montagem com o sistema ICF.....	32
Figura 47 -	Modelo patenteado por August Schnell e Alex Bosshard.....	33
Figura 48 -	Formas de ICF do modelo Isocret-ICF.....	35
Figura 49 -	Execução com o sistema Isocret-ICF.....	35
Figura 50 -	Detalhamento do Sistema Construtivo da ICF Construtora.....	36
Figura 51 -	EPS posicionado na máquina de corte.....	37
Figura 52 -	Máquina de corte.....	37
Figura 53 -	Arxx Prime.....	38
Figura 54 -	Arxx Veda.....	38
Figura 55 -	Arxx Steel.....	38
Figura 56 -	Arxx Blockout.....	38
Figura 57 -	Aspecto do canteiro de obras.....	39
Figura 58 -	The Ridge Theatre.....	39
Figura 59 -	Aspecto do canteiro de obras.....	40
Figura 60 -	Alvaton Elementary School.....	40
Figura 61 -	Aspecto do canteiro de obras.....	40
Figura 62 -	Escritório da Washington Street.....	40
Figura 63 -	Aspecto do canteiro de obras.....	41
Figura 64 -	Primeira Igreja Batista.....	41
Figura 65 -	Aspecto do canteiro de obras.....	41
Figura 66 -	Escola primária de Richardsville.....	41
Figura 67 -	Aspecto do canteiro de obras.....	42
Figura 68 -	Richmond Street apt.....	42
Figura 69 -	Aspecto do canteiro de obras.....	42
Figura 70 -	Seacoast Geriatrics II.....	42

Figura 71 -	Aspecto do canteiro de obras.....	43
Figura 72 -	Igreja Anglicana de São Pedro.....	43
Figura 73 -	Biblioteca de Exeter em New Hampshire USA – Louis Khan.....	44
Figura 74 -	Casa Robie House em Chicago – Frank Lloyd Wright.....	44
Figura 75 -	Famílias em viagem para o projeto de colonização.....	47
Figura 76 -	Famílias em viagem para o projeto de colonização.....	47
Figura 77 -	Executor do INCRA José Humberto Macedo.....	47
Figura 78 -	Km 725 BR163 – Entrada para o projeto do INCRA.....	47
Figura 79 -	Ônibus no primeiro ponto comercial da cidade.....	48
Figura 80 -	Foto aérea do projeto de colonização, Guarantã do Norte.....	48
Figura 81 -	Escola municipal São Judas Tadeu.....	48
Figura 82 -	Câmara Municipal de Guarantã do Norte.....	48
Figura 83 -	Primeira missa celebra na Cotrel.....	49
Figura 84 -	Primeira missa celebrada na Cotrel.....	49
Figura 85 -	Irmã Eulalia, Irmã Leoni e Irmã Vanda.....	50
Figura 86 -	Irmã Glycia em reunião com o ministro Danilo Venturine.....	50
Figura 87 -	Contato dos Panará com os colonos.....	51
Figura 88 -	Foto recente de José Humberto Macedo com o Cacique Akã Panará.....	51
Figura 89 -	Guarantã Arvore.....	52
Figura 90 -	Guarantã formação da madeira.....	52
Figura 91 -	Cobertura Vegetal e outras áreas - Guarantã Do Norte.....	53
Figura 92 -	Gráfico comparativo de temperatura mínima (°C) – Estação de Matupá-MT.....	55
Figura 93 -	Gráfico comparativo de temperaturas médias (°C) – Estação de Matupá-MT.....	56
Figura 94 -	Gráfico comparativo de precipitação acumulada (mm) – Estação de Matupá-MT.....	56
Figura 95 -	Imagem aérea dos quatro protótipos construídos.....	59
Figura 96 -	Vista lateral de um dos protótipos construídos.....	59
Figura 97 -	Distanciamento e identificação dos protótipos construídos.....	60
Figura 98 -	Radier pronto para receber as formas de ICF Iforms 12.....	61
Figura 99 -	Execução da alvenaria de tijolo cerâmico em pé (meia vez).....	61
Figura 100 -	Projeto do Protótipo 1 – Tijolo Cerâmico deitado (uma vez).....	61
Figura 101 -	Projeto do Protótipo 2 – ICF Iforms 18.....	62
Figura 102 -	Projeto do Protótipo 3 – ICF Iforms 12.....	62
Figura 103 -	Projeto do Protótipo 4 – Tijolo Cerâmico em pé (meia vez).....	63
Figura 104 -	Dimensões do tijolo cerâmico.....	63

Figura 105 -	Assentamento do tijolo cerâmico (uma vez) em uma obra residencial.....	63
Figura 106 -	Dimensões da forma de ICF – Iforms 12.....	64
Figura 107 -	Dimensões da forma de ICF – Iforms 18.....	65
Figura 108 -	Termômetro digital infravermelho.....	66
Figura 109 -	Aferição de temperatura interna com o termômetro digital infravermelho	66
Figura 110 -	Termo-higrômetro digital: aparelho no interior da edificação.....	67
Figura 111 -	Termo-higrômetro digital: sensor externo conectado ao aparelho.....	67
Figura 112 -	Imagem registrada pela Câmera termográfica compacta.....	68
Figura 113 -	Imagem térmica gerada pela Câmera termográfica compacta.....	68
Figura 114 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 1 (Tijolo deitado).....	69
Figura 115 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 1 (Tijolo deitado).....	70
Figura 116 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 2 (Iforms ICF 18).....	70
Figura 117 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 2 (Iforms ICF 18).....	71
Figura 118 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 3 (Iforms ICF 12).....	71
Figura 119 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 3 (Iforms ICF 12).....	72
Figura 120 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 4 (Tijolo em pé).....	72
Figura 121 -	Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 4 (Tijolo em pé).....	73
Figura 122 -	Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 1 (Tijolo deitado).....	75
Figura 123 -	Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 2 (Iforms ICF 18).....	75
Figura 124 -	Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 3 (Iforms ICF 12).....	76
Figura 125 -	Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 4 (Tijolo em pé).....	76
Figura 126 -	Registro: 05/07/2021 – 14:00h.....	79
Figura 127 -	Resultado: 05/07/2021 – 14:00h.....	79
Figura 128 -	Registro: 22/06/2021 – 08:00h.....	103
Figura 129 -	Resultado: 22/06/2021 – 08:00h.....	103
Figura 130 -	Registro: 22/06/2021 – 14:00h.....	103
Figura 131 -	Resultado: 22/06/2021 – 14:00h.....	103
Figura 132 -	Registro: 22/06/2021 – 20:00h.....	103
Figura 133 -	Resultado: 22/06/2021 – 20:00h.....	103

Figura 134 -	Registro: 23/06/2021 – 08:00h.....	104
Figura 135 -	Resultado: 23/06/2021 – 08:00h.....	104
Figura 136 -	Registro: 23/06/2021 – 14:00h.....	104
Figura 137 -	Resultado: 23/06/2021 – 14:00h.....	104
Figura 138 -	Registro: 24/06/2021 – 08:00h.....	105
Figura 139 -	Resultado: 24/06/2021 – 08:00h.....	105
Figura 140 -	Registro: 24/06/2021 – 14:00h.....	105
Figura 141 -	Resultado: 24/06/2021 – 14:00h.....	105
Figura 142 -	Registro: 24/06/2021 – 20:00h.....	105
Figura 143 -	Resultado: 24/06/2021 – 20:00h.....	105
Figura 144 -	Registro: 25/06/2021 – 08:00h.....	106
Figura 145 -	Resultado: 25/06/2021 – 08:00h.....	106
Figura 146 -	Registro: 25/06/2021 – 14:00h.....	106
Figura 147 -	Resultado: 25/06/2021 – 14:00h.....	106
Figura 148 -	Registro: 25/06/2021 – 20:00h.....	106
Figura 149 -	Resultado: 25/06/2021 – 20:00h.....	106
Figura 150 -	Registro: 26/06/2021 – 08:00h.....	107
Figura 151 -	Resultado: 26/06/2021 – 08:00h.....	107
Figura 152 -	Registro: 26/06/2021 – 14:00h.....	107
Figura 153 -	Resultado: 26/06/2021 – 14:00h.....	107
Figura 154 -	Registro: 27/06/2021 – 14:00h.....	108
Figura 155 -	Resultado: 27/06/2021 – 14:00h.....	108
Figura 156 -	Registro: 27/06/2021 – 20:00h.....	108
Figura 157 -	Resultado: 27/06/2021 – 20:00h.....	108
Figura 158 -	Registro: 28/06/2021 – 08:00h.....	109
Figura 159 -	Resultado: 28/06/2021 – 08:00h.....	109
Figura 160 -	Registro: 28/06/2021 – 14:00h.....	109
Figura 161 -	Resultado: 28/06/2021 – 14:00h.....	109
Figura 162 -	Registro: 28/06/2021 – 20:00h.....	109
Figura 163 -	Resultado: 28/06/2021 – 20:00h.....	109
Figura 164 -	Registro: 29/06/2021 – 08:00h.....	110
Figura 165 -	Resultado: 29/06/2021 – 08:00h.....	110
Figura 166 -	Registro: 29/06/2021 – 14:00h.....	110
Figura 167 -	Resultado: 29/06/2021 – 14:00h.....	110
Figura 168 -	Registro: 29/06/2021 – 20:00h.....	110
Figura 169 -	Resultado: 29/06/2021 – 20:00h.....	110
Figura 170 -	Registro: 30/06/2021 – 08:00h.....	111

Figura 171 -	Resultado: 30/06/2021 – 08:00h.....	111
Figura 172 -	Registro: 30/06/2021 – 14:00h.....	111
Figura 173 -	Resultado: 30/06/2021 – 14:00h.....	111
Figura 174 -	Registro: 30/06/2021 – 20:00h.....	111
Figura 175 -	Resultado: 30/06/2021 – 20:00h.....	111
Figura 176 -	Registro: 01/07/2021 – 08:00h.....	112
Figura 177 -	Resultado: 01/07/2021 – 08:00h.....	112
Figura 178 -	Registro: 01/07/2021 – 14:00h.....	112
Figura 179 -	Resultado: 01/07/2021 – 14:00h.....	112
Figura 180 -	Registro: 01/07/2021 – 20:00h.....	112
Figura 181 -	Resultado: 01/07/2021 – 20:00h.....	112
Figura 182 -	Registro: 02/07/2021 – 08:00h.....	113
Figura 183 -	Resultado: 02/07/2021 – 08:00h.....	113
Figura 184 -	Registro: 02/07/2021 – 14:00h.....	113
Figura 185 -	Resultado: 02/07/2021 – 14:00h.....	113
Figura 186 -	Registro: 02/07/2021 – 20:00h.....	113
Figura 187 -	Resultado: 02/07/2021 – 20:00h.....	113
Figura 188 -	Registro: 03/07/2021 – 08:00h.....	114
Figura 189 -	Resultado: 03/07/2021 – 08:00h.....	114
Figura 190 -	Registro: 03/07/2021 – 14:00h.....	114
Figura 191 -	Resultado: 03/07/2021 – 14:00h.....	114
Figura 192 -	Registro: 03/07/2021 – 20:00h.....	114
Figura 193 -	Resultado: 03/07/2021 – 20:00h.....	114
Figura 194 -	Registro: 04/07/2021 – 08:00h.....	115
Figura 195 -	Resultado: 04/07/2021 – 08:00h.....	115
Figura 196 -	Registro: 04/07/2021 – 14:00h.....	115
Figura 197 -	Resultado: 04/07/2021 – 14:00h.....	115
Figura 198 -	Registro: 04/07/2021 – 20:00h.....	115
Figura 199 -	Resultado: 04/07/2021 – 20:00h.....	115
Figura 200 -	Registro: 05/07/2021 – 08:00h.....	116
Figura 201 -	Resultado: 05/07/2021 – 08:00h.....	116
Figura 202 -	Registro: 05/07/2021 – 14:00h.....	116
Figura 203 -	Resultado: 05/07/2021 – 14:00h.....	116
Figura 204 -	Registro: 06/07/2021 – 08:00h.....	117
Figura 205 -	Resultado: 06/07/2021 – 08:00h.....	117
Figura 206 -	Registro: 06/07/2021 – 14:00h.....	117
Figura 207 -	Resultado: 06/07/2021 – 14:00h.....	117

Figura 208 -	Registro: 07/07/2021 – 20:00h.....	117
Figura 209 -	Resultado: 07/07/2021 – 20:00h.....	117
Figura 210 -	Registro: 07/07/2021 – 08:00h.....	118
Figura 211 -	Resultado: 07/07/2021 – 08:00h.....	118
Figura 212 -	Registro: 07/07/2021 – 14:00h.....	118
Figura 213 -	Resultado: 07/07/2021 – 14:00h.....	118
Figura 214 -	Registro: 07/07/2021 – 20:00h.....	118
Figura 215 -	Resultado: 07/07/2021 – 20:00h.....	118
Figura 216 -	Certificado de calibração Termovisor Flir C5.....	120
Figura 217 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29644/2020 Página 1/2.....	121
Figura 218 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29644/2020 Página 2/2.....	122
Figura 219 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29643/2020 Página 1/2.....	123
Figura 220 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29643/2020 Página 2/2.....	124
Figura 221 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29642/2020 Página 1/2.....	125
Figura 222 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29642/2020 Página 2/2.....	126
Figura 223 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29641/2020 Página 1/2.....	127
Figura 224 -	Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29641/2020 Página 2/2.....	128

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 -	Temperaturas médias na parede Leste.....	74
Tabela 2 -	Temperaturas médias na parede Oeste.....	74
Tabela 3 -	Temperaturas Externas máximas e temperaturas internas na mesma leitura.....	77
Tabela 4 -	Registros térmicos no dia 05/07/2021 às 14:00h.....	78
Tabela 5 -	Medição térmica 22/06/2021.....	92
Tabela 6 -	Medição térmica 23/06/2021.....	92
Tabela 7 -	Medição térmica 24/06/2021.....	93
Tabela 8 -	Medição térmica 25/06/2021.....	93
Tabela 9 -	Medição térmica 26/06/2021.....	94
Tabela 10 -	Medição térmica 27/06/2021.....	94
Tabela 11 -	Medição térmica 28/06/2021.....	95
Tabela 12 -	Medição térmica 29/06/2021.....	95
Tabela 13 -	Medição térmica 30/06/2021.....	96
Tabela 14 -	Medição térmica 01/07/2021.....	96
Tabela 15 -	Medição térmica 02/07/2021.....	97
Tabela 16 -	Medição térmica 03/07/2021.....	97
Tabela 17 -	Medição térmica 04/07/2021.....	98
Tabela 18 -	Medição térmica 05/07/2021.....	98
Tabela 19 -	Medição térmica 06/07/2021.....	99
Tabela 20 -	Medição térmica 07/07/2021.....	99
Tabela 21 -	Medição térmica 08/07/2021.....	100
Tabela 22 -	Medição térmica 09/07/2021.....	100
Tabela 23 -	Medição térmica 12/07/2021.....	101
Tabela 24 -	Medição térmica 13/07/2021.....	101
Tabela 25 -	Medição térmica 14/07/2021.....	102
Tabela 26 -	Medição térmica 15/07/2021.....	102

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABRAINC -	Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias
EPS -	Expanded Polystyrene
FGV -	Fundação Getulio Vargas
HIS -	Habitação de Interesse Social
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF -	Insulated Concrete Forms
INMET -	Instituto Nacional de Meteorologia
MCMV -	Minha Casa Minha Vida
NBR -	Norma Brasileira
ONU -	Organização das Nações Unidas
PIN -	Plano de Integração Nacional
PROCEL -	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
UNESCO -	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UV -	Ultravioleta

## RESUMO

PAULO, Elson Eduardo de Oliveira. Insulated Concrete Forms – Tecnologia alternativa na qualidade de vida pela otimização do conforto térmico habitacional. Várzea Grande, 2022. 128p. Dissertação – Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG e Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC/CAMPINAS.

A sustentabilidade e a inovação no uso de materiais alternativos são conceitos primordiais para projeto de habitação de interesse social. A cada dia, cresce a busca por edificações que sejam aliadas a esses conceitos de reutilização de materiais, desempenho e qualidade no conforto térmico de um ambiente construído. Nesses parâmetros, o objetivo deste trabalho é comparar o desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: de vedação do tijolo cerâmico e o sistema Insulated Concrete Forms disponível no Brasil, a fim de verificar a eficiência dessa tecnologia, em que se trata da relação entre a quantidade de calor fornecida e a variação de temperatura no interior dos protótipos em estudos. A relevância da pesquisa sustenta-se na cidade de Guarantã do Norte, situada na “Amazônia mato-grossense” no estado de Mato Grosso, cuja região se caracteriza em clima quente-úmido, pelas altas e constantes temperaturas no interior das edificações, causando nas pessoas uma sensação desagradável e mal-estar, tendo ao longo do ano um período mínimo de baixa temperatura. A metodologia aplicada no projeto atende aos critérios de desempenho térmico que são estabelecidos pelo método prescritivo da NBR 15220-3(2005) e NBR 15575-1(2013), do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014). Trata-se de uma pesquisa aplicada realizados diferentes ensaios laboratoriais, verificando-se o desempenho térmico de cada protótipo durante os meses de setembro e outubro. São analisados, no ambiente construído, diferentes leituras de temperaturas durante as horas do dia, no interior e exterior das duas estruturas similares em cada sistemas construtivos, e pelos resultados, identificar aquele de melhor desempenho térmico. Destacam-se, também, nos estudos os elementos climáticos, parâmetros importantes a serem analisados na região tropical, tais como: radiação solar, insolação, temperatura e umidade relativa do ar, ventos dominantes etc. O desenvolvimento do estudo do sistema construtivo alternativo na “Amazônia mato-grossense” resultou na obtenção de dados muito positivos quanto a seu desempenho térmico, que por sua vez pode gerar uma série de benefícios em relação a melhoria da qualidade de conforto no ambiente construído com as interações térmicas com o clima externo da região.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico. Conforto térmico. Alvenaria tradicional. Insulated Concrete Forms.

## ABSTRACT

Sustainability and innovation in the use of alternative materials are key concepts for social housing projects. Every day, the search for buildings that are allied to these concepts of reuse of materials, performance and quality in the thermal comfort of a built environment grows. In these parameters, the objective of this work is to compare the thermal performance between two construction systems: the sealing of the ceramic brick and the Insulated Concrete Forms system available in Brazil, in order to verify the efficiency of this technology, in which it deals with the relationship between the amount of heat supplied and the temperature variation inside the prototypes under study. The relevance of the research is sustained in the city of Guarantã do Norte, located in the "Amazon of Mato Grosso" in the state of Mato Grosso, whose region is characterized by a hot-humid climate, by the high and constant temperatures inside the buildings, causing in people an unpleasant feeling and discomfort, having throughout the year a minimum period of low temperature. The methodology applied in the project meets the thermal performance criteria that are established by the prescriptive method of NBR 15220-3(2005) and NBR 15575-1(2013), of the Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Residential Buildings - RTQ -R (2012) and Blue House Seal (2014). This is an applied research carried out with different laboratory tests, verifying the thermal performance of each prototype during the months of September and October. Different temperature readings are analyzed in the built environment during the hours of the day, inside and outside the two similar structures in each building system, and through the results, identify the one with the best thermal performance. Also highlighted in the studies are the climatic elements, important parameters to be analyzed in the tropical region, such as: solar radiation, insolation, temperature and relative humidity of the air, dominant winds, etc. The development of the study of the alternative construction system in the "Amazon of Mato Grosso" resulted in the obtaining of very positive data regarding its thermal performance, which in turn can generate a series of benefits in relation to the improvement of the quality of comfort in the built environment with the thermal interactions with the external climate of the region.

**Keywords:** Thermal performance. Thermal comfort. Traditional brickwork. Insulated Concrete Forms.

## CAPÍTULO 1

### A PROBLEMÁTICA HABITACIONAL E OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

#### 1.1. Problemática

O direito à moradia é reconhecido em diversas declarações e tratados internacionais de direitos humanos dentre os quais o Estado Brasileiro faz parte, e em virtude dos compromissos internacionais assumidos no âmbito da ONU, UNESCO, o Brasil inclui a moradia como um direito social fundamental para a população brasileira, como está expresso na Constituição Federal de 1988:

Art. 21: Compete à União “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”; e

Art. 22: é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios “promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”.

Observa-se, atualmente, um acentuado crescimento urbano no Brasil com 84,72% da população brasileira vivendo em áreas urbanas e 15,28% em áreas rurais (PNAD, 2015). Em virtude disso, tem-se verificado, nas últimas décadas, um acentuado Déficit Habitacional Brasileiro de 7,78 milhões de moradias (ABRAIN/FGV/IBGE, 2015).

É importante destacar, também, segundo dados que a Econit Consultoria Econômica, estabelece que Mato Grosso tem:

[...] um déficit de 109.652 moradias em todo o Estado. Entre os mato-grossenses, 95,33% desse universo de excluídos da casa própria têm renda familiar de até 5 salários-mínimos e com base do IBGE, sobre o déficit habitacional no Centro-Oeste é de 592.203 moradias. Desse total, 95,7% estão concentrados na parcela da população com renda familiar de até 5 salários-mínimos com 567 mil residências.

Nos dias atuais, nota-se que a questão habitacional no Brasil se constitui em um dos mais graves problemas sociais.

A dimensão deste problema, conforme relata Gonçalves (1998, p. 1), é:

[...] visível, seja nos grandes centros urbanos, com seus contingentes elevados de população favelada, seja nas regiões mais pobres do interior do país, na qual, a precariedade da estrutura de moradias aparece como um fator agravante para a questão da pobreza em suas inúmeras manifestações.

No Brasil, a grande produção de Habitação de Interesse Social (HIS) está mais inclinada para a questão quantitativa do que qualitativa, como é o caso das Figuras 1 e 2, na qual há uma padronização de projetos habitacionais que desconsideram fatores de clima, de ventilação e de qualidade estrutural. Dentro desta problemática, esta pesquisa propõe uma abordagem habitacional mais sustentável, com o uso do sistema construtivo denominado Insulated Concrete Forms (ICF). Este sistema consiste em fôrmas de poliestireno expandido (EPS) para concreto armado permanente na edificação ao longo de sua vida útil. Tal recurso destaca-se em importância por sua capacidade de isolamento térmico do ambiente construído, já demonstrado em vários países, tais quais: Canadá, Inglaterra e os Estados Unidos que levam em conta os desejos e anseios de seus usuários no intuito de obter um melhor conforto interno nos ambientes construídos.

**Figura 1** – Habitações térreas do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV)<sup>1</sup>



**Fonte** – Imirante.com (2019)<sup>2</sup>

**Figura 2** – Habitações prediais do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV)



**Fonte** – Portal Itambé (2017)<sup>3</sup>

Nesse âmbito, estabelece-se o desenvolvimento desta pesquisa, cujo objetivo é fixar diretrizes para avaliação de desempenho de habitação térreas unifamiliares, delimitando, para

<sup>1</sup> Atualmente denominado programa Casa Verde e Amarela, segundo a Caixa Econômica Federal, é uma iniciativa do Governo Federal que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias com renda familiar bruta de até R\$ 7.000,00 por mês. Desde o dia 26 de agosto de 2020, as operações de financiamento contratadas com recursos do FGTS integram o Programa Casa Verde e Amarela, conforme Lei nº 14.118/2021. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://imirante.com/brasil/noticias/2019/09/05/governo-federal-libera-meio-bilhao-para-minha-casa-minha-vida.shtml>>. Acesso em: 11 de julho 2021.

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/industrializacao-concreto-normas/>>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

tanto, os vários requisitos e critérios de desempenho que devem ser atendidos pelo novo sistema construtivo, assim como os métodos de avaliação que permitam verificar se o novo produto atende às condições de desempenho estabelecidas. No escopo da caracterização da problemática deste trabalho, deve-se estabelecer, primeiramente, que a moradia como direito social e fundamental da população brasileira é reconhecida pela Constituição Federal de 1988 e que, muitas vezes, os Programas de Habitação Popular não correspondem aos anseios de inúmeras famílias, pois que se tem verificado, nas últimas décadas, um acentuado Déficit Habitacional Brasileiro de 7,78 milhões de moradias (ABRAINC/FGV/IBGE, 2015).

Não seria necessária nenhuma análise sociológica muito aprofundada para perceber que esse processo demandaria uma infraestrutura habitacional e urbanística mínima, na qual as famílias necessitam condições básicas de sobrevivência, tais como: assistência médica, geração de emprego, acesso a escolas e condições ideais de abrigo e higiene. Portanto, este constitui-se um dos mais graves problemas sociais dos dias atuais, resultando no surgimento de diversas favelas. A precariedade da estrutura das moradias nas suas inúmeras formas de manifestações de pobreza, como exemplos: casas sem banheiro, habitação construídas com restos de madeiras e resíduos, ausência de documentos que comprovem a posse da terra ou de propriedade, habitações com mais de três pessoas dormindo no mesmo quarto, dentre outro. Há, ainda, as moradias precárias pela ausência de infraestrutura e serviços públicos, como a distribuição de água, de redes de esgoto e de energia elétrica, além de ruas sem pavimentação e coleta domiciliar do lixo, como exemplos mais aparentes, como é o caso das Figuras 3 e 4.

**Figura 3** – Favela no Rio de Janeiro, crise de saneamento em meio ao avanço da Covid-19



Fonte – BBC News (2020)<sup>5</sup>

**Figura 4** – Operação fiscaliza e interdita loteamento irregulares e clandestinos<sup>4</sup> em Sinop



Fonte – Prefeitura municipal de Sinop (2021)<sup>6</sup>

<sup>4</sup> A venda de lote sem registro do loteamento é ilegal, uma vez que desobedece ao estabelecido no artigo 37 da Lei 6.766/79: "É vedado vender ou prometer vender parcela de loteamento ou desmembramento não registrado". Esses loteamentos são chamados de clandestinos.

<sup>5</sup> Disponível em: < <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-55268151>>. Acesso em: 11 de julho 2021.

<sup>6</sup> Disponível em: < <https://www.sinop.mt.gov.br/Noticias/Operacao-fiscaliza-e-interdita-loteamentos-irregulares-em-sinop-8994/>>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

Nesse contexto, o cenário habitacional no estado de Mato Grosso não se diferencia da grande maioria, no âmbito do quadro geral brasileiro, uma vez que as condições políticas e econômicas interferem de forma significativa no campo habitacional. Dessa forma, as ações governamentais devem ter grande relevância ao desenvolver propostas de habitação federais, estaduais e municipais. Contudo, tais medidas estão longe de atender à demanda da população de baixa renda, uma vez que requer recursos, investimentos e tecnologias nos sistemas construtivos.

## **1.2. A crescente busca por sistemas construtivos alternativos**

Para suprir o acentuado déficit habitacional brasileiro, pode-se observar o surgimento de várias pesquisas nas Universidades Brasileiras e em vários Institutos de Pesquisas, em que se observa a crescente busca por sistemas construtivos alternativos de habitação. Estas áreas de conhecimentos são alinhadas aos conceitos de reutilização de subprodutos, dos resíduos sólidos, dos rejeitos de diversos materiais nas industriais de mineração na construção civil, nas áreas agrícolas e florestais e nos aproveitamentos de diversos materiais como: os minérios, as pequenas peças de madeiras, as cinzas, os entulhos de construções, os pneus, os fragmentos de vidros, as aparas de papel e muitos outros.

Com o objetivo de solucionar o problema da falta de qualidade em habitações, a construção civil tem se mostrado disponível para soluções industriais e inovadoras, que em sua grande maioria, mostram-se como soluções competitivas em condições de desempenho, sustentabilidade, economia e agilidade. Nesse contexto, a garantia do alto padrão de conformidade e segurança oferecida por produtos industrializados na construção civil é evidenciada em muitas propostas inovadoras, entretanto, apesar de provarem qualidade e desempenho, os sistemas construtivos modernos tendem a serem rejeitados e não têm se consolidado no mercado.

A inovação voltada para a sustentabilidade, ou eco inovação, pode ser considerada como a introdução de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhorados para a organização e que traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, comparados com alternativas pertinentes (DE FARIAS, 2016, p. 4).

Dada à sua abrangência, relevância e complexidade, a implementação de novas técnicas e (ou) materiais construtivos encaram um dos mercados mais conservadores do Brasil, em que a procura por técnicas convencionais e artesanais contrapõem propostas que trazem melhorias para a construção habitacional.

Entretanto, tem surgido uma série de novos sistemas construtivos como alternativos, em substituição aos sistemas construtivos tradicionais, principalmente os de alvenarias, que normalmente são utilizados no campo da construção civil e nos projetos de arquitetura. Esses novos sistemas construtivos, contudo, esbarram em uma grande dificuldade básica e essencial: a carência de referencial normativo com respeito à certificação, sejam em nível nacional ou de código de obras municipais que, em geral, não permitem o uso dos sistemas construtivos e, conseqüentemente, restringem a construção em larga escala, além de afetar os programas habitacionais.

Ademais, a falta da certificação de desempenho do sistema construtivo, que por sua vez não proporciona qualidade de vida às pessoas que habitam nessas edificações, tende a potencializar a presença de diversas manifestações patológicas, principalmente as fissuras, as umidades e deslocamentos dos elementos estruturais e construtivos. É visível, nessa problemática, a necessidade de uma grande melhoria das atividades na elaboração de projetos, na execução de obra, na escolha de materiais e na manutenção constante e regular das habitações.

### **1.3. Fatores que influenciam o conforto térmico de edificações**

Segundo Frota e Schiffer (2013), o conforto térmico depende de uma série de variáveis em que as condições ambientais proporcionam conforto às pessoas de climas diferentes não são as mesmas. Sendo assim, pode-se considerar que o estudo da aplicabilidade de sistemas construtivos para edificações habitacionais deve considerar os diferentes cenários de cada região do país, de forma a ponderar acerca de diferentes aspectos ambientais e variação da reação de um mesmo material para climas distintos.

De acordo com os autores acima citados, o organismo humano reage à temperaturas elevadas, proporcionando troca de calor intensa entre o corpo e o ambiente quando as perdas de calor são inferiores às necessárias para manutenção da temperatura interna constante, submetendo-o à fadiga e ao estresse. “O organismo humano experimenta a sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade” (FROTA e SCHIFFER, 2013, p. 20). Desse modo, pode-se afirmar que a perda de calor sem a recorrência a nenhum mecanismo de termorregulação proporciona às pessoas melhor condição de vida, uma vez que organismo não exercerá reações de funcionamento superiores ao necessário para o equilíbrio da temperatura interna, sem esforços.

Romero (2000) classifica os fatores climáticos globais como: radiação solar, circulação atmosférica, repartição das terras e dos mares, relevo do solo, correntes marítimas e revestimento do solo. Além disso, define os elementos do clima tais quais: temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações atmosféricas.

Desse modo, a compreensão dos fatores internos e externos à edificação influencia direta e indiretamente no desempenho térmico das habitações, pois, o uso de sistemas construtivos eficientes aliados a um bom projeto arquitetônico podem contribuir significativamente para com a otimização das habitações.

#### **1.4. Justificativa do trabalho**

À medida em que a sociedade se tornou consumista no âmbito do método de consolidação capitalista, esta passou a demandar produtos construtivos que atendam a um padrão mínimo de conforto e qualidade ambiental das edificações. Nesse contexto tem-se gerado uma contínua e crescente pressão sobre suas condições térmicas.

O uso do método construtivo convencional tornou-se insuficiente para um mercado no qual a inovação tecnológica, aliada aos métodos de construção disruptivos apresenta-se como muito superior em vários parâmetros técnicos, que por sua vez proporcionam qualidade de vida às pessoas que habitam nas edificações.

A cidade de Guarantã do Norte, delimitada como área para este estudo, pertence à região da Amazônia Meridional com predominância do Clima Equatorial quente e úmido, sendo sua característica mais marcante a frequência quase diária de altas temperaturas, e representada por grande quantidade de chuvas e temperaturas e umidades elevadas.

De acordo com os dados médios calculados, a partir de uma série de registros climatológicos, durante 30 anos, são observados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que caracteriza o clima da região, estabelece que há:

[...] seca severa entre os meses de junho a agosto no município com índice de precipitação muito baixo com valor médio de 27mm. No inverno as mínimas podem chegar a 20°C em junho e julho, enquanto as temperaturas máximas durante o verão podem atingir 36°C. A temperatura média anual fica entre 25 °C mínima e 33 °C máxima. Destaca-se que, o clima é fator importante ao quadro favorável ao desenvolvimento de atividades agropastoril do município. O total pluviométrico anual é em média 2.174 mm, com intensidade máxima nos meses de dezembro a março.

Também, segundo (IBGE 2012), constitui-se as suas principais características são:

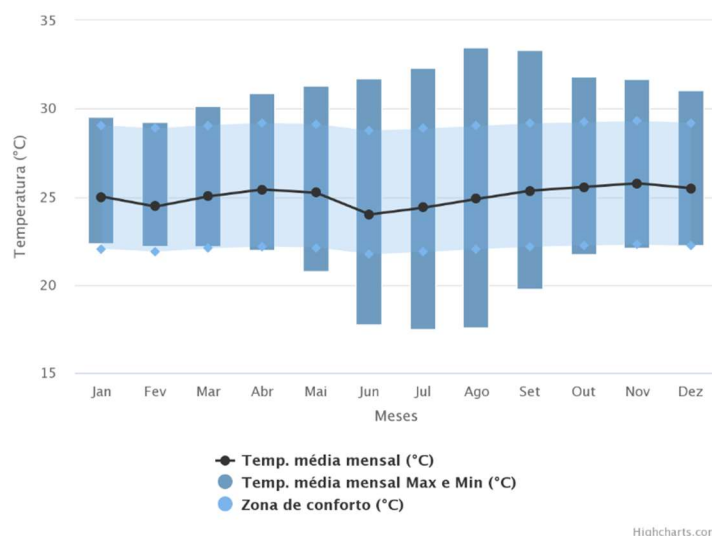
[...] uma floresta fechada com a presença de árvores altas e pouca vegetação rasteira e apresentam características de ambas as formações, com porte elevado das copas, entre 20 e 30m de altura e emergentes de até 35m. O clima da floresta do município é equatorial, quente e úmido, com a temperatura elevada variando pouco durante o ano, com valores de 20°C (Mínima) e de 33°C (Máxima).

De acordo com Leão (2007) o conhecimento do clima local, aliado aos saberes sobre os mecanismos de trocas de calor e aos mecanismos de comportamento térmico dos materiais, proporcionam a elaboração de projetos de Arquitetura que amenizam os impactos climáticos, tornando as edificações mais agradáveis e confortáveis aos usuários.

Pela análise da área de estudo experimental de conforto térmico das edificações que são realizados no período de primavera-verão com temperaturas de 33°C, priorizando os meses de setembro e outubro possibilita a verificação em condições climáticas de temperaturas mais elevadas do ano, de tal forma a permitir a correta verificação do atendimento da NBR 15220/2005, que trata do desempenho térmico de edificações.

Observa-se pelos dados climáticos da região que se caracteriza por registrar o clima quente-úmido, e, assim, proporciona uma incidência de altas e constantes temperaturas no interior das edificações, causando uma sensação desagradável e de mal-estar para os indivíduos, por manter-se ao longo período do ano, com curtas estações de baixas temperaturas, como é representando no gráfico da Figura 5.

**Figura 5** – Temperatura e zona de conforto média em Guarantã do Norte - MT



Fonte – Projeteee (2021)<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Projeteee – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes, primeira plataforma nacional que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente, com intuito de dar continuidade ao trabalho desenvolvido pelo

Assim embasado, o sistema construtivo Insulated Concrete Forms (ICF) destaca-se por sua capacidade de isolamento térmico do ambiente construído em vários países. Contudo, para compreender o desempenho térmico do sistema construtivo ICF é de suma importância conhecer as especificidades de cada região do país e a sua aplicabilidade em diversas condições climáticas. Portanto, este projeto tem como objeto de estudo a região norte do Estado de Mato Grosso, que por sua vez sofre com condições térmicas elevadas, e ainda assim, permanece com a construção convencional de alvenaria de vedação como sua técnica construtiva predominante.

Nesse âmbito, o objetivo principal do trabalho é de realizar a análise comparativa referente ao desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: o tipo de vedação do tijolo cerâmico e o Sistema Insulated Concrete Forms (ICF), disponível no estado de Mato Grosso, a fim de verificar a eficiência dessa tecnologia, ou seja, a relação entre a quantidade de calor fornecida e a variação de temperatura no interior da habitação em função ao ambiente exterior.

Em termos de relevância, esta pesquisa tem como objetivo beneficiar as construções habitacionais ao apresentar dados comparativos e paramétricos, na cidade de Guarantã do Norte, situada na Amazônia Meridional no Estado de Mato Grosso. Esta região caracteriza-se por registrar o clima quente-úmido, e, assim, proporciona uma incidência de altas e constantes temperaturas no interior das edificações, causando uma sensação desagradável de mal-estar para os indivíduos, por se manter durante o período mais longo do ano, com curtas estações de baixas temperaturas.

Sendo assim, para compreender o desempenho térmico do sistema construtivo ICF é de suma importância conhecer as especificidades de diferentes regiões do país e a sua aplicabilidade em diversas condições climáticas locais.

A crescente busca por habitações que estejam aliadas aos conceitos de reutilização de materiais, desempenho e conforto térmico dentro dos ambientes construídos, tem levado à implementação de novos sistemas construtivos para atender aos diversos programas do déficit habitacional brasileiro.

Dentro desse contexto, é de suma importância o estudo relacionado ao conforto térmico ambiental para cada região do país considerando suas particularidades e suas demandas sociais e humanas. O estudo comparativo entre sistemas construtivos convencionais e inovadores tende a proporcionar um cenário de implementação otimista para novas tecnologias de construção,

objetivando a solução de problemas locais. Portanto, é fundamental a busca de soluções construtivas que contemplem os requisitos ambientais na conservação de energia para as habitações e agregar a estes a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

### **1.5. Local de aplicação da pesquisa**

A região-alvo de estudo é a cidade de Guarantã do Norte, situada no norte do Estado de Mato Grosso, pertence à Amazônia Legal<sup>8</sup>, na qual, reconhece a importância econômica e social da região. A cidade de Guarantã do Norte possui um desenvolvimento acelerado na pecuária e na agricultura, tendo como áreas prioritárias para fins de Reforma Agrária e Segurança Nacional, tendo como estratégia para a colonização e implantação da rodovia de Integração Nacional a BR 163, Cuiabá-Santarém<sup>9</sup>.

A cidade se localiza na Amazônia Meridional, conforme Figura 6, além de possuir uma economia diversificada, destaca-se pela contribuição com o agronegócio e para o desenvolvimento regional do norte do Brasil.

De acordo com o IBGE (2017)<sup>10</sup>, o município é cercado por um grande bioma, a Floresta Amazônica, nasceu de um ideal agropecuário e, hoje, fortalece cada vez mais este setor, principalmente com a preocupação de preservação do meio ambiente.

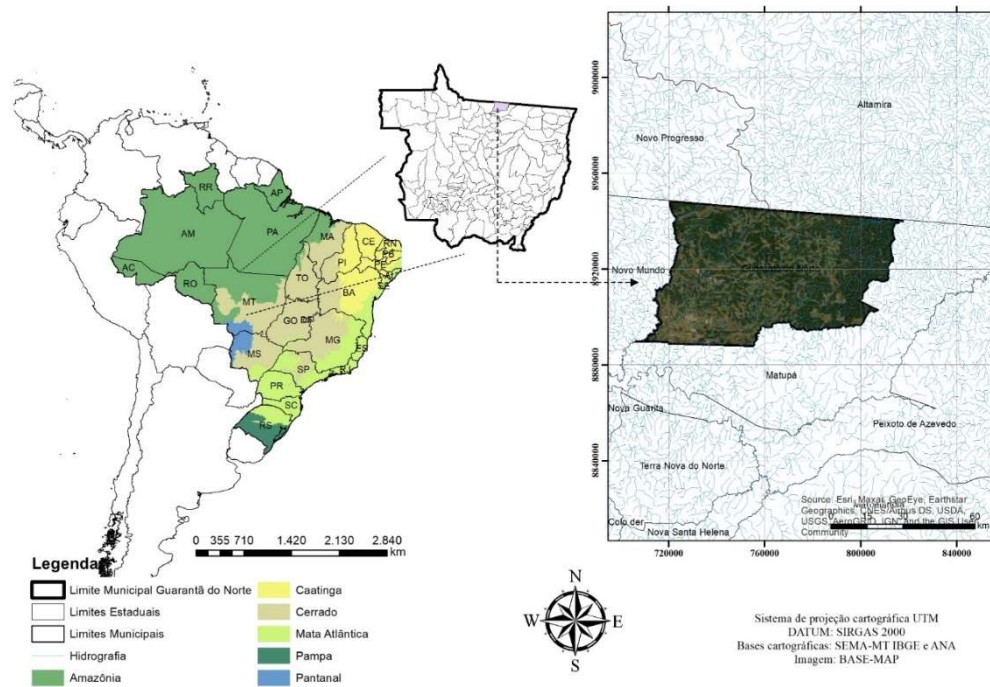
---

<sup>8</sup> A Amazônia Legal corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM delimitada no Art. 2º da Lei Complementar n. 124, de 03.01.2007. A região é composta por 52 municípios de Rondônia, 22 municípios do Acre, 62 do Amazonas, 15 de Roraima, 144 do Pará, 16 do Amapá, 139 do Tocantins, 141 do Mato Grosso, bem como, por 181 Municípios do Estado do Maranhão situados ao oeste do Meridiano 44º, dos quais, 21 deles, estão parcialmente integrados à Amazônia Legal. Possui uma superfície aproximada de 5.015.067,749 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 58,9% do território brasileiro. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 02/05/2021.

<sup>9</sup> Militares vindos dos Sul do país deram início à construção da BR-163 Cuiabá – Santarém. A construção da BR-163 em Mato Grosso, na década de 1970, fez parte do Plano de Integração Nacional (PIN) do Governo Militar e pertencia ao movimento desencadeado na época, cujo tema era: "Integrar para não Entregar!". BR-163, a Rodovia da Integração. Disponível em: <<http://www.rotadooeste.com.br/pt-br/rodovia/historia-da-rodovia>> Acesso em: 29/06/2021.

<sup>10</sup> Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/guaranta-do-norte/panorama>> Acesso em: 10/07/2021

**Figura 6** – Local de desenvolvimento da pesquisa



Fonte – Própria.

## 1.6. Objetivos

### 1.6.1. Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é de realizar a análise comparativa referente ao desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: de vedação de Tijolo cerâmico e o sistema Insulated Concrete Forms (ICF) disponível no Estado de Mato Grosso, a fim de verificar a eficiência dessa tecnologia, ou seja, a relação entre a quantidade de calor fornecida e a variação de temperatura no interior da edificação em função do ambiente exterior dos protótipos em estudos.

### 1.6.2. Objetivos específicos

Para a consecução do objetivo geral da presente pesquisa, delinearão os objetivos de caráter específicos, que buscam:

- Caracterizar a formação do município, o microclima da região e a peculiaridade da floresta Ombrófila, situado na Amazônia Meridional, correspondentes a área de estudo;
- Estabelecer a importância do sistema construtivo Insulated Concrete Forms no sentido da sua utilização na habitação, no campo ambiental e econômico, como também, na geração de trabalho, emprego e renda, bem como a sua viabilidade técnica;

- c) Construção dos protótipos levando em consideração o uso dos materiais, com uso das formas ICF - Iforms 18 e ICF - Iforms 12, do tijolo de 6 furos e estudando o comportamento dos materiais no seu desempenho térmico nas paredes de fechamentos;
- d) Analisar nos protótipos nas diversas horas do dia, as leituras das temperaturas do ambiente interno e externo na região de estudo, a fim de compará-lo com o sistema Insulated Concrete Forms e o sistema construtivo convencional de tijolo cerâmico de 6 furos, desenvolvendo o comportamento térmico.

### **1.7. Delimitação do tema**

Em relação à delimitação do tema neste trabalho tendo como objetivo estudar o sistema alternativo do Insulated Concrete Forms, enfocando o conforto térmico do ambiente construído, que através do desenvolvimento de ensaios nos protótipos executados, tem a finalidade de se indicar a viabilidade técnica no uso do sistema construtivo em climas quentes e úmidos, com qualidade compatível com as normas de desempenho, a fim de obter um melhor conforto ambiental habitacional.

A pesquisa limita-se em estudar o uso de dois modelos de fôrmas de ICF, sendo ICF Iforms 18 e ICF Iforms 12, comparando-os com o sistema construtivo do Tijolo Cerâmico de seis furos, a fim de identificar os índices de conforto térmico, bem como, sua aplicação na região norte do Estado de Mato Grosso.

É importante destacar que não se tratam, nesta dissertação, a questão econômica e a problemática de comercialização do sistema ICF, nem a montagem e o custo da unidade de produção como o uso dos seus equipamentos e mão-de-obra profissional, cujos itens estão fora do escopo deste trabalho. Ficam, portanto, nesta fase da pesquisa apenas os estudos, execução dos protótipos e análise do desempenho térmico dos seus componentes.

A meta final deste trabalho é de alcançar, por meio do desenvolvimento de um novo tipo de sistema construtivo alternativo, na cidade de Guarantã do Norte, na Amazônia Meridional no Estado de Mato Grosso, proporcionando diversos benefícios em relação ao desempenho térmico do material e da melhoria do conforto térmico no ambiente construído por intermédio das interações térmicas com o clima externo da região.

Os resultados desta pesquisa tendem a orientar, também, os fabricantes e construtoras no desenvolvimento de soluções inovadoras para habitações térreas e instrumentalizar os bancos privados no financiamento das habitações, no que se refere à adoção de uma sistemática de um novo método construtivo.

## **1.8. Contextualização do trabalho**

O desenvolvimento deste trabalho privilegia uma abordagem multissetorial da realidade brasileira, procurando focalizar as interdependências nas quais o tema se insere nos campos habitacional, social, ambiental, econômico e técnico.

Nesse contexto, para cumprir os desafios, enfatizam-se as seguintes considerações:

### **1.8.1. Campo Habitacional**

A moradia é, sem dúvida, uma das questões sociais mais graves do Brasil. De acordo com a Constituição Federal Brasileira (1988), nos artigos 21, 22 e 51, cabe à União, aos Estados e aos municípios promover “o direito de propriedade a todos os brasileiros, com programas de construção de moradia e melhores condições habitacionais e de saneamento básico”.

A garantia de condições de acesso a moradia à população é indispensável, ainda mais ao se tratar de habitações de interesse social, que por sua vez atendem as pessoas mais vulneráveis. Nesse contexto, a problemática do déficit habitacional brasileiro tornou-se um dos principais desafios sociais urbanos, levando à criação de programas habitacionais como o Programa Casa Verde e Amarela<sup>11</sup>, cujo principal objetivo centra-se na redução do déficit habitacional criando incentivos para a aquisição e produção de novas habitações.

### **1.8.2. Campo Ambiental**

Este projeto estabelece, na sociedade local, a proposta de redução do uso da madeira na execução de obras com o sistema ICF, além de proporcionar a redução do consumo energético, uma vez que sugere que o sistema construtivo em EPS representa maior desempenho térmico, reduzindo o consumo com sistemas de climatização que utilizam energia elétrica.

### **1.8.3. Campo Econômico**

O sistema construtivo proposto nesta dissertação associa o custo-benefício sistema ICF com relação ao sistema construtivo tradicional regionalmente ofertado, adotando um processo

---

<sup>11</sup> Programa do Governo Federal que tem como objetivo promover o direito à moradia a famílias residentes em áreas urbanas, com renda mensal de até R\$ 7.000,00 (sete mil reais), associado ao desenvolvimento econômico, à geração de trabalho e renda e à elevação dos padrões de habitabilidade e de qualidade de vida da população urbana. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/casa-verde-e-amarela/urbana/Paginas/default.aspx#:~:text=%E2%80%8B%C3%89%20um%20Programa%20do,de%20qualidade%20de%20vida%20da>>. Acesso em: 03/05/2021

de execução acelerado e racionalizado, reduzindo o desperdício de matéria prima e melhorando o desempenho térmico das habitações, de forma valorizar os empreendimentos em aspectos como qualidade de vida, desempenho e custo-benefício.

#### **1.8.4. Geração de Trabalho e Renda**

No projeto em estudo, podem-se incorporar programas que valorizam a organização coletiva (prefeituras, bancos, construtoras e stakeholders), procurando associar a produção habitacional com atividades de geração de trabalho e renda, sendo que a implementação do sistema construtivo ICF demanda qualificação técnica, oferecendo oportunidades para os jovens e adultos se qualificarem nas atividades construtivas. Além disso, a implementação de um novo sistema construtivo possibilita o surgimento de novas indústrias e produtos, que por sua vez, podem fornecer insumos e ferramentas específicas para esse método construtivo, sendo assim resultado de inovações tecnológicas.

#### **1.8.5. Viabilidade técnica da utilização do sistema ICF**

Pretende-se, neste trabalho estudar a viabilidade técnica do sistema construtivo, estabelecendo os parâmetros de desempenho térmico e sua aplicação em habitações, que poderá apresentar um elevado nível de produção industrial em virtude da otimização da execução de habitações de interesse social em Mato Grosso.

### **1.9. Variáveis de projeto**

Esta pesquisa possui as seguintes variáveis:

- Qual tipo de material usado em função das suas dimensões e densidades?
- Quais serão a densidade e peso específico dos materiais estudados?
- Que tipos de ligações, encaixes, dimensões das peças usadas nos componentes construtivos do sistema ICF?
- Quais as variáveis que interferem no desempenho térmico habitacional apesar do uso do sistema ICF?
- Qual a diferença entre a aplicação do sistema ICF em habitações de interesse social e habitações de alto padrão?

A questão do meio ambiente é uma das variáveis importantes e deve ser considerada, pois é relacionada à fonte de matéria-prima que dele será extraída, como se dará o processo

de industrialização desse material, e o que acontecerá com os rejeitos gerados no processo de produção.

### **1.10. Estrutura da dissertação**

Visando atingir os objetivos propostos, estrutura-se o trabalho em seis partes, cujos conteúdos integram os capítulos da dissertação, que são organizados na forma como segue:

- O Capítulo 1 faz uma abordagem acerca da problemática habitacional brasileira e a problemática do desempenho térmico em edificações, indicando as variáveis dessa pesquisa, bem como os objetivos para com o estudo do sistema construtivo Insulated Concrete Forms.
- O Capítulo 2 expõe a fundamentação teórica do estudo do poliestireno expandido na construção civil, aprofundando-se ao sistema construtivo Insulated Concrete Forms, e também aborda sobre o sistema construtivo de tijolo cerâmico convencional de construção.
- O Capítulo 3 faz uma abordagem histórica sobre a cidade de Guarantã do Norte – MT, através de uma fundamentação teórica sobre os aspectos climáticos, sociais e ambientais o município, bem como a caracterização da área de estudo e de execução dos protótipos habitacionais.
- O Capítulo 4 refere-se a metodologia dos ensaios, trazendo as dimensões e especificações técnicas de materiais e dos protótipos construídos, detalhando posição geográfica, horários das leituras e equipamentos utilizados com seus respectivos detalhamentos técnicos.
- O Capítulo 5 e o Capítulo 6 procuram circunscrever este trabalho de dissertação em relação aos seus propósitos iniciais, demonstrando seus resultados, suas hipóteses e suas variáveis, sinalizando que é possível obter melhoria no desempenho térmico habitacional através do uso do sistema construtivo Insulated Concrete Forms na região Norte de Mato Grosso e relacionam as sugestões para futuros trabalhos. Por fim, são listadas as referências bibliográficas que nortearam o desenvolvimento do trabalho, bem como a bibliografia de apoio, seguidos dos Apêndices e Anexos.

## CAPÍTULO 2

### POLIESTIRENO EXPANDIDO: OS PRECONCEITOS, A UTILIZAÇÃO E OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM HABITAÇÃO

#### 2.1. O poliestireno expandido

O poliestireno expandido (EPS<sup>1</sup>), popularmente conhecido como Isopor<sup>2</sup> consiste em um plástico celular rígido que pode ser apresentado em diversas formas e aplicações. Segundo AVESANI NETO (2008), a descoberta do EPS data de 1949 e é atribuída aos químicos Fritz Stastny e Karl Bucholz, que trabalhavam nos laboratórios da Basf<sup>3</sup>, na Alemanha.

A utilização do material EPS industrialmente hoje abrange uma grande gama de aplicações. Seu emprego vai da agricultura até a construção civil, passando pela indústria de embalagens de eletroeletrônicos, alimentos e bebidas, fármacos, utilitários e decorativos. Porém, é na construção civil que hoje o EPS tem se destacado devido a adequação de suas propriedades às necessidades das obras, seja pelas suas características de isolante térmico, como pelo seu reduzido peso específico aliado a alta resistência e sua facilidade de manuseio. (AVESANI NETO, 2008, p. 35).

O do EPS vem se destacando cada vez mais na construção civil, o que tem possibilitado o surgimento de diversos métodos construtivos com o EPS, bem como surgido materiais de construção que utilizam o EPS em sua composição. Dessa forma, é de suma importância o entendimento dessa matéria prima que vem desempenhando um papel fundamental na melhoria do desempenho de habitações, estradas e equipamentos.

De acordo com AVESANI NETO (2008), o EPS possui como matéria prima o polímero de poliestireno, que por sua vez é um polímero que possui em sua composição um agente expensor<sup>4</sup>, AVESANI NETO (2008) também destaca que esse material pode ser obtido através de diversas transformações químicas a partir do petróleo, resultando em diversos grânulos que podem expandir cerca de 50 vezes o seu volume inicial.

---

<sup>1</sup> EPS é a sigla internacional para designar o Poliestireno Expandido, de acordo com a Norma DIN ISSO-1043/78.

<sup>2</sup> Isopor é uma marca registrada pela empresa Knauf Isopor Ltda.

<sup>3</sup> A Basf é a maior empresa química do mundial, fundada no dia 6 de abril de 1865 em Mannheim pelo empresário Friedrich Engelhorn para produção de corantes sintéticos para tecidos.

<sup>4</sup> O agente expensor para a transformação do EPS é o pentano, hidrocarboneto de baixa condutividade térmica e mais baratos se adaptados a produtos inflamáveis.

### 2.1.1. Processo de Fabricação do EPS

O EPS é popularmente conhecido por todos quando associado seu uso a trabalhos escolares, embalagens de eletrodomésticos, bandejas de marmitas, dentre outros. Entretanto, pouco se investiga sobre a maneira como esses materiais são produzidos e o que diferencia o EPS utilizado em cada material. Os produtos produzidos com o EPS diferem-se essencialmente por sua forma, dimensões e densidade, não alterando as propriedades físicas da matéria prima.

Nas empresas de fabricação de EPS, ocorre apenas transformações físicas da matéria prima (o polímero de poliestireno), não alterando suas características e propriedades físicas. O EPS apenas pode ser feito antes de sua utilização. Para uso geotécnico, a forma predominante de utilização é a de blocos prismáticos (ou seja, formas de paralelepípedos retangulares). (AVESANI NETO, 2008, p. 36).

O processo de fabricação do EPS segue três etapas bem definidas, sendo: pré-expansão, armazenamento intermediário e moldagem.

### 2.1.2. Pré-Expansão

A matéria prima de esferas de poliestireno já contém o gás pentano ( $C_5H_{12}$ ) em sua composição, gás que permite que essas esferas (Figura 7) poliméricas se expandam. A matéria prima costuma vir em beges, e ao iniciar o processo de produção esse material passa por uma máquina chamada de pré expansor (Figura 8), onde essas pequenas esferas começam a crescer ganhando volume e perdendo densidade.

**Figura 7** – Esferas poliméricas expansíveis



Fonte – Pharmco, (2021)<sup>5</sup>

**Figura 8** – Pré expansor de EPS



Fonte – Nuova Indropress, (2020)<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.pharmcochem.com/raw-material-chemicals/synthetic-resin/polymeric-beads-expandable.html>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://www.nuova-idropress.com/pt-br/machiunes/pre-expansor-conico-descontinuo/>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

Para a realização do processo de pré expansão é necessária uma temperatura elevada de aproximadamente 90 graus celsius, portanto é necessária uma caldeira (Figuras 9 e 10) que gera até oito toneladas de vapor de água, que por sua vez esquentam o poliestireno.

A primeira fase de expansão do polímero de poliestireno (PS) é efetuada em um pré expansor por um aquecimento por contato com vapor de água. O agente expansor infla o PS para um volume cerca de 50 vezes maior do que o original. Deste processo, resulta um granulado de partículas de EPS constituídas por pequenas células fechadas, que é armazenado para estabilização. (AVESANI NETO, 2008, p. 36).

**Figura 9** – Acumulador de vapor e caldeira



Fonte – Famous Trademark of China, (2021)<sup>7</sup>

**Figura 10** – Acumulador a vapor



Fonte – ATTSU Térmica, (2021)<sup>8</sup>

### 2.1.3. Armazenamento Intermediário e moldagem do EPS

Após o processo de pré expansão, o material vai para os silos de armazenamento intermediário (Figura 12), onde ele fica por cerca de seis horas, passando por um processo de estabilização térmica e química, onde continua expandido durante esse período.

Durante esta fase de estabilização, o material granulado resfria criando uma zona de depressão no interior das células. Ao longo desse processo, o espaço dentro das células é preenchido pelo ar circundante. Desta forma, a expansão do material se torna completa, e seu volume é aumentado ao estágio final. (AVESANI NETO, 2008, p. 37).

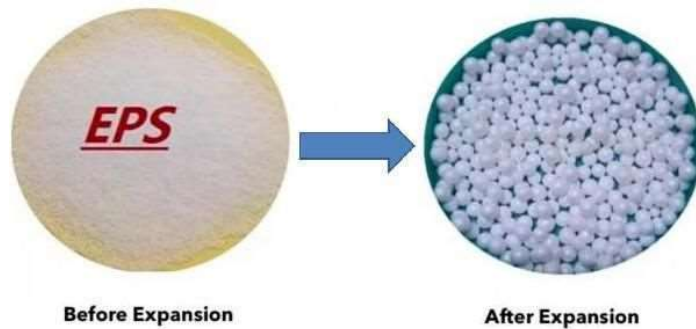
De acordo com AVESANI NETO (2008), o armazenamento é importante para permitir que haja a transformação do EPS de acordo com a forma necessária durante o processo de moldagem. Além disso, AVESANI NETO (2008) destaca que, expandidas, as pérolas de EPS

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://br.fyepsmachinery.com/product/steam-accumulator-and-steam-boiler-23.html>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/attsu-termica-sl/product-37754-610686.html>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

consistem em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno, podendo obter um índice de vazios entre 40 e 100. A Figura 11 representa com clareza essa escala de expansão.

**Figura 11** – Poliestireno antes e depois da expansão



Fonte – Myaid Machinery, (2021)<sup>9</sup>

**Figura 12** – Silo de armazenamento



Fonte – Processo Industrial, (2021)<sup>10</sup>

Após isso, todo o poliestireno é transportado por ar comprimido até serem injetados em um molde, onde são esquentadas novamente para expandir mais um pouco com o que ainda resta de pentano e se conectarem de forma a se tornarem uma peça única, conforme o design do molde no equipamento. A resistência do poliestireno depende do quanto ele expandiu, se ele expandir muito ele fica menos denso e conseqüentemente mais frágil, caso ele se expanda pouco, ficará mais denso e mais resistente, como é o caso do EPS utilizado em capacetes de motocicletas.

O material granulado, já estabilizado pelo armazenamento, é introduzido em moldes (com tamanhos e formas pré-definidos) e novamente aquecido por meio da exposição a vapor de água, provocando a soldagem dos grãos e obtendo desta forma um material monolítico e rígido, contendo uma grande quantidade de ar. (AVESANI NETO, 2008, p. 38).

De acordo com AVESANI NETO (2008), o tipo de EPS obtido depende da regulagem do processo de fabricação, podendo variar valor da expansão e geometria do molde, portanto, pode-se afirmar que esse material se adequa a diversas utilizações em engenharia e construção, devido a sua fácil adaptação conforme a demanda industrial do produto.

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://www.insulatedpanelsmachinery.com/items/eps-panels-machinery/batch-pre-expander-machinery/eps-panels-prefoam-machine.html>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

<sup>10</sup> Disponível em: <<https://processoindustrial.com.br/produtos/transporte-secagem-armazenamento/silos-para-armazenamento-de-eps/>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

#### 2.1.4. Durabilidade e Sustentabilidade do EPS

O EPS se destaca por ser um material durável e sustentável, uma vez que pode ser reciclado, apresentando uma vida útil relativamente alta. Por ser um material não inerte, não tóxico e não nocivo, o EPS (composto por carbono e hidrogênio) se destaca por não produzir resíduos sólidos em sua manufatura, portanto, reduz os impactos ambientais com resíduos.

Há relativamente poucas condições nas quais o EPS necessita de proteção. Uma delas é na exposição ultravioleta (UV), em qualquer aplicação, deve ser evitada a radiação solar direta, bem como outros tipos de radiação ricas em energia que deterioram o EPS (sofre um amarelamento) por alterarem sua estrutura química. Este processo é, porém, lento e depende da intensidade de radiação e do tempo de exposição. Em conjunto com as intempéries o processo pode ser acelerado. (AVESANI NETO, 2008, p. 41).

Além disso, é válido considerar que:

Os avanços tecnológicos têm provocado uma contínua e crescente pressão sobre os recursos naturais do planeta à medida que o desenvolvimento demanda uma quantidade razoável de matéria-prima e gera um grande volume de resíduos. (AGUILAR et al., 2008, p. 2).

Portanto, a utilização de materiais industrializados como o EPS que possuem um processo de industrialização com danos ambientais reduzidos, e, podem ser reaproveitados e reutilizados como matéria-prima, tornou-se uma alternativa sustentável e viável para a construção civil.

Comprar produtos que voltaram à fábrica, foram recondicionados e ganharam nova garantia é praticamente a mesma coisa que comprar um produto novo. O consumidor precisa apenas julgar a relação entre custo, desempenho e garantia de um item recondicionado e um item novo. Tais produtos geralmente se encontram disponíveis em fornecedores confiáveis e em quantidade, e são entregues de maneira segura e em boas condições. (ADDIS, 2010).

Dentro desse contexto, no que se refere à durabilidade AVESANI NETO (2008) afirma que existem poucos líquidos que dissolvem o EPS, sendo os únicos encontrados nas aplicações mais correntes de plástico (solventes orgânicos derivados de petrolíferos, tais como óleos, gasolina e diesel). É possível derreter o EPS quando exposto a temperaturas de aproximadamente 150°C, portanto, é de suma importância atentar-se aos materiais de construção que serão incorporados juntamente com o EPS, pois eles podem não compatibilizar e eventualmente danificá-lo, reduzindo seu desempenho e sua capacidade de vida útil. Em concordância com AVESANI NETO (2008), materiais como: ácido sulfúrico 95%, produtos betuminosos com solventes, produtos asfálticos, gasolina, álcool, solventes orgânicos e hidratos

de carbono alifáticos, são materiais que não compatibilizam com o EPS e, portanto, não são recomendados para o uso em conjunto.

## 2.2. Os sistemas construtivos para habitação em EPS

O EPS tem se destacado por sua eficiência em condições térmicas e acústicas para diversos sistemas construtivos e materiais de construção civil. Dentro desse contexto, alguns sistemas têm se destacado nos últimos anos por sua implementação.

### 2.2.1. Sistema de painéis monolíticos

O Sistema construtivo monolítico em EPS é produzido de forma industrial, onde utiliza-se placas de Poliestireno Expandido no centro dos panos de parede e malhas de aço com concreto nas faces externas (Figuras 13 e 14), podendo ser utilizado como painel monolítico autoportante ou até mesmo como painel de vedação.

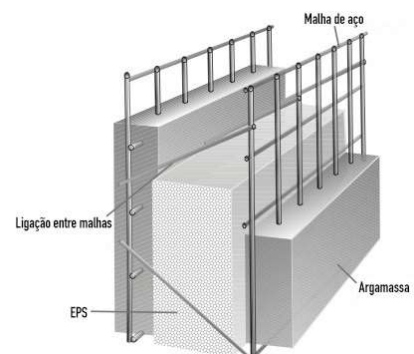
O sistema monolítico em EPS é composto por uma placa de EPS entre duas malhas metálicas eletrossoldadas e argamassa de revestimento em ambas as faces. A espessura da placa de EPS pode variar de 55 a 140 mm, dependendo do projeto arquitetônico e das características térmicas e mecânicas que se pretende atingir. A argamassa é aplicada na obra, através de um projetor pneumático. O resultado é uma edificação monolítica. (FÜHR, 2017, p. 15).

**Figura 13** – Painéis monolíticos com EPS



Fonte – Grupo Isorecort, (2016)<sup>11</sup>

**Figura 14** – Detalhamento dos Painéis monolíticos com EPS



Fonte – Grupo Isorecort, (2016)<sup>1</sup>

<sup>11</sup> Disponível em: < <http://construcaocomeps.com.br/paineis-autoportantes-com-eps/>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

A produção do sistema de painéis monolíticos segue etapas bem definidas, sendo: Fundações, barras de fixação, montagem dos painéis monolíticos, alinhamento e prumo, abertura dos vãos, instalação de esquadrias, instalações elétricas e hidráulicas, revestimento dos painéis, lajes e acabamentos.

### 2.2.1.1. Fundações

O processo executivo da fundação do sistema construtivo de painéis monolíticos de EPS é um tanto quanto convencional, de acordo com SANTANA (2020) geralmente são escolhidas fundações rasas para este tipo de sistema construtivo, como radier (Figura 15) ou sapatas (Figura 16).

**Figura 15** – Fundação do tipo Radier



Fonte – Dryplan Engenharia, (2016)<sup>12</sup>

**Figura 16** – Fundação do tipo sapatas isoladas



Fonte – Exata engenharia e fundações, (2021)<sup>13</sup>

A possibilidade de trabalhar com fundações convencionais proporciona ao sistema uma maior facilidade de implementação, uma vez que técnicas construtivas convencionais apresentam maior aceitação dos construtores, investidores e consumidores da construção civil, por possuir processos já conhecidos.

### 2.2.1.2. Barras de fixação, instalações e montagem dos painéis monolíticos

Após a execução das fundações inicia-se a montagem dos painéis, para isso são pré-fixadas barras de fixação (arranques) para engastamento dos painéis na fundação. Os painéis são conectados entre os arranques da fundação, devendo ser iniciado pelos cantos. Além disso, os painéis são amarrados entre si com o uso de arame recozido ou telas (Figuras 17 e 18).

<sup>12</sup> Disponível em: <<http://www.dryplan.com.br/blog/ler/pID/24/fundacao-radier-para-casas-terreas-e-sobrados.php>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

<sup>13</sup> Disponível em: <<https://exatafundacoes.com.br/o-que-sao-fundacoes-e-quais-os-tipos-existentes/>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

**Figura 17** – Fixação dos painéis monolíticos de EPS

Fonte – Ecoforte tecnologia e sustentabilidade, (2020)<sup>14</sup>

**Figura 18** – Fixação dos painéis nas barras

Fonte – Eme indústria de EPS, (2019)<sup>15</sup>

É importante considerar o alinhamento correto das alvenarias e a verificação do prumo na etapa de fixação dos painéis e telas utilizando réguas de alumínio que se fixam horizontalmente. Além disso, antes da projeção da argamassa é necessário a abertura dos vãos e instalações hidrossanitárias e elétricas bem definidas, para a abertura dos vãos é comumente utilizado um soprador de ar quente de forma que serão abertos os sulcos equivalentes no EPS. Após esse processo, é realizada a projeção da argamassa através de um projetor pneumático, e, por fim, são realizados os demais acabamentos, assim como obras com sistemas construtivos convencionais.

### 2.2.2. Sistema de painel sanduiche cimentício

O sistema de painel Sanduiche Cimentício consiste em painéis monolíticos compostos por placas cimentícias ou argamassa em ambas as faces da parede apresentando uma maior resistência mecânica e um núcleo de EPS de alta densidade com menor resistência mecânica.

**Figura 19** – Obra com o sistema construtivo em Painel Sanduiche Cimentício

Fonte – Hubei Ojunda Building Materials (2021)<sup>16</sup>

**Figura 20** – Painel Sanduiche Cimentício

Fonte – Hubei Ojunda Building Materials (2021)

De acordo com Barros (2019), os painéis sanduíches representam uma modernidade relacionada ao método de aplicação em sistemas de vedações verticais internas ou externas

<sup>14</sup> Disponível em: < <https://ecoforte.blogspot.com/2020/>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

<sup>15</sup> Disponível em: < <https://emeindustria.ind.br/emepainel.html>>. Acesso em: 25 de maio 2021.

<sup>16</sup> Disponível em: < <http://m.pt.ojdbuild.com/eps-sandwich-panel/eps-sandwich-wall-panel/eps-cement-sandwich-exterior-wall-panel.html>>. Acesso em: 29 de junho 2021.

adotadas em edificações. Segundo Barros (2019), estudos realizados por Bezerra (2003) demonstram que a utilização do EPS em núcleo estruturante de 40 mm revestido por argamassa cimentícia de 30 mm em dupla face empregado em sistemas verticais de vedação externa apresentam considerável redução da taxa de transferência calorífica quando comparados aos blocos comuns de vedação em argamassa cimentícia. Nesse contexto, o sistema construtivo PSC apresenta-se como uma boa solução em eficiência termoacústica e em produção com tempo reduzido.

### 2.2.2.1. Fundações

O processo executivo da fundação do sistema de painel sanduiche cimentício não se difere muito do usual em estruturas tradicionais, uma vez que ele atua somente como vedação, podendo ser aplicado em estruturas pré-moldadas e convencionais de concreto armado ou estrutura metálica.

### 2.2.3. Sistema de painel sanduiche zinco

Os painéis Sanduiche de Zinco possuem, em sua funcionalidade, as mesmas características do sistema de painéis sanduiches cimentícios, diferenciando-se apenas por sua composição material. Como o próprio nome diz, o sistema de Painel Sanduiche de Zinco possui um núcleo e EPS e suas extremidades com chapas de zinco, como é representado nas Figuras 21 e 22.

**Figura 21** – Painel sanduiche de parede em EPS



Fonte – Yumi Steel (2021)<sup>17</sup>

**Figura 22** – Edificação executada com o sistema de Painel Sanduiche em Painéis Cimentícios



Fonte – Fórum da casa (2021)<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Disponível em: <[https://pt.yumisteelmaterial.com/50mm-light-weight-eps-sandwich-wall-panel-for-house\\_p117.html](https://pt.yumisteelmaterial.com/50mm-light-weight-eps-sandwich-wall-panel-for-house_p117.html)>. Acesso em: 29 de junho 2021.

<sup>18</sup> Disponível em: <<https://forumdacasa.com/discussion/64777/que-acabamento-para-painel-sandwich-na-fachada/>>. Acesso em: 01 de agosto 2021.

#### 2.2.4. Sistema thermodul

O sistema construtivo Thermodul se assimila muito ao sistema ICF em sua característica estrutural, em suma, consiste em um sistema de painéis preenchidos com concreto armado, o que os torna autoportantes.

The THERMODUL walling system builds insulated walls, in which both sides of the reinforced concrete frame are covered by a 10 or 14 cm thick, graphite-enriched, very dense polystyrene rigid foam. This protects the concrete core from the moist heat on the inside and insulates it from solar radiation, rain and frost on the outside. Consequently, the protective environment ensures long service life of the structure since it is not exposed to fluctuations in temperature which could cause hairline cracks on its surface. (THERMODUL SYSTEM, 2021).<sup>19</sup>

Nesse contexto, a principal diferença entre o sistema Thermodul e o sistema construtivo ICF está em suas dimensões e sua metodologia de montagem, enquanto o sistema ICF possui uma montagem do tipo lego (uma peça sobre a outra), no sistema Thermodul as paredes são erguidas com precisão a partir do canto, garantindo o esquadro, se cada bloco for ajustado com precisão, os cantos ficarão em ângulo reto e as paredes ficarão perfeitamente alinhadas, conforme representado nas Figuras 23 e 24.

**Figura 23** – Painel do sistema Thermodul



Fonte – THERMODUL SYSTEM (2021)

**Figura 24** – Montagem dos cantos no sistema Thermodul



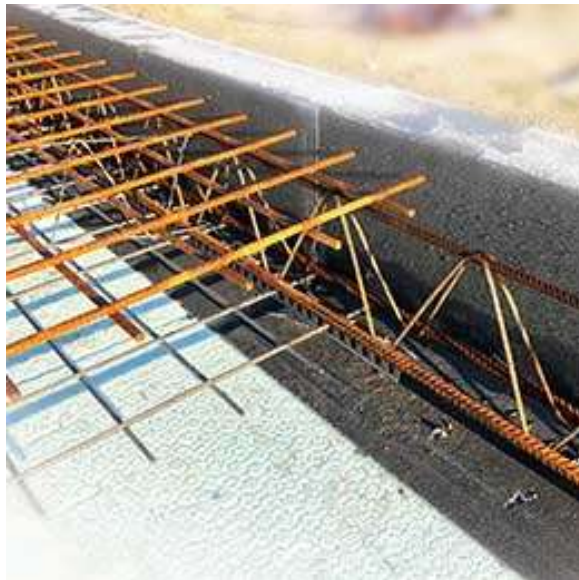
Fonte – THERMODUL SYSTEM (2021)

<sup>19</sup> O sistema de paredes THERMODUL constrói paredes isoladas, nas quais ambos os lados da moldura de concreto armado são cobertos por uma espuma rígida de poliestireno muito densa enriquecida com grafite de 10 ou 14 cm de espessura. Isso protege o núcleo de concreto do calor úmido no interior e isola-o da radiação solar, chuva e geada do lado de fora. Consequentemente, o ambiente protetor garante uma longa vida útil da estrutura, uma vez que não é exposta a flutuações de temperatura que podem causar rachaduras em sua superfície.

### 2.2.4.1. Fundação

Em aspectos tecnológicos, o sistema construtivo Thermodul inovou em todas as suas etapas, a fim de eliminar por completo o uso da madeira. Portanto, as fundações desse sistema seguem a mesma ideia dos seus painéis estruturais. De acordo com THERMODUL (2021), a fundação isolada construída com tecnologia inovadora não convencional garante não apenas um isolamento ideal, mas também uma longa vida útil do edifício as paredes são presas a ganchos de ferro embutidos. Em aspectos gerais, a fundação do sistema Thermodul é muito similar a fundação do tipo radier, uma vez que toda a estrutura consiste em uma laje de concreto armado com malhas de aço, diferenciando-se, em suma, pelas suas formas e pôr o sistema Thermodul possuir os ganchos de espera estruturais.

**Figura 25** – Detalhe da armação da fundação



Fonte – THERMODUL SYSTEM (2021)

**Figura 26** – Ganchos de espera do sistema Thermodul



Fonte – THERMODUL SYSTEM (2021)

### 2.3. Materiais construtivos que utilizam o EPS em sua composição

Além dos sistemas construtivos que utilizam o EPS em sua composição, existem diversos materiais de construção que possuem o EPS como elemento primordial. Dentro desse contexto, nos últimos anos o EPS ganhou espaço significativo e estável na construção civil, destacando-se por sua característica isolante, leveza, durabilidade e praticidade, portanto, proporciona em diversos materiais de construção economia de tempo e mão de obra, como os exemplos destacados na sequência.

### 2.3.1. Lajota de EPS para laje treliçada

De acordo com FORNI (2005) o enchimento de EPS é um elemento com as mesmas funções da lajota cerâmica, no entanto, sua utilização geralmente deve ser especificada pelos projetistas. O uso do EPS como lajota pode resultar em um modelo estrutural mais leve, e consequentemente mais econômico, além disso, esse material contribui significativamente no desempenho térmico e acústico de edificações de múltiplos pavimentos, conforme representado nas Figuras 27 e 28.

**Figura 27** – Lajota de EPS em laje treliçada



Fonte – Estrela Casa e Construção (2021)<sup>20</sup>

**Figura 28** – Uso de lajota de EPS na construção civil



Fonte – Isoplast Tecnologia em EPS (2021)<sup>21</sup>

### 2.3.2. O uso do EPS como isolante térmico de lajes impermeabilizadas

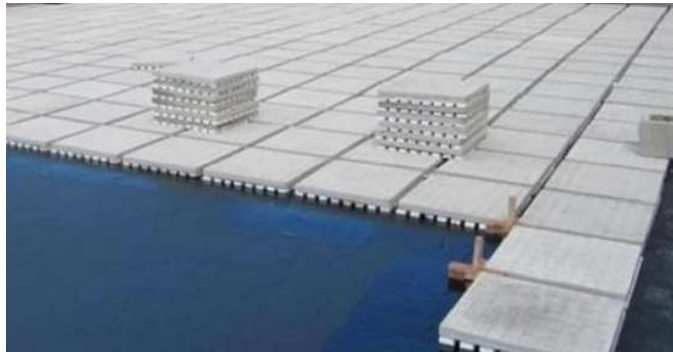
A busca por alternativas que possibilitem um melhor desempenho térmico de lajes impermeáveis de cobertura sugere a implementação de materiais que atendam as demandas de forma sustentável e eficiente. A utilização do EPS como isolante térmico em lajes destaca-se por sua eficiência e praticidade de instalação.

Dentre os produtos atualmente verificados no mercado nacional, para isolamento térmico de lajes impermeabilizadas, o EPS é um dos mais eficientes. Sua fixação é fácil e obtém-se o isolamento desejado com espessuras bem delgadas. Não se admite hoje em dia lajes de cobertura expostas ao sol sem isolamento térmico, seja pela dilatação que destruirá a impermeabilização rapidamente, seja pelo desconforto que isso ocasiona. (TESSARI, 2006, p. 32).

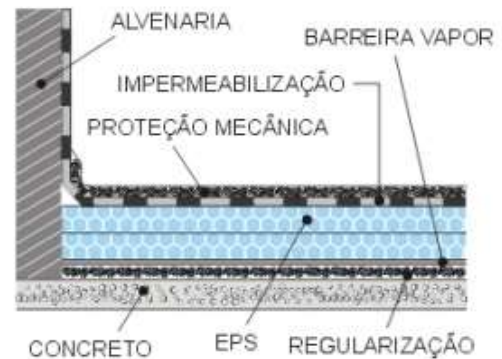
De acordo com TESSARI (2006), deve-se aplicar uma camada de regularização sobre a laje e posteriormente aplicado o EPS (proteção térmica), após isso, deve-se realizar o processo de impermeabilização e aplicação de uma proteção mecânica que tem a função de proteger a camada impermeabilizada e aumentar a durabilidade do material.

<sup>20</sup> Disponível em: <<https://www.estrelacasaconstrucao.com.br/laje-trelicada-h-8-com-isopor-eps>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>21</sup> Disponível em: <<http://isoplast.ind.br/16/uso-de-lajotas-de-eps-isopor/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

**Figura 29** – Isolamento térmico de lajes cobertas

Fonte – Imperpeças (2021)<sup>22</sup>

**Figura 30** – Aplicação do EPS como isolante

Fonte – Mundo do Isopor (2021)<sup>23</sup>

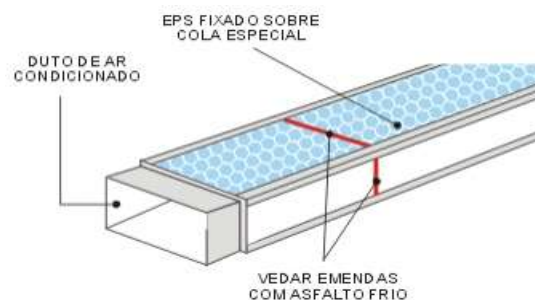
### 2.3.3. Isolamento térmico de dutos de ar-condicionado

Para o bom funcionamento dos dutos de chapa galvanizada de condução do ar-condicionado, é necessário um isolamento térmico eficiente de forma a permitir a conservação térmica até a saída dos difusores. Nesse contexto, o EPS como isolante térmico tem sido uma das principais opções para essa finalidade.

O material de isolamento térmico deve ser escolhido por suas qualidades e pelo seu custo final, devendo ser analisado e dimensionado para cada situação específica. Sob esse aspecto o EPS está bem situado, sendo um dos mais consumidos para essa finalidade. Sua estrutura resistente e impermeável, sua manipulação e corte fácil, além do baixo coeficiente de condutividade térmica, dão vantagens significativas ao aplicador e usuário. (TESSARI, 2006, p. 38).

**Figura 31** – Calha de EPS para conduto de ar-condicionado

Fonte – Termovale (2016)<sup>24</sup>

**Figura 32** – Isolamento térmico de dutos de ar-condicionado

Fonte – Mundo do Isopor (2021)<sup>25</sup>

<sup>22</sup> Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/solucao-para-impermeabilizacoes-e-isolacao-termica-de-lajes-e-coberturas\\_5064\\_3945](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/solucao-para-impermeabilizacoes-e-isolacao-termica-de-lajes-e-coberturas_5064_3945)>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>23</sup> Disponível em: <<https://mundodoisopor.com.br/isolamento-termico-de-lajes-impermeabilizadas/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

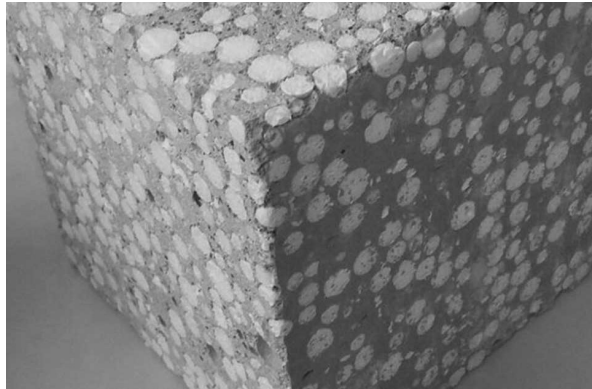
<sup>24</sup> Disponível em: <<https://www.termovale.com.br/pt-br/calha-de-isopor-isolamento-termico-e-acustico>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>25</sup> Disponível em: <<https://mundodoisopor.com.br/isolamento-termico-de-dutos-de-ar-condicionado/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

### 2.3.4. Concreto leve

De acordo com OZÓRIO (2016), o concreto leve com EPS é um material em que a mistura de cimento e agregado miúdo envolvem perolas de EPS, resultando em um concreto de baixa densidade aparente, portanto, se caracteriza por sua leveza estrutural e sua economia ao reduzir as cargas permanentes da edificação.

**Figura 33** – Concreto leve sem britas



Fonte – Grupo Isofort (2020)<sup>26</sup>

**Figura 34** – Blocos celulares de concreto



Fonte – Portal Itambé (2021)<sup>27</sup>

### 2.3.5. Forros isolantes e decorativos

Os forros isolantes de EPS apresentam características vantajosas com relação a facilidade de instalação e o desempenho térmico, por ser uma barreira que obstrui o fluxo térmico originado através da cobertura da edificação, bem como barreira acústica entre lajes em edificações de múltiplos pavimentos, o forro de EPS destaca-se em relevância como uma solução de alto desempenho e baixo custo.

O forro constitui uma barreira que obstrui o fluxo térmico originado pela radiação solar da cobertura ao interior de uma instalação. O forro tende a uniformizar as condições de conforto térmico nos ambientes, independentemente de qual tipo de telha se tenha utilizado. Há várias soluções arquitetônicas que demandam forros sob telhados ou sob lajes estruturais que suportam instalações e tubulações que devem ser forradas. Há também várias soluções para forros, entre elas os forros de EPS. (TESSARI, 2006, p. 41)

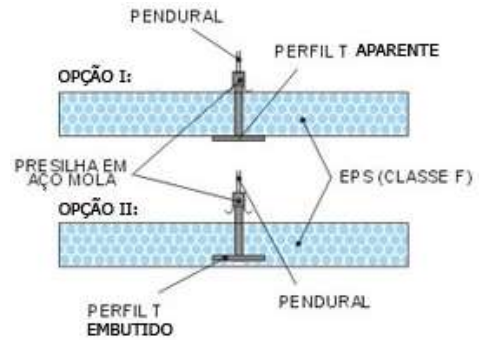
De acordo com TESSARI (2006) o sistema de sustentação pode ser feito através de perfilados de chapa galvanizada pintada suspensos por tirantes, onde as placas de EPS são autoportantes, isolantes, impermeáveis, permitindo relevos decorativos e podendo ser pintadas com tintas à base de PVA e acrílico.

<sup>26</sup> Disponível em: <<https://isofort.com.br/p/concreto-leve/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>27</sup> Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinza/blocos-celulares-de-concreto-substituem-drywall/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

**Figura 35** – Forro de EPS montado

Fonte – Knauf Isopor (2018)<sup>28</sup>

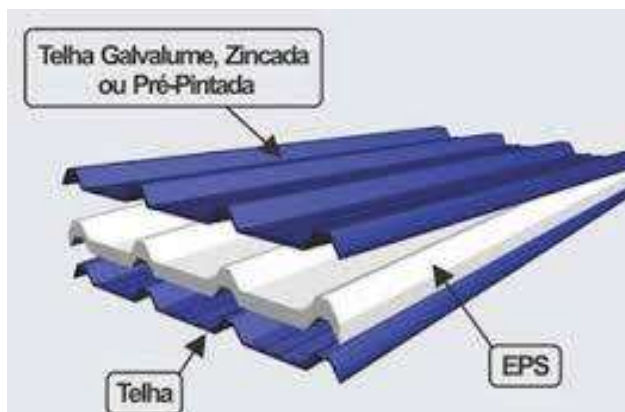
**Figura 36** – Sistema de fixação do Forro de EPS

Fonte – Isoplast (2021)<sup>29</sup>

### 2.3.6. Telhas termoacústicas

As telhas termoacústicas ou isotérmicas possuem como característica principal sua leveza e eficiência térmica. Esse material possui um núcleo em EPS e suas extremidades com telha galvalume de zinco e (ou) poliuretano.

As telhas metálicas compostas, conhecidas como telhas sanduíche ou termoacústicas, são materiais que têm a função de cobertura e fechamento de locais, além de reduzir a passagem do calor e ruído para o espaço interno. São formadas por materiais isolantes térmico e acústico colocados entre duas chapas de aço ou alumínio. Utilizam diferentes materiais, como o poliuretano, a lã de vidro e a lã de rocha. Dessa forma vem o nome popular “sanduíche”. (TAMIOSSO, 2017, p. 46)

**Figura 37** – Detalhe telha termoacústica

Fonte – Isomil (2021)<sup>30</sup>

**Figura 38** – Telha termoacústica

Fonte – Incomapre (2021)<sup>31</sup>

<sup>28</sup> Disponível em: <<https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil/forros/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>29</sup> Disponível em: <<http://isoplast.ind.br/16/produtos/placas-eps-isopor-para-forro-decorativo/>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>30</sup> Disponível em: <<https://www.isomil.com.br/produtos/construcao-civil/telha-sanduiche-telha-termo-acustica>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>31</sup> Disponível em: <<http://www.incomapre.com.br/telhas>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

### 2.3.7. EPS para aterros de solos

O aterro ultraleve, ou aterro de EPS consiste em um tipo de lego gigante, onde as peças de isopor são empilhadas atuando como uma escora estrutural do terreno anterior a execução da pavimentação. Esse processo tem se tornado cada vez mais frequente em obras viárias nos últimos anos, isso se deve porque o uso do EPS em obras geotécnicas proporciona diversas vantagens, tais como: durabilidade, resistência e agilidade na execução.

Em obras geotécnicas, principalmente em aterros, devem ser levadas em consideração, além da parte financeira, a segurança e o processo da obra. Apesar de não ser o material mais barato se comparado ao próprio solo, em algumas situações é preferível usar o EPS por este possuir um peso específico muito menor se comparado ao solo. (LIMA, 2019, p. 330)

Nesse contexto, pode se considerar o sistema de aplicação do EPS em solos como uma técnica eficiente quando se busca otimização de processos de execução de obras rodoviárias, de forma que o custo-benefício desse material se torna relevante quando considera-se a importância das rodovias no escoamento da produção nacional.

**Figura 39** – Nivelamento de estrada com EPS



Fonte – Knauf Isopor (2018)<sup>32</sup>

**Figura 40** – Execução de aterro em Jundiaí-SP



Fonte – Istoé (2015)<sup>33</sup>

## 2.4. Insulated Concrete Forms

Segundo Ponder (2014), o sistema construtivo Insulated Concrete Forms (ICF) é composto por formas de poliestireno expandido preenchidas com concreto para a construção de paredes de uma edificação, fornecendo isolamento termoacústico e integridade estrutural.

<sup>32</sup> Disponível em: <<https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil/geofoam>>. Acesso em: 29 de julho 2021.

<sup>33</sup> Disponível em: <[https://istoe.com.br/438361\\_RODOVIA+DE+ISOPOR/](https://istoe.com.br/438361_RODOVIA+DE+ISOPOR/)>. Acesso em: 30 de julho 2021.

O sistema ICF é um método construtivo de concreto armado geralmente feito com um isolamento térmico rígido que permanece no lugar como um substrato interno e externo permanente para paredes, pisos e telhados.

As formas são unidades modulares interligadas que são empilhadas a seco (sem argamassa) e preenchidas com concreto. As unidades se encaixam mais ou menos como Legotijolos<sup>34</sup> e criam uma forma para as paredes ou pisos estruturais de um edifício.

**Figura 41** – Montagem das formas do sistema ICF



Fonte – Nudura (2021)<sup>35</sup>

**Figura 42** – Concretagem do sistema ICF



Fonte – Estúdio Bim (2021)<sup>36</sup>

Oleck, Habel e; Herrit (2012) afirmam que as formas de ICF permanecem no local após a concretagem, tornando-se uma eficiente barreira de isolamento. “*Concrete Forms (ICF) walls have become popular in residential construction, due to thermal and acoustic insulation properties, as well as its constructive characteristics*” (RUXANDRA, 2017, p. 2).<sup>37</sup>

Assim, o sistema construtivo Insulated Concrete Forms apresenta-se como uma possível alternativa para a região Norte do estado de Mato Grosso, uma vez que esta apresenta temperaturas predominantemente altas, comprometendo a capacidade das edificações de proporcionarem conforto aos usuários.

#### **2.4.1. Processo de execução com o sistema Insulated Concrete Forms**

O processo executivo do sistema ICF se caracteriza pela praticidade e agilidade no canteiro de obras, sua execução segue as seguintes etapas: fundação, assentamento das formas, concretagem, chapisco, reboco, pintura e revestimentos.

<sup>34</sup> Legotijolo é um sistema de alvenaria de vedação e (ou) estrutural de tijolo cerâmico com encaixe similar a um lego, proporcionando agilidade e economia em construções convencionais.

<sup>35</sup> Disponível em: <<https://www.nudura.com/products/nudura-icf-series/icf-products/>>. Acesso em: 25 de julho 2021.

<sup>36</sup> Disponível em: <<https://estudiobim.com.br/pet-reciclado-ganha-mais-espaco-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

<sup>37</sup> As paredes da Concrete Forms (ICF) tornaram-se populares na construção residencial, devido às propriedades de isolamento térmico e acústico, bem como às suas características construtivas.

### 2.4.1.1. Fundação

A fundação do sistema construtivo ICF não se diferencia muito dos demais sistemas construtivos, sua característica de carga linear sobre a fundação é muito similar ao sistema construtivo de paredes de concreto moldado in-loco<sup>38</sup> e ao sistema construtivo de painéis monolíticos de EPS, dessa forma, é possível a adoção de fundações do tipo vigas baldrame (Figura 43) ou radier (Figura 44), proporcionando economia e praticidade na execução da obra, uma vez que não demandará mão de obra específica.

**Figura 43** – Fundação do tipo radier



Fonte – APL Engenharia (2021)<sup>39</sup>

**Figura 44** – Fundação do tipo vigas baldrame



Fonte – Orplan (2021)<sup>40</sup>

### 2.4.1.2. Montagem do sistema ICF

A montagem das formas de ICF consiste na modelagem do tipo “lego”, a qual as formas são posicionadas através de um encaixe macho e fêmea, e por sua vez são realizados os devidos travamentos com a verificação do esquadro e prumo. Contudo, antes de posicionadas as formas, deve-se realizar a passagem das armaduras verticais seguindo as especificações do projeto estrutural, e durante a montagem das formas, deve-se posicionar as armaduras horizontais.

**Figura 45** – Posicionamento das formas de ICF



Fonte – ICF Confiança Construtora (2021)<sup>41</sup>

**Figura 46** – Montagem com o sistema ICF



Fonte – inConcreto (2021)<sup>42</sup>

<sup>38</sup> Paredes de concreto moldadas in loco são paredes de concreto armado executadas no local da construção utilizando formas que são montadas e preenchidas com concreto, já com as instalações hidráulicas e elétricas embutidas.

<sup>39</sup> Disponível em: < <https://blog.apl.eng.br/fundacao-radier-como-funciona-e-quais-sao-os-seus-beneficios/>>. Acesso em: 30 de julho 2021.

<sup>40</sup> Disponível em: < <http://obrasplanejadas.com.br/servicos/fundacao/baldrame>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

<sup>41</sup> Disponível em: <<https://icfconfiancaconstrutora.com.br/>>. Acesso em: 30 de julho 2021.

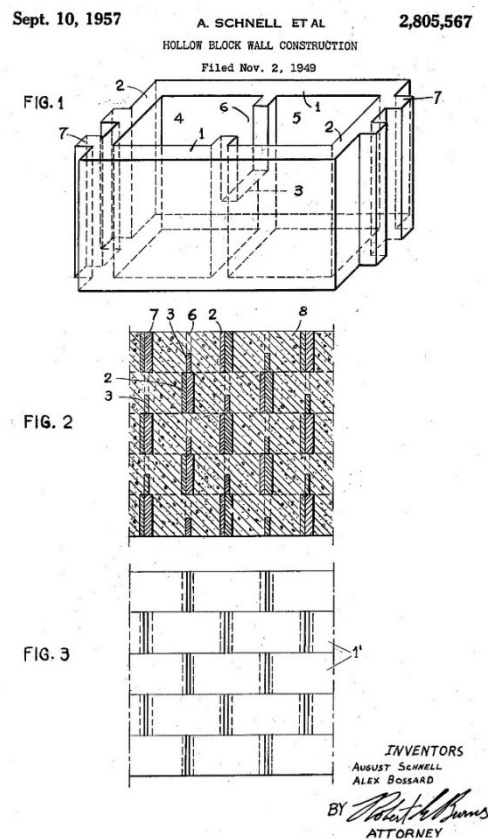
<sup>42</sup> Disponível em: <<https://www.inconcreto.com.br/>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

Após a montagem, é realizada a concretagem de maneira convencional e (ou) industrial, com baldes ou bombeado em sua camada interior. E, posteriormente, após a cura do concreto, realizado os acabamentos (chapisco, reboco, pintura e revestimentos).

#### 2.4.2. Origem do sistema Insulated Concrete Forms

De acordo com Prante e Henderson (2018), o sistema construtivo Insulated Concrete Forms foi desenvolvido pela primeira vez na Europa após a Segunda Guerra Mundial como uma maneira barata e durável de reparar cidades que haviam sido destruídas. Nesse contexto, a primeira patente de sistema isolante para concreto foi registrada no início da década de 1940 na Suíça por August Schnell e Alex Bosshard, sistema no qual utilizou madeira e cimento reciclados como material isolante.

**Figura 47** – Modelo patentado por August Schnell e Alex Bosshard



Fonte – United States Patent Office (1957)<sup>43</sup>

Prante e Henderson (2018) afirmam que o primeiro sistema Insulated Concrete Forms de poliestireno foi desenvolvido no final da década de 1960 com inspiração da patente original, e,

<sup>43</sup> BOSSARD, Alex; SHNELL, August, *Hollow blockwall construction*, N° da patente: 2.805.567, Data de publicação: 10 de setembro, 1957.

devido ao avanço da tecnologia de espuma de plástico. Sendo assim, em 1966 o empreiteiro canadense Werner Gregori apresentou a primeira patente para uma forma de concreto em espuma, medindo 16 polegadas (40,64 centímetros) de altura por 48 polegadas (121,92 centímetros) de comprimento, com um intertravamento de fita e presilhas de metal, e um núcleo de grade.

The adoption of ICF construction has steadily increased since the 1970s, though it was initially hampered by lack of awareness, building codes, and confusion caused by many different manufacturers selling slightly different ICF designs rather than focusing on industry standardization. (PRANTE e HENDERSON, 2018, p. 4).<sup>44</sup>

A falta de padronização técnica e produtiva do sistema construtivo Insulated Concrete Forms tem prejudicado significativamente o seu desenvolvimento no Brasil e no mundo, uma vez que dificulta a criação de normas técnicas e procedimentos de execução, além disso impacta negativamente nos estudos de viabilidade do sistema construtivo para cada região do país.

### **2.4.3. Fornecedores de fôrmas de Insulated Concrete Forms no Brasil**

De acordo com Mohammed e Dusicka (2018), embora existam vários tipos de formas do sistema construtivo Insulated Concrete Forms (ICF), os princípios por trás de cada modelo permanecem os mesmos. São formas permanentes que contêm concreto armado.

Atualmente podem se destacar três segmentos de fornecedores brasileiros. Sendo eles: os fabricantes por expansão de partículas esféricas de poliestireno, os fabricantes por corte de blocos de poliestireno já expandido (assim como é feito com telhas termoacústicas<sup>45</sup>) e os fornecedores importadores de formas de ICF.

#### **2.4.3.1. Fabricantes por expansão de partículas esféricas de poliestireno**

A execução por expansão do poliestireno possui processos bem definidos, conforme detalhado no início deste capítulo, em que sua técnica de produção industrializada permite um maior controle de qualidade, equilibrando peso específico, densidade e resistência característica do produto.

---

<sup>44</sup> A adoção da construção em ICF tem aumentado constantemente desde a década de 1970, embora inicialmente tenha sido prejudicada pela falta de cautela, códigos de construção e confusão causados por muitos fabricantes diferentes que vendem projetos ligeiramente diferentes do ICF, em vez de se concentrar na padronização do setor.

<sup>45</sup> Telha composta por duas chapas com um material metálico (zinco) e um isolante térmico no meio, que pode ser o isopor ou o poliuretano.

No Brasil, atualmente existem duas fabricas de formas de ICF por expansão do poliestireno, sendo uma em São Paulo – SP e outra em Sinop – MT<sup>46</sup>. Ambas trabalham com a expansão a vapor, contudo atuam com modelos de moldes diferentes, caracterizando-se por suas patentes e registros.

A fábrica paulista Isocret do Brasil<sup>47</sup>, primeira a produzir com o sistema no Brasil, produz formas de 1,19m de comprimento por 30cm de altura e 14cm de largura, com paredes externas de 40 mm cada, que segundo a ISOCRET (2021) são materiais de classe F, que além de antichama é 100% reciclável e não contém CFC, além disso a ISOCRET (2021), afirma que, pode-se obter uma redução de 35°C externos para 15°C internos, e, reduzir até 2,4°C/w/m<sup>2</sup> (Graus celsius por watt por metro quadrado). A ISOCRET (2021) afirma que tomando-se em conta as altas no preço da mão de obra, da madeira e dos materiais aplicados na construção convencional, faz com que o sistema construtivo Isocret-ICF assegure no final da obra uma economia média de até 20%, ressaltando que o custo por metro quadrado se difere do tipo de obra executada, demandando assim, uma consulta a seu departamento técnico.

**Figura 48** – Formas de ICF do modelo Isocret-ICF



**Fonte** – ISOCRET (2021)

**Figura 49** – Execução com o sistema Isocret-ICF



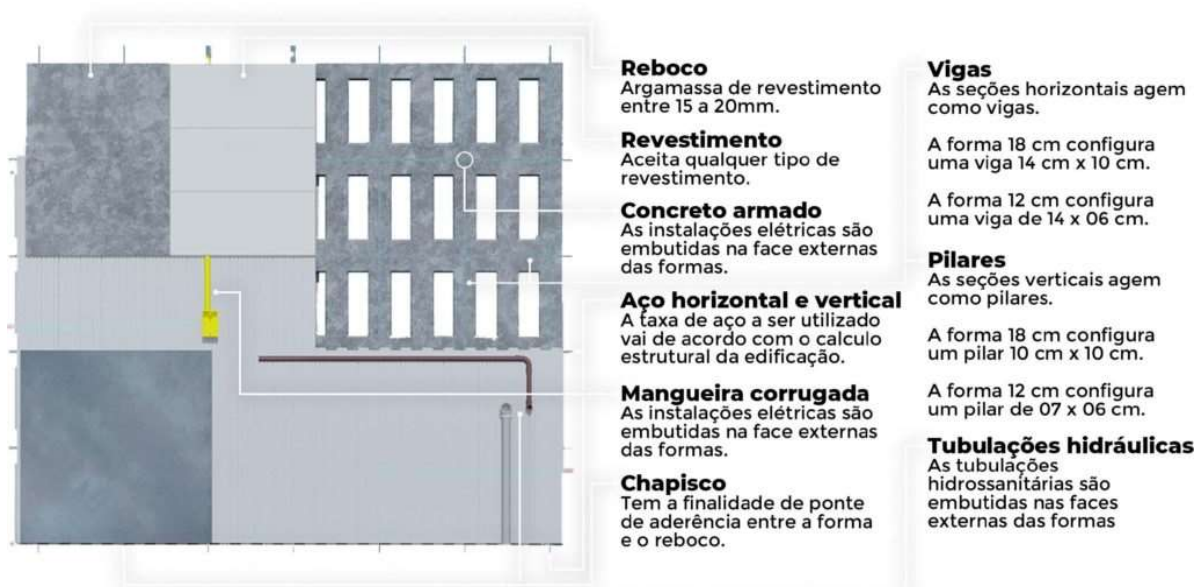
**Fonte** – ISOCRET (2021)

<sup>46</sup> Cidade situada a 200 km do local da pesquisa, de acordo com o IBGE (2020), Sinop possui uma população estimada de 146.005 pessoas, sua economia se destaca pela madeira, agropecuária, comércio e serviços. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/sinop.html>>. Acesso em: 31/07/2021.

<sup>47</sup> ISOCRET DO BRASIL COMERCIO DE MATERIAIS EM POLIPROPILENO E SERVIÇOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA. Com atividades iniciadas em 09/08/1999, empresa de sociedade empresária limitada. Disponível em: <<http://cnpj.info/Isocret-do-Brasil-Comercio-de-Materiais-Em-Polipropileno-e-Servicos-Na-Construcao-Civil-Ltda>>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

Dentro desse contexto, a ICF CONSTRUTORA<sup>48</sup> fábrica de ICF mato-grossense, produz dois modelos de formas de ICF, sendo uma a Iforms 12 com dimensões de 12 cm de espessura, 40cm de altura, 1,25 metros de comprimento e parede de 3cm de espessura, e outra a Iforms 18 que se difere pela sua espessura de 18cm e parede com 4cm. Segundo a ICF CONSTRUTORA (2021), algumas das vantagens de suas formas são: obra até 40% mais rápida, 50% menos climatização, isolamento térmico e acústico, racionalização nos custos da obra, redução de mão de obra e sustentabilidade ao construir. A ICF CONSTRUTORA (2021) destaca-se por sua expansão, uma vez que em seu website indica diversos licenciados pelo Brasil e profissionais que recebem treinamento para o seu sistema construtivo através de um curso nomeado pela ICF CONSTRUTORA (2021) de “Expert em Iforms ICF”.

**Figura 50** – Detalhamento do Sistema Construtivo da ICF Construtora



Fonte – ICF CONSTRUTORA - Indaituba (2021)<sup>49</sup>

#### 2.4.3.2. Fabricantes por corte de blocos de poliestireno

O processo de fabricação por corte dos blocos de poliestireno é muito recente para o sistema Insulated Concrete Forms, no entanto, já vem sendo demasiadamente utilizado com materiais de construção que possuem o EPS em sua composição, tais como: telhas termoacústicas, molduras clássicas de EPS para fachadas, lajotas de EPS para lajes treliçadas, dentre outros que demandam esse mesmo processo de produção. Sendo assim, não é necessário uma análise mais profunda para afirmar que sua capacidade de expansão de mercado é superior

<sup>48</sup> ICF CONSTRUTORA LTDA. Com atividades iniciadas em 08/11/2014, empresa de sociedade empresária limitada. Disponível em: < <http://cnpj.info/Icf-Construtora-Ltda>>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

<sup>49</sup> Disponível em: <<https://icfindaituba.com.br/>>. Acesso em: 01 de agosto 2021.

ao processo de fabricação por expansão do poliestireno, uma vez que esse método demanda somente a inserção do design em um software específico do equipamento de corte e ele passará a executar com precisão milimétrica as formas de ICF.

**Figura 51** – EPS posicionado na máquina de corte



Fonte – NKL China (2019)<sup>50</sup>

**Figura 52** – Máquina de corte



Fonte – NKL China (2019)

O EPS utilizado nas máquinas de corte consiste em blocos de EPS já moldados com formato cúbico, onde já possuem densidade pré-definida pelo fornecedor do material, tal fator dificulta o controle de qualidade entre regiões.

#### 2.4.3.3. Fornecedores importadores de formas de Insulated Concrete Forms

Por ser um sistema construtivo largamente utilizado em países europeus, bem como nos Estados Unidos, assim como qualquer produto industrializado, a sua possibilidade de importação se torna economicamente viável para alguns fornecedores. Dessa forma, se pode observar a chegadas de formas de ICF de outros países ao mercado brasileiro, como é o caso da ARXX Inc.<sup>51</sup> que apresenta quatro soluções ARXX ICF no Brasil, sendo Parede estrutural – Arxx Prime, Arxx Veda, Arxx Steel e Arxx Blockout, que segundo a ARXX (2021) possuem as seguintes características:

<sup>50</sup> Disponível em:

<[https://www.epsmaquina.com/EPS\\_machine/eps\\_cutting\\_machine/CNC\\_Cutting\\_Machine.html](https://www.epsmaquina.com/EPS_machine/eps_cutting_machine/CNC_Cutting_Machine.html)>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

<sup>51</sup> A ARXX Inc. foi criada em 1978, possuindo como acionistas majoritários empresas líderes em investimentos e construções sustentáveis como Draper Fisher Jurvetson (DFJ) e Saint-Gobain, tornando-se líder de mercado mundial no desenvolvimento de produtos de alta performance que colaboram para a redução dos impactos da construção civil no meio ambiente. Disponível em: <<https://site.arxx.com.br/institucional/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

- **Arxx Prime:** Forma produzida com 50% de material reciclado, permite construções de até 5 pavimentos sem o uso de vigas e/ou colunas;
- **Arxx Veda:** Forma para vedação e fechamento de paredes, produzida para substituir o uso de blocos de concreto, cerâmicas ou lajotas;
- **Arxx Steel:** Aceitam qualquer tipo de revestimento, possibilitam a construção de até 5 pavimentos sem o uso de vigas e/ou colunas. Apresenta estruturas embutidas de aço galvanizado, criando pontos de fixação mecânica que suportam força de arranque de até 268kg/cm<sup>2</sup>.
- **Arxx Blockout:** Componente exclusivo para a linha Arxx Veda, produzido exclusivamente para o mercado brasileiro, atuando como peça auxiliar no acabamento de extremidades e na criação de vão técnicos de paredes.

**Figura 53 – Arxx Prime**



Fonte – Arxx ICF (2021)<sup>52</sup>

**Figura 54 – Arxx Veda**



Fonte – Arxx ICF (2021)<sup>53</sup>

**Figura 55 – Arxx Steel**



Fonte – Arxx ICF (2021)<sup>54</sup>

**Figura 56 – Arxx Blockout**



Fonte – Arxx ICF (2021)<sup>55</sup>

<sup>52</sup> Disponível em: <<https://site.arxx.com.br/arxxprime/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

<sup>53</sup> Disponível em: <<https://site.arxx.com.br/arxxveda/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

<sup>54</sup> Disponível em: <<https://site.arxx.com.br/arxxsteel/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

<sup>55</sup> Disponível em: <<https://site.arxx.com.br/arxxblockout/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

#### 2.4.4. Obras de Insulated Concrete Forms no Mundo

O sistema construtivo ICF se apresenta como opção em diversas obras no mundo todo, oferecendo maior eficiência energética, rapidez, sustentabilidade, bem como economia de custos. Observa-se que são instalações de projetos simples até os mais complexos, quer sejam: escolas, hotéis, centros médicos, instalações militares ou locais de culto, portanto, construir com o sistema ICF, na qual, oferece grandes possibilidades, permite a adequação a uma infinidade de projetos.

Relacionam-se abaixo algumas obras em destaque com o sistema ICF, como obras inovadoras no mercado mundial, tais como:

- 1- The ridge theatre - pace, Flórida, Estados Unidos
- 2- Alvaton Elementary School - Bowling Green, Kentucky, EUA
- 3- Escritório da Washington Street - Rochester, New Hampshire
- 4- Primeira igreja batista - Marble Falls, Texas
- 5- Escola primária de Richardsville - Bowling Green, Kentucky
- 6- Richmond street apt. - Londres, Ontário
- 7- Seacoast Geriatrics II - Dover, New Hampshire
- 8- Igreja Anglicana de São Pedro - Tallahassee, Flórida

##### 2.4.4.1. The Ridge Theatre - Pace, Flórida, Estados Unidos

De acordo com NUDURA (2021) The Ridge Theatre é um projeto da KLC Partners, sendo uma obra comercial de 40.000 pés quadrados, executada na Pace, Flórida, Estados Unidos, pela empreiteira Coastal Construction através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 57** – Aspecto do canteiro de obras



Fonte – Nudura (2021)

**Figura 58** – The Ridge Theatre



Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.2. Alvaton Elementary School - Bowling Green, Kentucky, EUA

De acordo com NUDURA (2021) Alvaton Elementary School é um projeto da Sherman Carter Barnhart, sendo uma obra educacional de 77.000 pés quadrados, executada em Bowling Green, Kentucky, EUA, pela empreiteira D.W. Wilburn através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 59** – Aspecto do canteiro de obras



Fonte – Nudura (2021)

**Figura 60** – Alvaton Elementary School



Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.3. Escritório da Washington Street - Rochester, New Hampshire

De acordo com NUDURA (2021) o escritório da Washington Street é um projeto da Groen Builders, Inc, sendo uma obra comercial de 20.400 pés quadrados, executada em Rochester, New Hampshire, pela empreiteira Groen Builders, Inc. em apenas 260 dias de obra, sendo 56 dias de instalação do ICF, através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 61** – Aspecto do canteiro de obras



Fonte – Nudura (2021)

**Figura 62** – Escritório da Washington Street



Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.4. Primeira Igreja Batista – Marble Falls, Texas

De acordo com NUDURA (2021) o a Primeira Igreja Batista é um projeto da RVK Architects, sendo uma obra comercial de grande porte de 65.000 pés quadrados sendo 43.000

pés quadrados em ICF, executada em Marble Falls, Texas, pela empreiteira Mike Pilley em 450 dias de obra, sendo 120 dias de instalação do ICF, através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 63** – Aspecto do canteiro de obras



Fonte – Nudura (2021)

**Figura 64** – Primeira Igreja Batista



Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.5. Escola primária de Richlandville - Bowling Green, Kentucky

De acordo com NUDURA (2021) a Escola primária de Richlandville é um projeto da Sherman Carter Barnhardt, sendo uma obra escolar de 75.285 pés quadrados, executada em Bowling Green, Kentucky, U.S., através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 65** – Aspecto do canteiro de obras



Fonte – Nudura (2021)

**Figura 66** – Escola primária de Richlandville



Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.6. Richmond Street apt. - Londres, Ontário

De acordo com NUDURA (2021) o Richmond Street apt. é um projeto da SRM Architects, Inc, sendo uma obra residencial estudantil de 337.000 pés quadrados sendo 150.000 pés quadrados com o sistema ICF, executada pela empreiteira Becon Concrete and Construction em Londres, Ontário, através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 67** – Aspecto do canteiro de obras

Fonte – Nudura (2021)

**Figura 68** – Richmond Street apt.

Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.7. Seacoast Geriatrics II - Dover, New Hampshire

De acordo com NUDURA (2021) o Seacoast Geriatrics II é uma obra hospitalar de 30.000 pés quadrados, executada em Dover, New Hampshire, United, através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 69** – Aspecto do canteiro de obras

Fonte – Nudura (2021)

**Figura 70** – Seacoast Geriatrics II

Fonte – Nudura (2021)

#### 2.4.4.8. Igreja Anglicana de São Pedro - Tallahassee, Flórida

De acordo com NUDURA (2021) a Igreja Anglicana de São Pedro é um projeto da Touchstone Arquitetura, sendo um centro de adoração de 35.400 pés quadrados por pavimento onde são 58.000 pés quadrados com o sistema ICF, executada pela empreiteira Masonry Incorporated em Tallahassee, Florida, através do sistema ICF Nudura Inc.

**Figura 71** – Aspecto do canteiro de obras

Fonte – Nudura (2021)

**Figura 72** – Igreja Anglicana de São Pedro

Fonte – Nudura (2021)

## 2.5. Tijolo cerâmico

Assim como todo material de construção civil, o tijolo cerâmico possui um processo de fabricação que demanda a exploração e o processamento de matéria prima natural. A vista disso, o tijolo possui como matéria prima principal a Argila. Que por sua vez, segundo VIEIRA (2000), é uma matéria prima utilizada na fabricação de uma série de produtos cerâmicos devido a sua plasticidade, resistência mecânica após a queima, aplicação técnica e sua disponibilidade em grandes quantidades. Além disso VIEIRA (2000) afirma que é comum encontrar produtos com propriedades diferentes, uma vez que cada mina de extração apresenta propriedades diferentes.

Normalmente, é possível fabricar produtos de cerâmica vermelha com variadas argilas, situadas praticamente em qualquer lugar do mundo e que permitam utilizar diversas técnicas de processamento. Entretanto, é de se esperar produtos com propriedades bem diversificadas. Cabe ressaltar que cada região produtora deve se adequar às suas condições sociais, econômicas e tecnológicas e definir o que se quer produzir e para quem. (VIEIRA, 2000)

O processo de fabricação do tijolo cerâmico inicia através da extração e estocagem da matéria prima (argila), em seguida a matéria prima passa por um processo de destorroamento/ moagem de forma a apresentar uma granulometria mais homogênea e compatível com o caixão alimentador. O caixão alimentador por sua vez controla a quantidade de massa argilosa a ser processada, passando por um processo de desintegração (trituração dos torrões), mistura da argila e da água, laminação (eliminando ar e poros). A partir desse ponto a o material se torna mais denso.

Em seguida, o material passa pela extrusora (maromba) sendo moldada conforme o molde do fabricante e cortada por fios metálicos nas dimensões determinadas. Com isso, os produtos são estocados para a secagem com o objetivo de retirar o excesso de água utilizada

durante a fabricação do produto, sendo assim necessário somente a Queima em do material em fornos a temperaturas entre 750 e 900°C.

### 2.5.1. O tijolo cerâmico em sua essência

O tijolo cerâmico de vedação é um material largamente utilizado na construção civil em todo o mundo, o que antes era um material apenas maciço com propriedades similares aos utensílios de barro tornou-se um material de boa resistência mecânica e fácil manuseio.

O homem moldava os utensílios e recipientes para água, alimentos e bens em geral em barro, conservando-os frescos por mais tempo, pela baixa condutividade térmica do material. As primeiras edificações humanas tinham as mesmas características dos vasos e protegiam o ser humano das agressividades do sol, do vento, do clima inóspito e das idiossincrasias do tempo. (DUALIBI, 2013)

Segundo DUALIBI (2013) com o tempo os tijolos crus (adobe) passaram a ser cozidos, uma vez que houve um maior domínio da técnica e o emprego de outros materiais, possibilitando assim um ganho de resistência mecânica, impermeabilidade e durabilidade do material. Nesse contexto, o tijolo passou a fazer parte de várias obras de construção civil, destacando-se por sua tradicionalidade e por ser um material de fácil acesso. Ademais, de acordo com DUALIBI (2013) grandes mestres da arquitetura utilizaram tijolos cerâmicos em suas obras, tais como: o arquiteto Louis Khan (1901 – 1974) e Frank Lloyd Wright (1867 – 1959) que por sua vez é conhecido por ser um mestre no uso dos materiais naturais.

**Figura 73** – Biblioteca de Exeter em New Hampshire  
USA – Louis Khan



Fonte – Archdaily (2021)<sup>56</sup>

**Figura 74** – Casa Robie House em Chicago –  
Frank Lloyd Wright



Fonte – Archdaily (2021)<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Disponível em: < <https://www.archdaily.com/63683/ad-classics-exeter-library-class-of-1945-library-louis-kahn>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2021.

<sup>57</sup> Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/01-94257/classicos-da-arquitetura-frederick-c-robie-house-slash-frank-lloyd-wright>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2021.

A confiabilidade no material, mesmo que com produção artesanal é o principal fator que torna o tijolo cerâmico furado a primeira opção em construções. O conservadorismo da indústria da construção civil desponta de referenciais práticos e teóricos, onde o conhecimento do mercado é passado de geração em geração por construtores e consumidores, e reforçado com os incontáveis estudos e pesquisas do meio acadêmico e técnico que reafirmam a qualidade dos materiais empregados e confirmam a ideia de que inovar é chegar primeiro, portanto, o tijolo cerâmico furado se destaca por suas propriedades e desempenho.

O tijolo cerâmico furado pesa em torno de 2,5 quilos por peça, sendo que mais de 50% do seu volume é composto de espaço “vazio” (furos internos). Este fator possibilita o fácil manuseio, a pouca sobrecarga na estrutura, o isolamento térmico devido a sua composição geométrica em camadas: cerâmica, ar e cerâmica. A passagem de tubulações elétricas nos “vazios” e, fundamentalmente, o baixo custo pelo uso da metade do material necessário são fatores importantes a serem considerados na utilização deste material. (DUALIBI, 2013)

Assim como todo processo e material construtivo, o tijolo cerâmico furado apresenta algumas desvantagens, onde de acordo com DUALIBI (2013) estão relacionadas a sua porcentagem de quebra maior que a dos tijolos maciços devido aos “vazios” reduzirem sua resistência mecânica a impactos. A amarração das alvenarias apresenta menor área de contato, propiciando perda de argamassa que escorre pelos “vazios” e maior irregularidade dos tijolos, prejudicando o nível e prumo no assentamento.

É de domínio e conhecimento público o uso do tijolo na construção civil e a confiança do setor em seu uso, entretanto novos sistemas de construção têm surgido com propostas de otimização e melhoria na qualidade das edificações e no controle de produção. É com o foco na construção sustentável e moderna que o consumidor final passou a abrir os olhos para essas novas tecnologias, permitindo que sistemas construtivos como o Insulated Concrete Forms ganhem espaço para pesquisa, testes e implantação definitiva.

## CAPÍTULO 3

### ÁREA DE ESTUDO - CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

#### 3.1. Formação histórica da cidade

De acordo com DE SOUZA (2009), devido a alguns acontecimentos político-econômicos criou-se a ideologia de ocupação dos “espaços vazios” que, já no governo de Getúlio Vargas, é disseminada ao ritmo dos passos da chamada “Marcha para o Oeste”, ganhando novas nuances durante o período militar e as concepções de ocupação estratégica do território nacional. O autor também afirma que, nesse quadro temos a criação do Plano de Integração Nacional em 1970, o que preconizou a construção de grandes eixos rodoviários ligando a Amazônia de Leste a Oeste e de Norte a Sul. Dessa forma, no ano de 1970, a implantação da BR-163 proporcionou a penetração de inúmeras famílias da região Sul e Sudeste em diferentes regiões norte mato-grossense, surgindo-se assim alguns núcleos de colonização.

A finalidade inicial era colonizar o Norte do país e solucionar vários problemas sociais existentes na região Sudeste do Brasil, principalmente aos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, e Santa Catarina envolvendo trabalhadores rurais entre pequenos proprietários, sem-terra e outros.

“Em trinta anos, o Mato Grosso tornou-se numa das fronteiras mais ativa da Amazônia. Quando o governo federal criou o PIN (Plano de Integração Nacional) em 1970, apenas o sul do atual estado de Mato Grosso já tinha sofrido ocupação e principalmente devido: ao garimpo (bacia do rio Cuiabá e região de Diamantino), à pecuária (Pantanal) e a agricultura familiar (região de Rondonópolis). Em 1974, a abertura da BR 163 ligando Cuiabá à Santarém levou vários projetos de colonização privada (SINOP, LÍDER, INDECO...) em direção ao interior do estado e a outras regiões da Amazônia. No final da década de 70, o governo federal procura implementar projetos de colonização pública ao longo da BR 163. O INCRA não quis assumir sozinho a realização desses projetos e decide então estabelecer parcerias com associação de produtores ou cooperativa”. (NÉDÉLEC, 2005, p. 2)

Em 1980 o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA-1980) e a Cooperativa Tritícola Erechim Ltda (COTREL), uniram-se para transferir as inúmeras famílias dos gaúchos que não tinham propriedades de terras para a região norte de Mato Grosso. Ao mesmo tempo o INCRA de Mato Grosso se preparava para socorrer, também, as numerosas famílias brasileiras migradas para o Paraguai, os Brasiguaios, que haviam perdido arrendamento de terras e não tinham as oportunidades de trabalho no campo.

**Figura 75** – Famílias em viagem para o projeto de colonização



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 76** – Famílias em viagem para o projeto de colonização



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

De acordo com CASTRO (1994) a notícia do “sucesso” das experiências de colonização particulares em Mato Grosso chegava aos associados e diretores da Cooperativa Triticola de Erechim – COTREL, muitos pequenos produtores defendiam como solução por acreditar ser a solução de seus problemas econômicos e familiares. Segundo os registros de CAFFONE LIMA (2017) em 1981 o movimento de colonização se intensificou e ficou dramático quando começaram chegar as famílias dos brasiguaios, quando a situação começou a ficar desesperadora com a malária prostando famílias e fazendo vítimas.

**Figura 77** – Executor do INCRA José Humberto Macedo



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 78** – Km 725 BR163 – Entrada para o projeto do INCRA



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

Em 1981, formou-se o PAC - Braço Sul para assentar os migrantes Brasiguaios e sem-terra do Vale do Jacuí. O INCRA procedeu ao registro das terras dos gaúchos e dos brasiguaios, resolvendo o problema fundiário das várias famílias. Fundou-se então, o povoado de Cotrel, cuja denominação não permaneceu por muito tempo e com a Lei nº 4.378, de 16/11/1981, criou o distrito já com o nome de Guarantã, subordinado ao município de Colíder. A nova denominação surgiu por consenso entre a diretoria da Cotrel e do INCRA. Elevado à categoria de município com a denominação para Guarantã do Norte, pela lei estadual nº 5008, 13/05/1986, desmembrado do município de Colíder.

**Figura 79** – Ônibus no primeiro ponto comercial da cidade



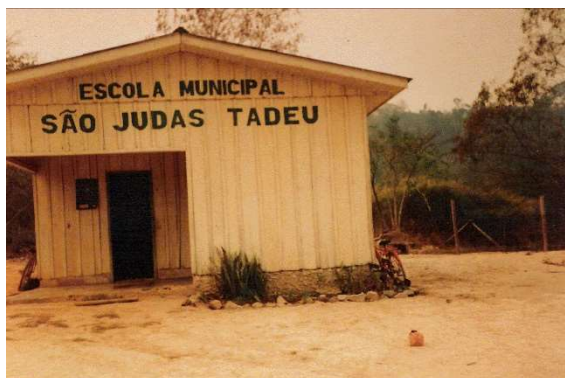
**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 80** – Foto aérea do projeto de colonização, Guarantã do Norte



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 81** – Escola municipal São Judas Tadeu



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 82** – Câmara Municipal de Guarantã do Norte



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 83** – Primeira missa celebra na Cotrel

**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 84** – Primeira missa celebrada na Cotrel

**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

### 3.1.1. Irmãs Dominicanas de Nossa Senhora do Rosário de Monteils

Segundo GONÇALVES (2014) a congregação das Irmãs Dominicanas de Nossa Senhora do Santíssimo Rosário de Monteils foi criada em 1850, chegando ao Brasil em 1885 na cidade de Uberaba-MG.

O objetivo principal da congregação era o ensino, contudo se dedicaram também a outras necessidades comunitárias, transmitindo princípios elementares de educação moral e espiritual. Nesse contexto, segundo CAFFONE LIMA (2017), em 1978 as missionárias chegaram em Mundo Novo – MS iniciando uma nova missão: a campanha de fraternidade do ano de 1980 com o lema “Para onde vais?”.

“Centenas de famílias brasileiras haviam arrendado terras no Paraguai. O drama começou quando tiveram vencidos seus contratos de arrendamento. Não podiam mais ocupar as terras nem tinham para onde ir”. (CAFFONE LIMA, 2017, p. 11)

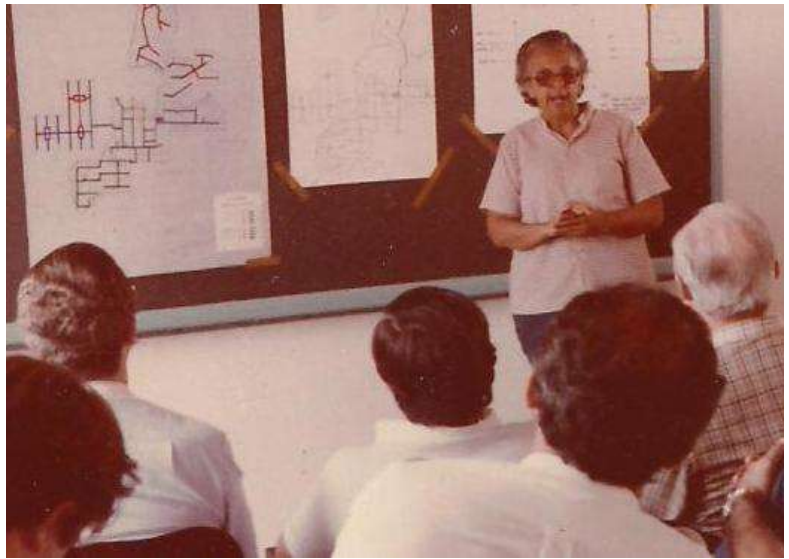
Através dessa reflexão foi encaminhado aos dirigentes nacionais do INCRA um relatório da situação dessas famílias, levando assim ao assentamento dessas famílias arrumando terras no local onde se tornaria Guarantã do Norte.

**Figura 85** – Irmã Eulalia, Irmã Leoni e Irmã Vanda



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 86** – Irmã Glycia em reunião com o ministro Danilo Venturine



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

### **3.1.2. Os Índios Panarás (Kreen-Akarore), habitantes que antecederam a colonização**

CAFFONE LIMA (2017) afirma que a região onde compreende o município de Guarantã do Norte, bem como outros municípios vizinhos, fazia parte dos índios Panarás.

“A região onde compreende o município de Guarantã do Norte, bem como outros municípios vizinhos, a quatro décadas fazia parte do território habitado pelos índios PANARÁS, também conhecidos como: Kreen-Akarore, Krenhakore, Krenakore, Índios Gigantes, da família JÊ, do tronco linguístico MACRO-JÊ, grupo CAIAPÓ. São os últimos descendentes dos Cayapó do Sul, um numeroso grupo que, no século XVIII, habitava uma vasta área no centro do Brasil, desde o norte de São Paulo, Triângulo Mineiro e sul de Goiás ao leste do Mato Grosso e leste e sudeste do Mato Grosso do Sul”. (CAFFONE LIMA, 2017, p. 11)

Segundo CAFFONE LIMA (2017) o primeiro contato com os índios, na região, ocorreu em 1973 por Cláudio Villas-Boas que tomou a iniciativa de chegar perto deles após alguns confrontos ocorrerem devido as máquinas “invadirem” o território dos Kreen-Akarore. O contato com o homem branco resultou em tragédia para os índios que, por sua vez, de acordo com CAFFONE LIMA (2017), foram “dizimados” com doenças como: diarreia, e gripe que se transformava em pneumonia e levava a morte. Devido a isso, em 1975 a FUNAI decidiu transferi-los para o parque Nacional do Xingu, removidos por um avião da Força Aérea

Brasileira. Além disso, de acordo com CAFFONE LIMA (2017) os Panarás chegaram no Xingu famintos, anêmicos e portando malária.

**Figura 87** – Contato dos Panará com os colonos



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

**Figura 88** – Foto recente de José Humberto Macedo com o Cacique Akã Panará



**Fonte** – Acervo da Prefeitura Municipal de Guarantã do Norte (2021)

Segundo CAFFONE LIMA (2017), o planejamento para receber os índios Panarás no Xingu consistiu na plantação de uma roça de milho e construção de uma casa na Aldeia dos Kayabi, e posteriormente foram transferidos para a aldeia Kretire, dos seus antigos inimigos, os Kayapó. Contudo, apesar de haver mais comida, a situação era opressiva e a condição de saúde continuou precária.

### 3.1.3. Etimologia do nome Guarantã do Norte

É importante destacar que, o nome Guarantã tem origem numa árvore típica da região, com o nome científico de (*Esenbeckia leiocarpa*), da família das rutáceas. É uma madeira conhecida por sua resistência, apresenta protuberâncias de alto a baixo, formando um interessante trançado. Dá a entender que o povo da região é resistente, rijo e nobre. O nome foi escolhido por existirem em abundância nas matas da região uma espécie de árvore popularmente conhecida por este nome, o Norte foi acrescentado para diferenciar de um homônimo<sup>1</sup> existente no Estado de São Paulo.

<sup>1</sup> Homonímia são palavras que possuem a mesma grafia ou a mesma pronúncia, mas com significados diferentes entre si. Homonímia 2021. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/homonimia/>> Acesso em: 21 de junho de 2021.

**Figura 89** – Guarantã Arvore

**Fonte** – Madeira Guarantã. Disponível em: <<https://www.madeirado.com.br/products/base-de-guaranta-de-90cm-diametro>> Acesso em: 05 jun. 2021.

**Figura 90** – Guarantã formação da madeira

**Fonte** – Madeira Guarantã. Disponível em: <<https://www.madeirado.com.br/products/base-de-guaranta-de-90cm-diametro>> Acesso em: 05 jun. 2021.

### 3.2. Guarantã do Norte atualmente

Atualmente, o município está crescendo e, de acordo com o IBGE (2021) conta hoje com uma população estimada em 36.439 habitantes, sendo cerca de 6,80 hab/km<sup>2</sup> em uma área territorial de 4.725,281 km<sup>2</sup>, destacando-se por ser uma cidade que nasceu com um ideal agropecuário e fortalece cada vez mais este setor, principalmente com a preocupação de preservação do meio ambiente. Segundo o IBGE (2021) em seu censo de 2010 cerca de 66% das vias públicas possuem arborização e apenas 2,5% de esgotamento sanitário. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2022), O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Guarantã do Norte é de 0,703 (PNUD, 2010), enquanto o do Brasil é de 0,755 (PNUD, 2014) e o de Mato Grosso 0,725 (PNUD, 2010).

### 3.3. As características geográficas da região

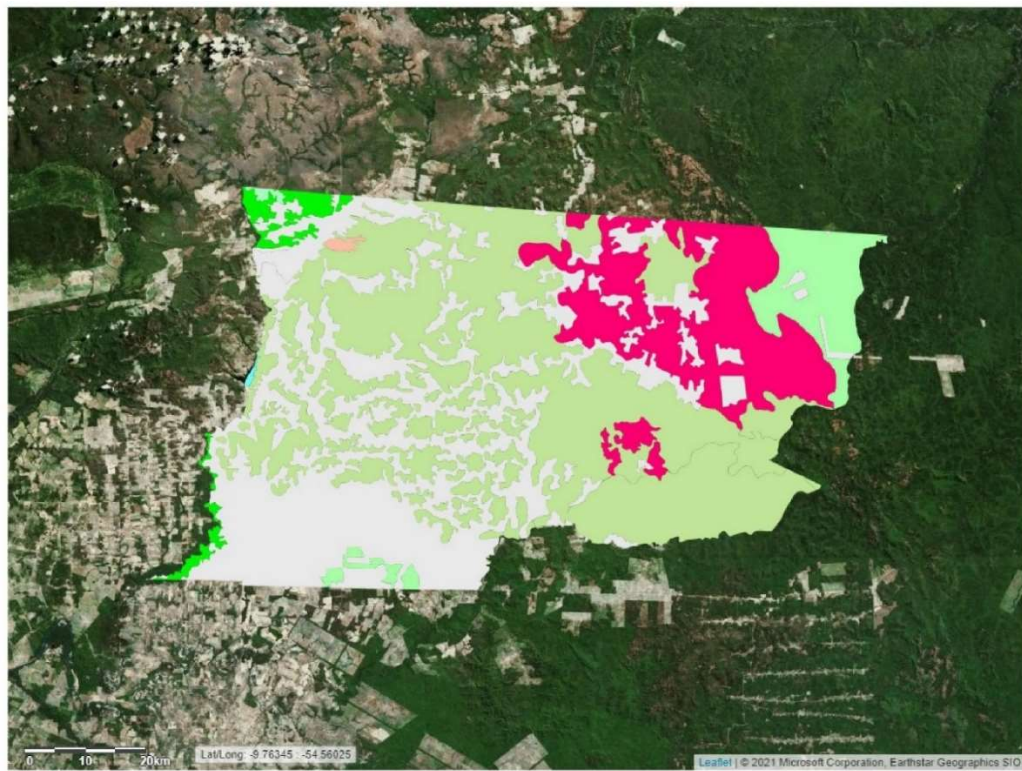
A cidade de Guarantã do Norte encontra-se entre as coordenadas geográficas de latitude 09°47'15" Sul, e a longitude 54°54'36" Oeste, estando a uma altitude de 345 m, na região norte de Mato Grosso, localiza-se à 725 km da capital mato-grossense, Cuiabá, ao longo da BR 163, rodovia Cuiabá/Santarém – divisa com o Sul do Estado do Pará com o município de Altamira.

A bacia hidrográfica da região é a Bacia Amazônica e Sub-Bacia do Rio Tapajós, no município é banhado pelos rios principais: Braço Norte, Braço Sul, Iriri, Peixotinho, Mutum,

Vale do XV e Horizonte. A cobertura vegetal no município apresenta seis tipologias, sendo: Floresta Ombrófila Densa Submontana (1,77%), Floresta Ombrófila Aberta Submontana (5,84%), Floresta Estacional Semidecidual (43,00%), Campinarana Arborizada (0,15%), Savana Arborizada (0,19%) e Refúgio Vegetacional Submontano (14,25%) (IBGE, BDIA, 2021). A cobertura vegetal dominante no município é do tipo Floresta Estacional Semidecidual.

A cobertura vegetal original do município com passar dos anos vêm sendo substituída por diversos tipos de usos, como agricultura (28,56%) e agropecuária (6,17%) (IBGE, BDIA, 2021) e pela transformação da ocupação urbana desde criação do município.

**Figura 91** – Cobertura Vegetal e outras áreas - Guarantã Do Norte



Gráfico



Cobertura Vegetal e outras áreas

<span style="color: green;">■</span> Ds - Floresta Ombrófila Densa Submontana (1,77%)	<span style="color: lightgrey;">■</span> Ap - Pecuária (pastagens) (0,00%)
<span style="color: lightgreen;">■</span> As - Floresta Ombrófila Aberta Submontana (5,84%)	<span style="color: cyan;">■</span> Corpo d'água continental (0,06%)
<span style="color: limegreen;">■</span> Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana (43,00%)	
<span style="color: lightgreen;">■</span> La - Campinarana Arborizada (0,15%)	
<span style="color: orange;">■</span> Sa - Savana Arborizada (0,19%)	
<span style="color: magenta;">■</span> rs - Refúgio Vegetacional Submontano (14,25%)	
<span style="color: lightgrey;">■</span> Ac - Agricultura (28,56%)	
<span style="color: lightgrey;">■</span> Ag - Agropecuária (6,17%)	

Fonte – BDIA - Banco de Informações Ambientais (2021)

### **3.4. Sistemas de classificações climáticas**

Os sistemas de classificações climáticas têm como característica definir o clima de diferentes regiões através de análise de dados históricos e meteorológicos, relacionando-os a fatores paisagísticos, geográficos e climáticos. Segundo KOTTEK (2006) a primeira classificação quantitativa dos climas mundiais foi apresentada pelo cientista alemão Wladimir Köppen em 1900, posteriormente atualizado por Rudolf Geiger em 1954 e 1961.

A classificação climática de Köppen e Geiger baseia-se na característica da vegetação natural de cada grande região da terra, de forma que ela reflète o clima predominante em que se encontra, essa classificação considera a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação pluvial.

Nesse contexto, em 1941 surgiu o sistema de classificação Thornthwaite, que, segundo DA SILVA SAMPAIO (2011) Charles Warren Thornthwaite introduziu o conceito de evapotranspiração potencial e balanço hídrico, além de métodos elaborados para sua quantificação e estimativa. DA SILVA SAMPAIO (2011) afirma que ele comparou a evapotranspiração potencial com a precipitação de várias regiões do planeta, de modo a obter índices de umidade, considerando que a variação de água ocorre em diversos locais e diferentes estações do ano. Dessa forma, propôs uma nova classificação climática global com base em conceitos de evapotranspiração potencial por meio de balanço hídrico.

De acordo com DA SILVA SAMPAIO (2011), o sistema de classificação climática de Thornthwaite tem sido utilizado com sucesso em estudos de zoneamento ecológico econômico, funcionando adequadamente em climas úmidos.

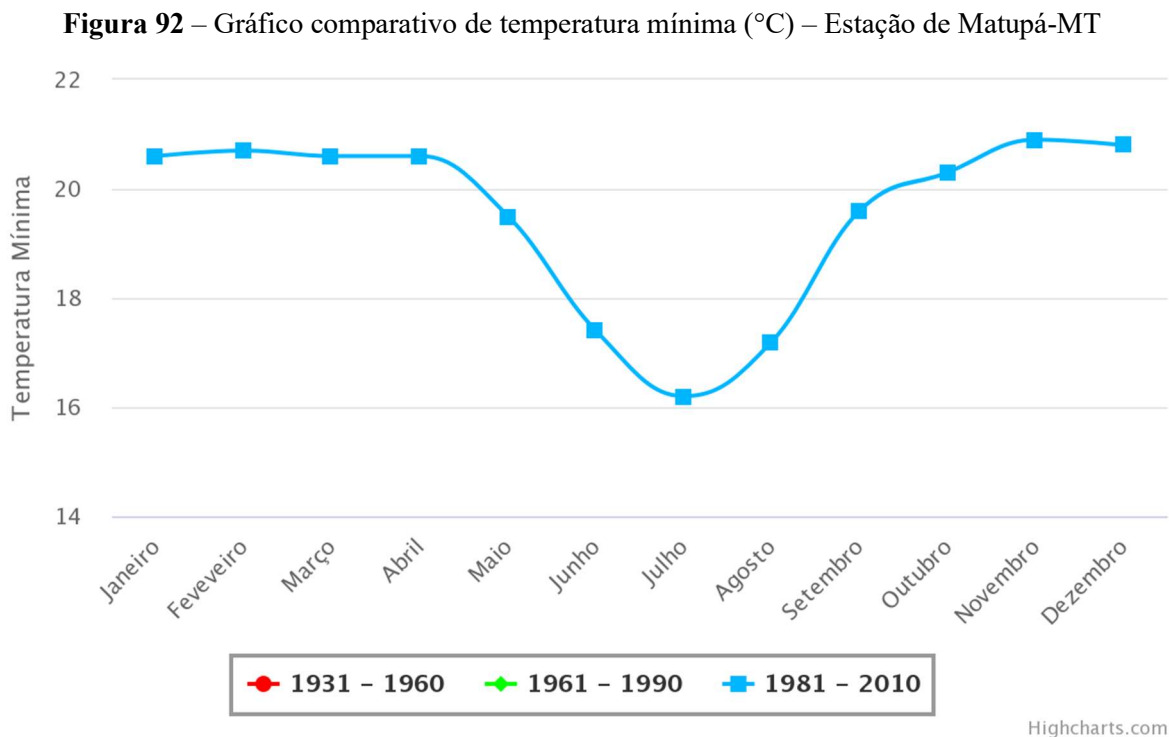
#### **3.4.1. As características climáticas de Guarantã do Norte**

Os estudos climáticos e as medições de rotina em estações meteorológicas em Mato Grosso são escassos quando comparados com estudos realizados em outros estados, em grande parte apresentam variabilidade espacial significativa. Dessa forma, para realização da análise climática de Guarantã do Norte, adotou-se como parâmetro a estação climática de Matupá – MT (estação mais próxima de Guarantã do Norte).

“Existem 12 estações meteorológicas convencionais, sendo que destas, apenas cinco apresentam bases de dados superiores a 30 anos (normal climatológica). Com a evolução das estações meteorológicas automáticas, a partir de 2002 ocorreu a implementação de mais 35 estações nas diferentes regiões climáticas do estado”. (SOUZA, 2013, p. 35)

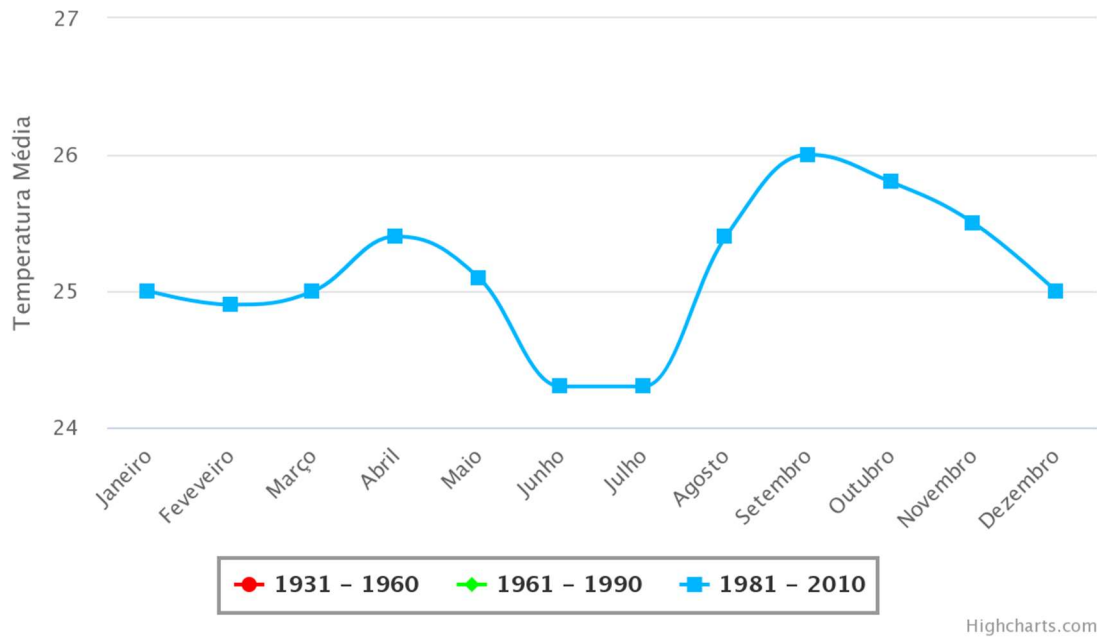
Segundo SOUZA (2013), em Mato Grosso existem duas estações climáticas bem definidas, sendo: chuvosa de outubro a abril, e seca de maio a setembro. Além disso, SOUZA (2013) afirma que as precipitações totais anuais variam de aproximadamente 1200 a 2000 mm para as estações avaliadas, com maiores níveis nas regiões Norte (região de Guarantã do Norte) e Médio Norte do Estado e nas regiões com altitudes próximas a 800m.

O clima do município de Guarantã do Norte é tropical úmido ou subúmido, do tipo Am (clima tropical monçônico) na classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), que segundo GOLFARI (1978) é uma transição entre o tipo climático Af e Aw, caracterizando-se por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021) as temperaturas mínimas médias entre os anos de 1981 e 2010 estiveram entre 16,20°C e 20,90°C, conforme gráfico na Figura 90.



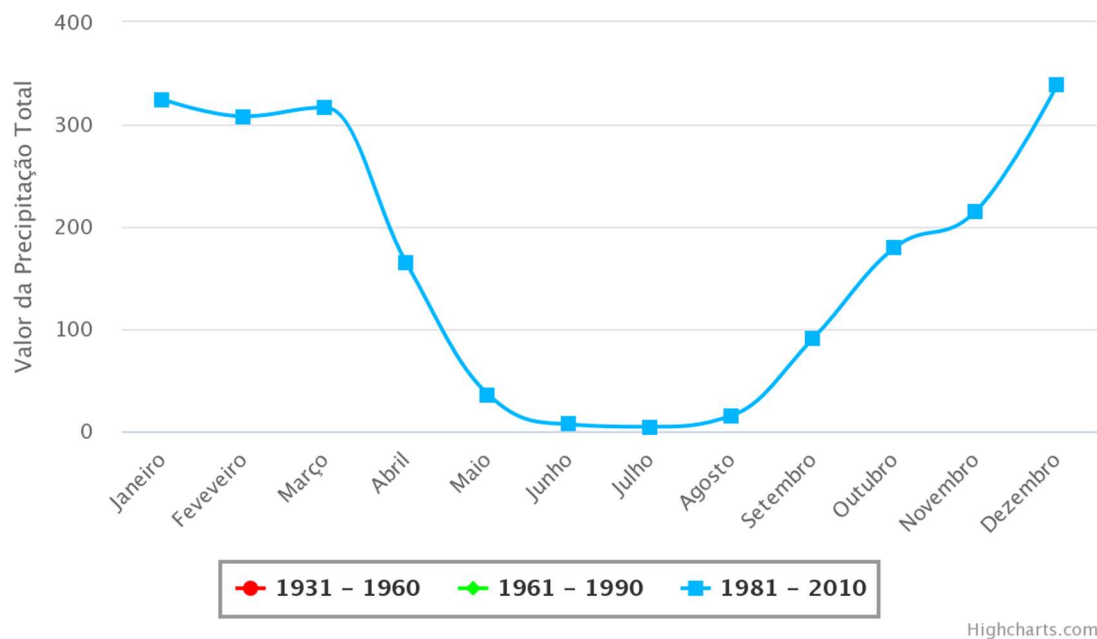
**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021)

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021) as temperaturas médias mensais registradas entre os anos de 1981 e 2010 estiveram entre 24,3°C e 26,0°C, conforme gráfico na Figura 93.

**Figura 93** – Gráfico comparativo de temperaturas médias (°C) – Estação de Matupá-MT

**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021)

Ademais, o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021) retrata que os índices de precipitação médias registradas entre os anos de 1981 e 2010 estiveram entre 4,3mm e 338mm, conforme gráfico na Figura 94. Além disso, pode-se verificar há maior seca entre os meses de maio e agosto, apesar de existirem temperaturas mais baixas, como retratadas no gráfico da Figura 93.

**Figura 94** – Gráfico comparativo de precipitação acumulada (mm) – Estação de Matupá-MT

**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021)

É importante destacar que a variação de temperatura e umidade tem impacto direto nos índices de conforto ambiental em uma edificação, portanto, conhecer essa característica climática da cidade de Guarantã do Norte permite a melhor tomada de decisões na elaboração e execução de projetos de arquitetura e engenharia.

### **3.5. Influência do avanço do agronegócio as condições climáticas de Guarantã do Norte**

A vegetação de uma região influencia diretamente a sua condição climática. O município de Guarantã do norte compreendido no Território Portal da Amazônia (TPA), que segundo DE AVILA (2019), trata-se de uma região localizada em pleno arco do desmatamento da floresta amazônica, onde os conflitos socioambientais, ainda muito presentes, devido ao avanço da fronteira agrícola nesse território.

“Dentre os modelos de assentamentos existentes, os projetos de assentamento convencionais (PA’s) são a modalidade de assentamento de reforma agrária que mais converteu suas florestas em outros usos da terra, sendo que neste estudo, os que respondem por parcelas significativas de desmatamento estão nos municípios de Guarantã do Norte, Novo Mundo e Peixoto de Azevedo.” (AVILA 2019, p. 150)

O avanço do agronegócio na região tem se destacado por ser um modelo de atividades moderno e tecnológico, gerando emprego e renda. Ademais, para tal, há uma maior demanda de terras para produção de forma a gerar impactos significativos ao meio ambiente, uma vez que segundo MESQUITA (2009), a modernização da agricultura é altamente poupadora de força de trabalho, e vem sempre acompanhada de redução de emprego e destruição ambiental.

“Os avanços tecnológicos aplicados ao agronegócio são a expressão da modernização do campo. Com eles a produtividade tem crescido, as safras têm apresentado números cada vez maiores, as receitas econômicas têm crescido. A isto tem se dado o nome de desenvolvimento. Mas tudo não passa do que podemos chamar de modernização conservadora. Todo este avanço não representou de fato qualquer mudança substancial na estrutura agrária brasileira e nas relações de produção e de trabalho no campo. Ao contrário tem significado maior concentração de terra e de renda e relações de trabalho cada vez mais precarizadas.” (CANUTO, 2012, p. 3)

Existem diversos estudos relacionados às vantagens e desvantagens do agronegócio, contudo, a pesquisa em questão tendo como objetivo a leitura sistemática das características do climáticas do local estudado destaca fatores que influenciam de forma direta e indireta o conforto habitacional.

Nesse contexto, é de suma importância considerar que o desenvolvimento desenfreado do agronegócio pode gerar mudanças nas condições climáticas na cidade de Guarantã do Norte – MT. Portanto, não seria necessária uma análise mais a fundo para observar que a cidade e suas habitações devem apresentar desempenhos de conforto que atendam à diversidades climáticas e contribuam para com a qualidade de vida de seus habitantes, uma vez que com a redução da força de trabalho no agronegócio, tem-se como alternativa a migração da população do campo para a cidade e conseqüentemente manifesta-se a necessidade de uma infraestrutura urbana adequada para receber essa população.

## CAPÍTULO 4

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1. Metodologia dos ensaios

Um dos objetivos primordiais desse trabalho é a realização de uma análise comparativa do desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: vedação de Tijolo cerâmico e o sistema Insulated Concrete Forms (ICF) disponível no estado de Mato Grosso, com o objetivo de verificar a eficiência da tecnologia ICF em aspectos de desempenho térmico como uma proposta alternativa para a melhoria do desempenho térmico em habitações. Sendo assim a medição térmica ocorreu in situ, permitindo a recolha de um conjunto de resultados experimentais que possibilitaram o estudo da variação de temperatura dos materiais aplicados em um mesmo contexto climático, geográfico e arquitetônico.

Portanto, com o objetivo de submeter os materiais estudados as mesmas condições, realizou-se a execução de quatro protótipos construtivos com dimensões similares, dos quais, foram utilizados três equipamentos de registro, análise e aferição térmica periodicamente em três horários, sendo: 8:00 horas, 14:00 horas e 20:00 horas entre os dias 22 de junho de 2021 e 15 de julho de 2021.

**Figura 95** – Imagem aérea dos quatro protótipos construídos



Fonte – Própria.

**Figura 96** – Vista lateral de um dos protótipos construídos



Fonte – Própria.

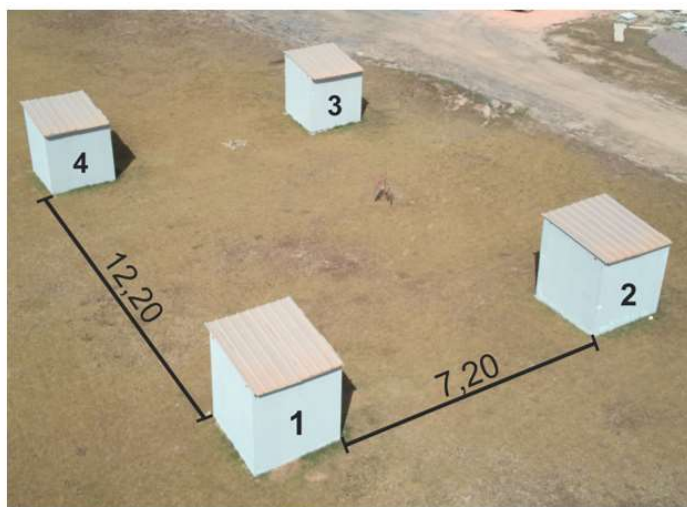
#### 4.2. Protótipos construtivos

Os protótipos construtivos foram executados na zona rural da cidade de Guarantã do Norte – MT, Linha da Páscoa/ Estrada da Páscoa, nas coordenadas 9°57'37.9"S 54°52'51.2"W, a uma distância de 4km (quatro quilômetros) do centro da cidade e 2,8km (dois quilômetros e

oitocentos metros) do campus do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)<sup>1</sup> em Garantã do Norte.

Os quatro protótipos possuem área construída de quatro metros quadrados (dois metros de largura por dois metros de comprimento), sendo dois protótipos no sistema construtivo ICF e dois no sistema de tijolo cerâmico convencional, localizados no terreno de forma a não sofrer influência de sombreamentos e bloqueio de ventilação, seja por arborizações ou até mesmo entre eles, dessa forma, os protótipos foram locados conforme definido na Figura 97.

**Figura 97** – Distanciamento e identificação dos protótipos construídos



LEGENDA	
1	Tijolo Baiano Cerâmico deitado (uma vez)
2	ICF Iforms 18
3	ICF Iforms 12
4	Tijolo Baiano Cerâmico em pé (meia vez)

**Fonte** – Própria.

As edificações foram executadas com a fundação do tipo Radier de dez centímetros de espessura, onde as alvenarias de vedação são compostas pelos elementos propostos na pesquisa (ICF e Tijolo cerâmico), conforme Figuras 98 e 99, a cobertura das edificações foi executada com telha isotérmica/ termoacústica, e os quatro protótipos possuem uma abertura de acesso da mesma dimensão (0,70x2,00 metros) em chapa de madeira compensada de 4 milímetros de espessura, voltada para a direção Sul, conforme detalhamentos nas Figuras 100, 101, 102 e 103.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Avançado de Garantã do Norte, localizado na Linha Páscoa, Km 04, Lote 471, Zona Rural, o instituto caracteriza-se por um perfil agrícola com objetivo de formar profissionais que atuem nas áreas de produção animal, vegetal, agroindustrial e gestão rural. (IFMT, 2021)

**Figura 98** – Radier pronto para receber as formas de ICF Iforms 12



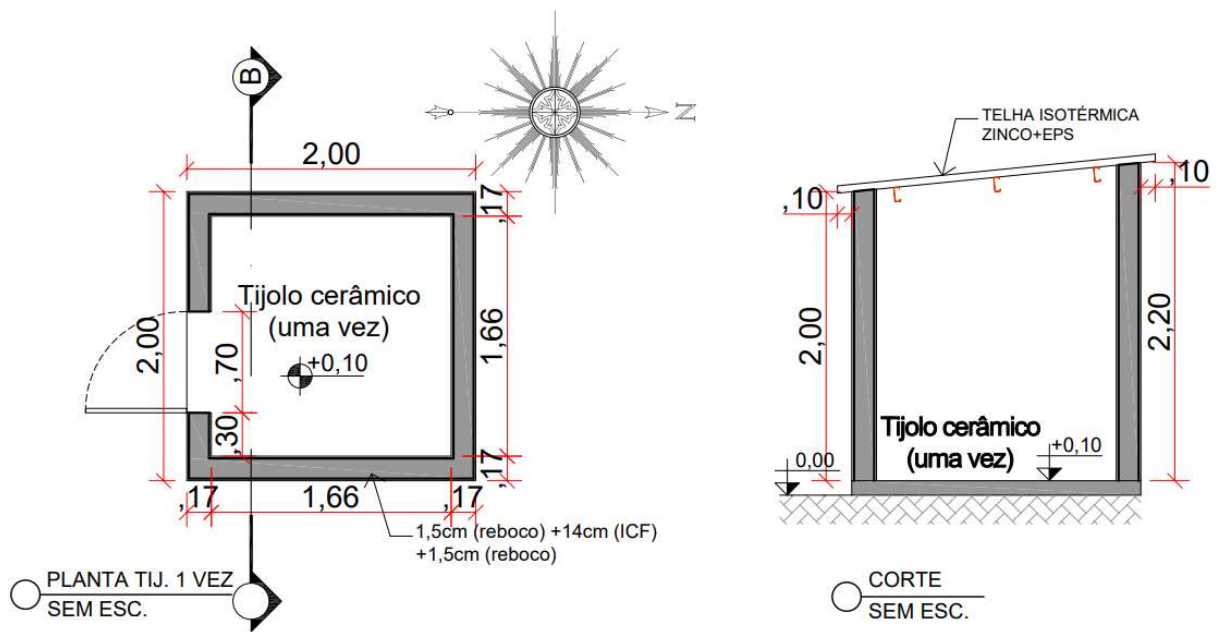
Fonte – Própria.

**Figura 99** – Execução da alvenaria de tijolo cerâmico em pé (meia vez)



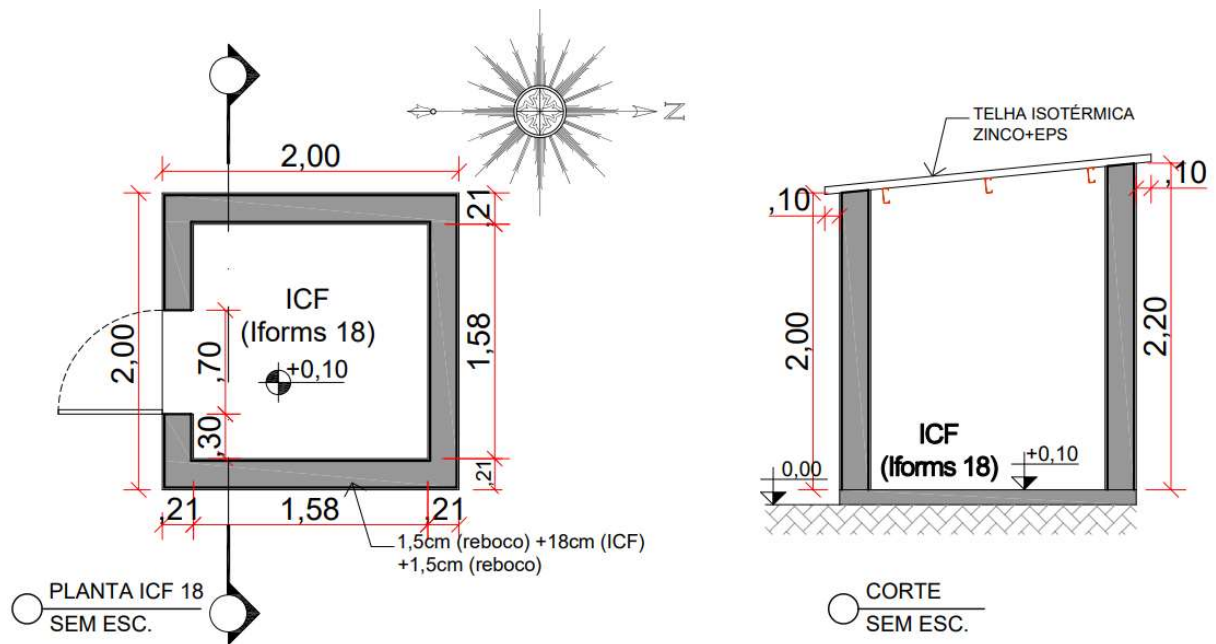
Fonte – Própria.

**Figura 100** – Projeto do Protótipo 1 – Tijolo Cerâmico deitado (uma vez)



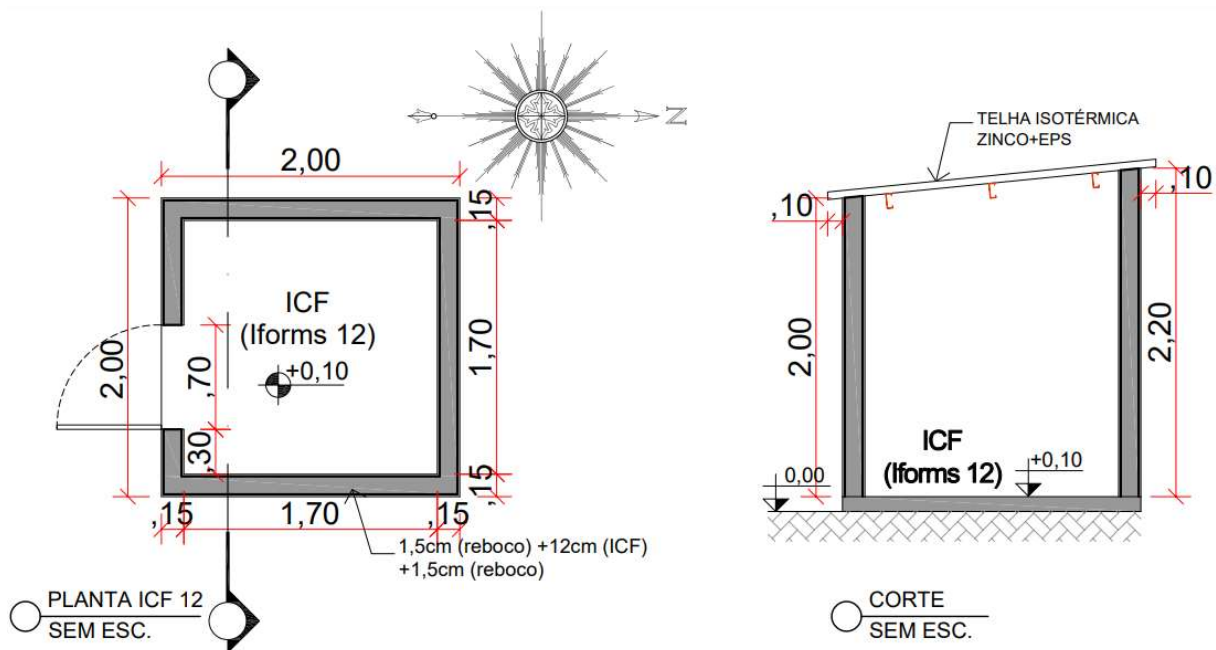
Fonte – Própria.

**Figura 101** – Projeto do Protótipo 2 – ICF Iforms 18



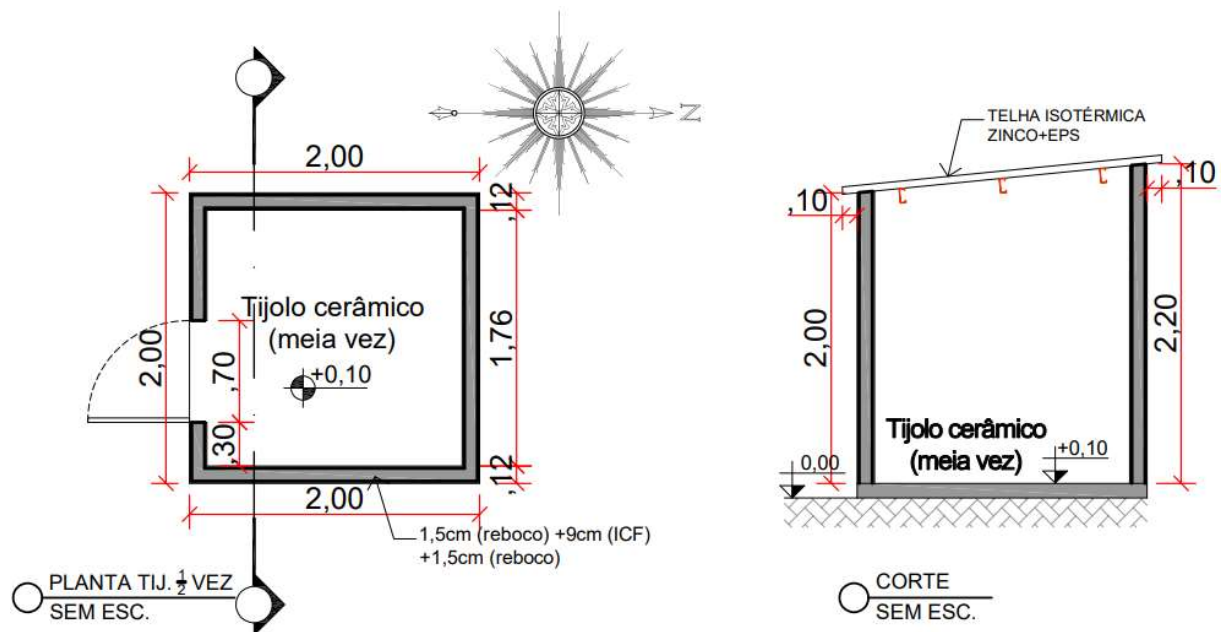
Fonte – Própria.

**Figura 102** – Projeto do Protótipo 3 – ICF Iforms 12



Fonte – Própria.

**Figura 103** – Projeto do Protótipo 4 – Tijolo Cerâmico em pé (meia vez)

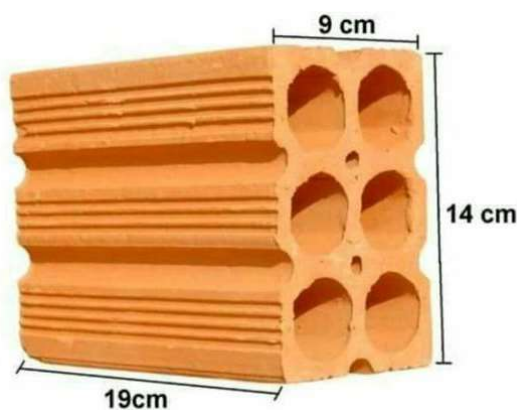


Fonte – Própria.

### 4.3. Especificações do tijolo cerâmico adotado

O tijolo utilizado para pesquisa foi encontrado em olarias da cidade de Guarantã do Norte – MT, com as dimensões de 9x14x19cm e peso próprio de 2,200Kg, tendo um rendimento médio de 34 tijolos por metro quadrado quando assentado de pé (meia vez) ou 50 tijolos por metro quadrado quando assentado deitado (uma vez).

**Figura 104** – Dimensões do tijolo cerâmico



Fonte – Vazlon (2021)<sup>2</sup>

**Figura 105** – Assentamento do tijolo cerâmico (uma vez) em uma obra residencial



Fonte – Própria.

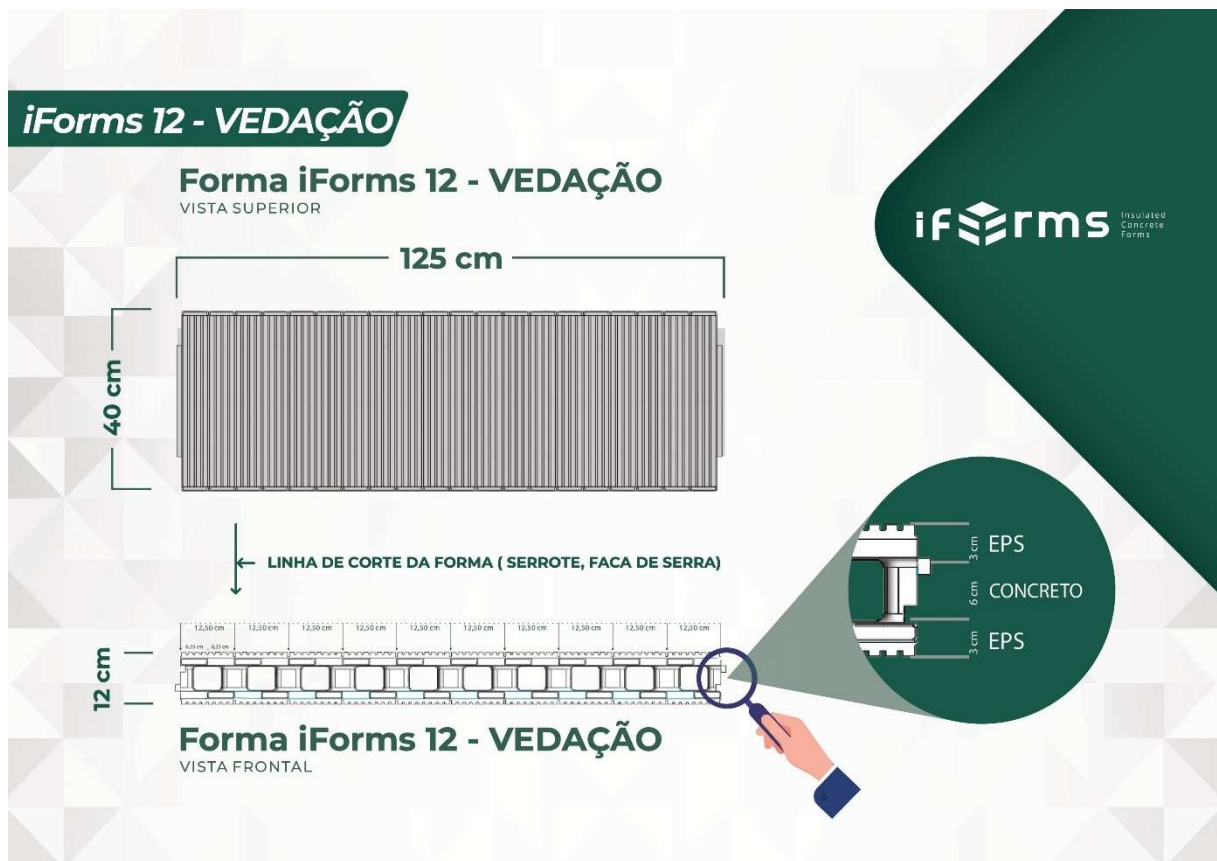
<sup>2</sup> Disponível em: <<https://br.vazlon.com/vendas-tijolos-6-furos-catarina-medio-260#!>> Acesso em: 23 de dezembro de 2021.

#### 4.4. Especificações das formas de Iforms ICF

As fôrmas utilizadas são produzidas e fornecidas no Estado de Mato Grosso pelo Grupo ICF<sup>3</sup> que possui fábrica na cidade de Cuiabá – MT. As fôrmas consistem em um material de Poliestireno expandido de densidade do EPS Classe F<sup>4</sup> de 26,0 kg/m<sup>3</sup>, com uma absorção de umidade de 0%.

Ambas as formas possuem o mesmo processo de fabricação, contudo, com rendimento e características distintas, uma vez que possuem dimensões diferentes conforme Figura 106 e Figura 107 e em contrapartida apresentam características técnicas diferentes.

**Figura 106** – Dimensões da forma de ICF – Iforms 12

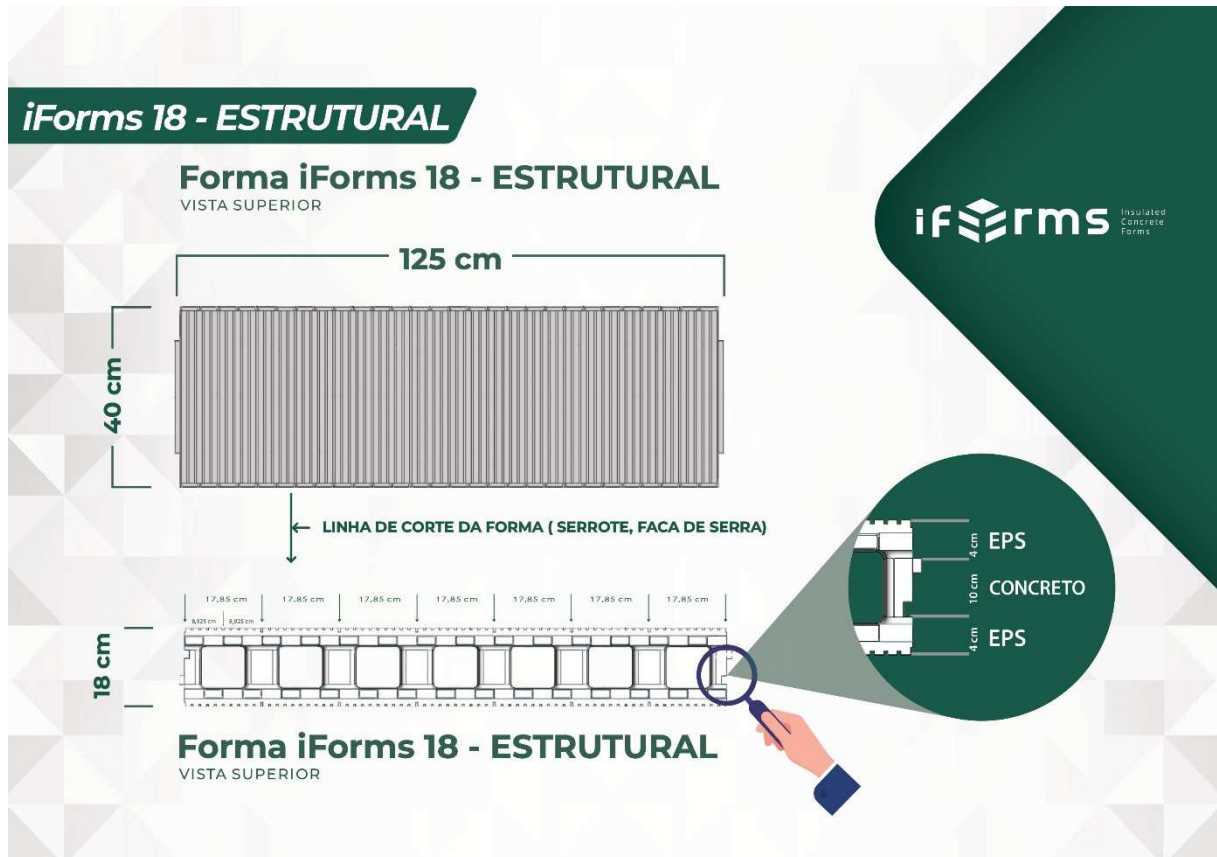


**Fonte** – Manual técnico – ICF CONSTRUTORA (2021)

<sup>3</sup> O Grupo ICF é a união das empresas ICF Construtora, ICF Farms, a iForms ICF, a ICF Projetos, ICF Argamassas e o projeto Meu Kit Casa. Todas especializadas em construções com o sistema iForms ICF. A Fábrica iForms ICF é a única fábrica brasileira exclusiva de ICF, com matriz em Cuiabá-MT e mais 2 plantas no Brasil. Disponível em: <<https://grupoicf.com.br/app>>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

<sup>4</sup> EPS Classe F possui em sua composição retardante a chama, portanto, produto mais adequado e seguro para construções habitacionais.

**Figura 107** – Dimensões da forma de ICF – Iforms 18



**Fonte** – Manual técnico – ICF CONSTRUTORA (2021)

Segundo o Manual técnico da ICF CONSTRUTORA (2021) ambas as formas possuem um rendimento de duas unidades por metro quadrado de parede, com uma densidade do EPS de 26,0 Kg/m<sup>3</sup> (EPS Classe F), resistência a temperaturas extremas de até 80°C. O sistema Iforms 12 demanda um consumo de concreto de 0,038 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> e um peso próprio de 2,0 kg/m<sup>2</sup>, ademais, o sistema Iforms 18 demanda um consumo de concreto de 0,072 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> e um peso próprio de 2,9 kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.5. Equipamentos de medição

Os dados de temperatura foram obtidos através da utilização de três equipamentos, sendo o termômetro digital infravermelho, termo-higrômetro digital e uma câmera termográfica compacta, dos quais, foi possível aferir a temperatura e realizar imagens térmicas periodicamente em três horários, sendo: 8:00 horas, 14:00 horas e 20:00 horas entre os dias 22 de junho de 2021 e 15 de julho de 2021.

#### 4.5.1. Termômetro digital infravermelho

Os dados de temperatura da superfície das fachadas leste e oeste, foram aferidas no interior e exterior dos protótipos habitacionais através de um termômetro digital infravermelho, com escala de temperatura entre  $-50^{\circ}\text{C}$  e  $400^{\circ}\text{C}$  ( $-58^{\circ}\text{F}$  e  $752^{\circ}\text{F}$ ). Para o projeto em questão realizou-se quatro leituras para cada protótipo, sendo: superfície da parede leste externa, superfície da parede leste interna, superfície da parede oeste externa e superfície da parede oeste interna.

**Figura 108** – Termômetro digital infravermelho



Fonte – Leroyermerlin (2021).<sup>5</sup>

**Figura 109** – Aferição de temperatura interna com o termômetro digital infravermelho



Fonte – Própria.

#### 4.5.2. Termo-higrômetro Digital

Os dados de temperatura no interior e exterior dos protótipos habitacionais foram obtidos com a utilização de quatro (um para cada protótipo) Termo-higrômetro Digital de Parede e Mesa com Sensor Externo da marca Highmed, modelo HM – 02, com escala de temperatura interna entre  $-30^{\circ}\text{C}$  e  $50^{\circ}\text{C}$ , e com escala de temperatura externa entre  $-50^{\circ}\text{C}$  e  $70^{\circ}\text{C}$ , com uma precisão de  $\pm 1$  oC. Além disso, possui a função de leitura da umidade relativa entre 20% e 99%, com precisão de  $\pm 5\%$ , entretanto, para o projeto em questão, considerou-se apenas os fatores de temperatura interna e externa. A leitura externa ocorre através de um sensor externo com um fio de dois metros de comprimento, que fica conectado ao aparelho.

<sup>5</sup> Disponível em: <[https://www.leroyermerlin.com.br/termometro-industrial-mira-a-laser-digital-infravermelho-temperatura--50oc-a-400oc\\_1566969127](https://www.leroyermerlin.com.br/termometro-industrial-mira-a-laser-digital-infravermelho-temperatura--50oc-a-400oc_1566969127)> Acesso em: 23 de dezembro de 2021.

**Figura 110** – Termo-higrômetro digital: aparelho no interior da edificação



Fonte – Própria.

**Figura 111** – Termo-higrômetro digital: sensor externo conectado ao aparelho



Fonte – Própria.

O tempo de estabilização do equipamento é de 2 horas, e o modelo de registro da informação é manual, portanto, o equipamento afere apenas a temperatura e umidade, ficando assim, sob responsabilidade do pesquisador o registro da informação, dessa forma, para o projeto em questão foi realizado o preenchimento de tabelas diárias para as leituras aferidas.

#### 4.5.3. Câmera termográfica compacta

Os dados de geração de imagens térmicas de 160 x 120 (19.200 pixels) no exterior dos protótipos habitacionais foram obtidos com a utilização de uma Câmera Termográfica Compacta da marca Highmed, modelo Flir C5, com Faixa de Temperatura de Armazenamento entre -40 a 70 °C (-40 a 158 °F), Faixa de Temperatura Operacional entre -10 a 50 °C (+14 a 122 °F), com uma precisão em temperatura ambiente de 15 a 35 °C (59 a 95 °F) e temperatura do objeto acima de 0 °C (32 °F), 0 a 100 °C (32 a 212 °F):  $\pm 3$  °C ( $\pm 5,5$  °F), 100 a 400 °C (212 a 752 °F):  $\pm 3\%$ , ademais, possui sensibilidade térmica  $< 70\text{mK}$ .

O formato de arquivo é JPEG padrão, com armazenamento na memória interna e em conexão com a nuvem através do sistema integrado FLIR Ignite, portando as imagens foram salvas de maneira instantânea e posteriormente inseridas no banco de dados das leituras aferidas.

**Figura 112** – Imagem registrada pela Câmera termográfica compacta



Fonte – Própria.

**Figura 113** – Imagem térmica gerada pela Câmera termográfica compacta



Fonte – Própria.

#### 4.6. Metodologia de cálculo

Através dos protótipos executados e das ferramentas de medição utilizadas, foi possível obter resultados das tabelas anexadas nos apêndices, que por sua vez retratam as informações coletadas em campo por meio do termômetro digital infravermelho e do termo-higrômetro digital. Além disso, obteve-se as imagens térmicas através da Câmera Termográfica Compacta, conforme imagens anexadas nos apêndices.

Foi possível realizar a análise de desempenho através de um método comparativo, analisando o desempenho individual de cada protótipo e posteriormente comparando os resultados entre eles. Para tal, essa análise se divide em três etapas.

- **Etapa 1** – Análise dos resultados do Termômetro digital infravermelho ao longo do período de aferição;
- **Etapa 2** – Análise dos resultados do Termo-higrômetro digital ao longo do período;
- **Etapa 3** – Análise dos resultados das imagens registradas pela Câmera termográfica compacta, cruzando os dados com os resultados dos demais termômetros.

A análise de dados possibilita uma compreensão do desempenho térmico das edificações, de modo a identificar o material de melhor desempenho térmico submetido aos mesmos fatores climáticos. Dessa forma, o Capítulo 5 divide os protótipos, analisando-os individualmente e posteriormente comparando-os.

## CAPÍTULO 5

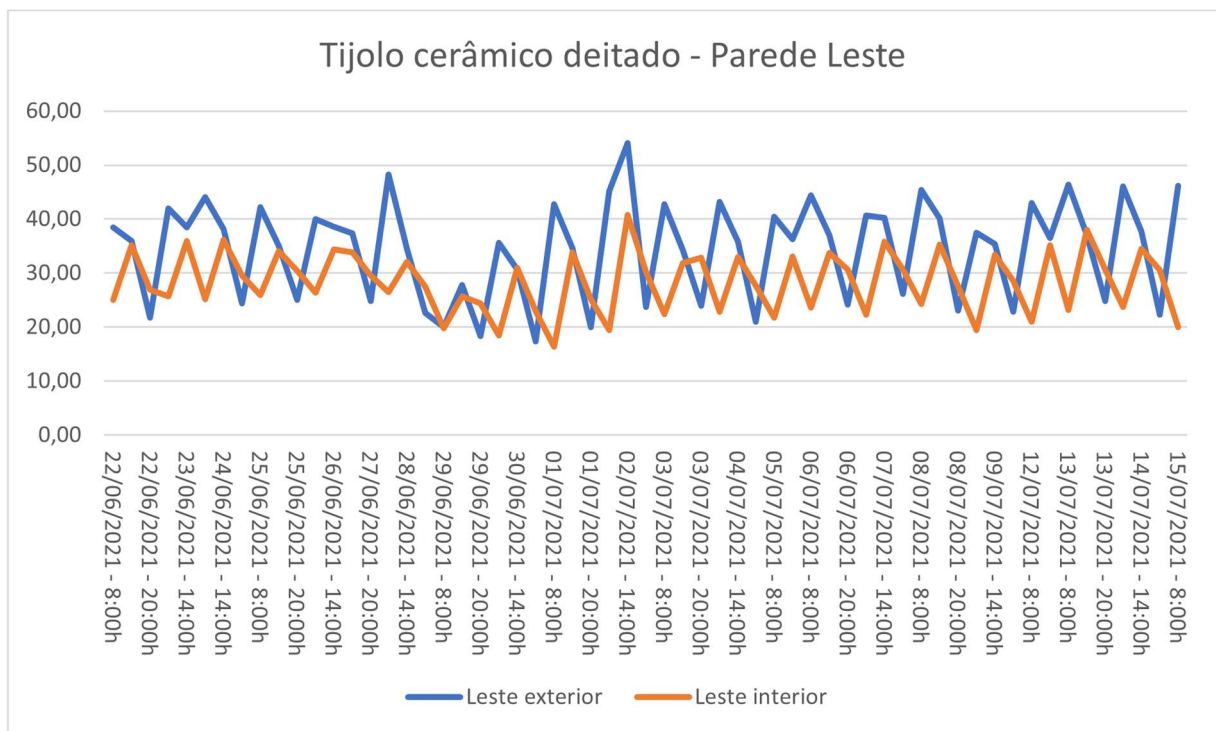
### ANÁLISE DE DADOS

#### 5.1. Análise dos resultados obtidos através do Termômetro digital infravermelho

Com o objetivo de verificar a capacidade de isolamento térmico das paredes dos protótipos habitacionais foi realizado o ensaio nas faces internas e externas de duas paredes em cada protótipo, para tal, foram definidas as paredes Leste e Oeste por haver maior incidência solar nos períodos estabelecidos para a coleta de dados.

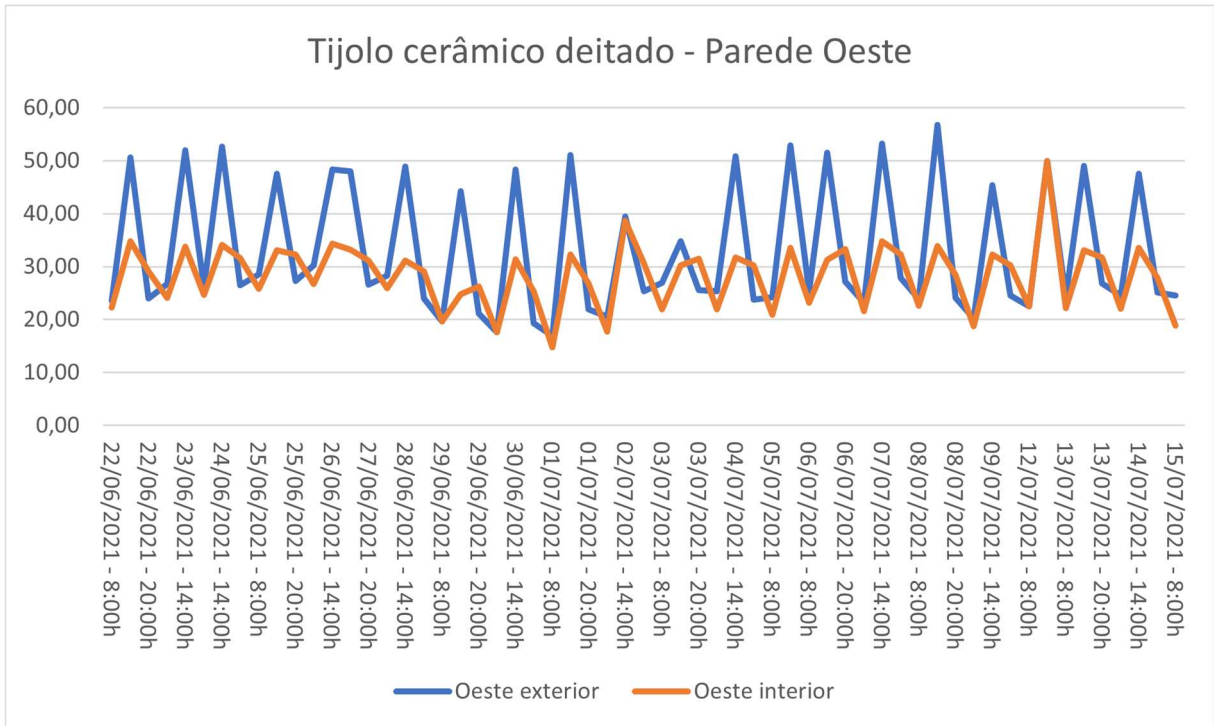
A primeira etapa desta análise divide os dados coletados através do termômetro digital infravermelho em cada protótipo, sendo assim, foi possível gerar os gráficos das Figuras de 114 a 121 que representam a variação da face externa para a face interna de uma determinada parede da edificação.

**Figura 114** – Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 1 (Tijolo deitado)



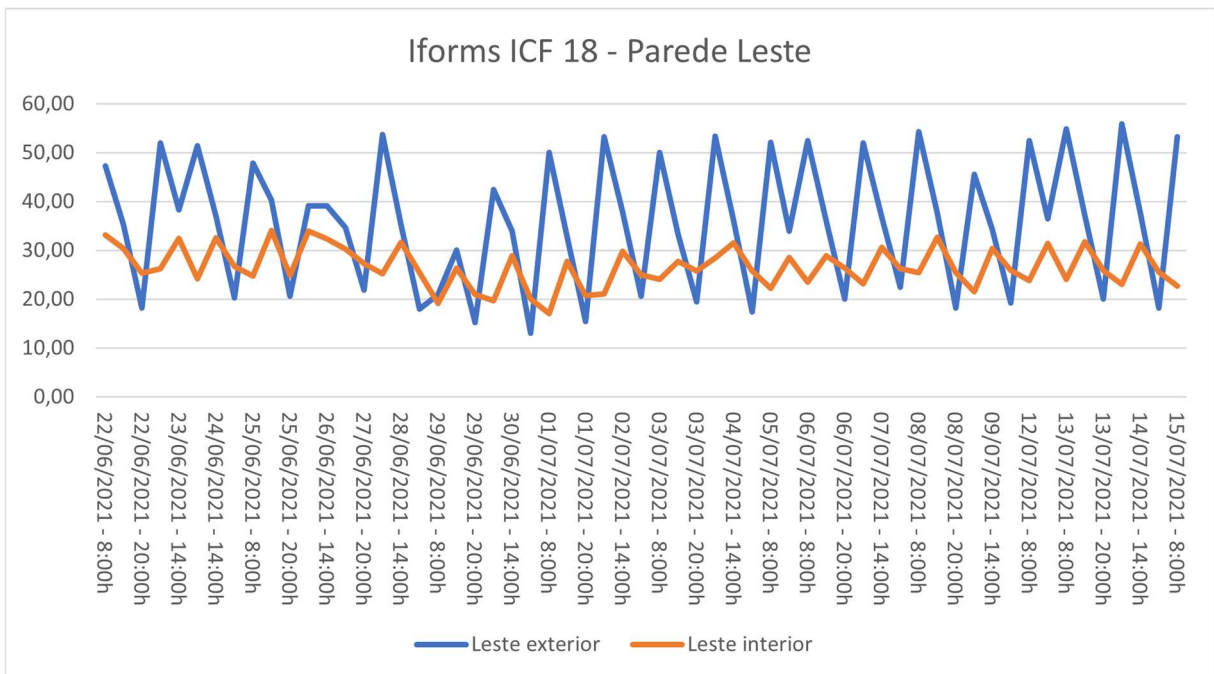
Fonte – Própria.

**Figura 115** – Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 1 (Tijolo deitado)



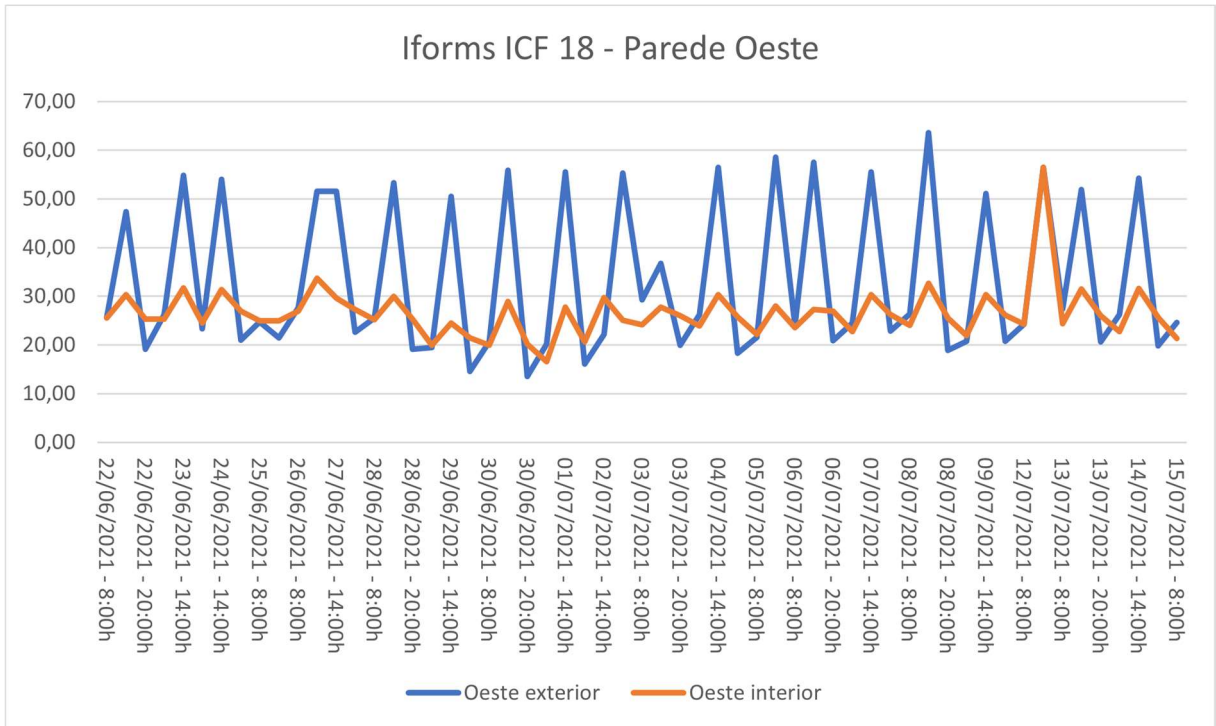
Fonte – Própria.

**Figura 116** – Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 2 (Ifoms ICF 18)



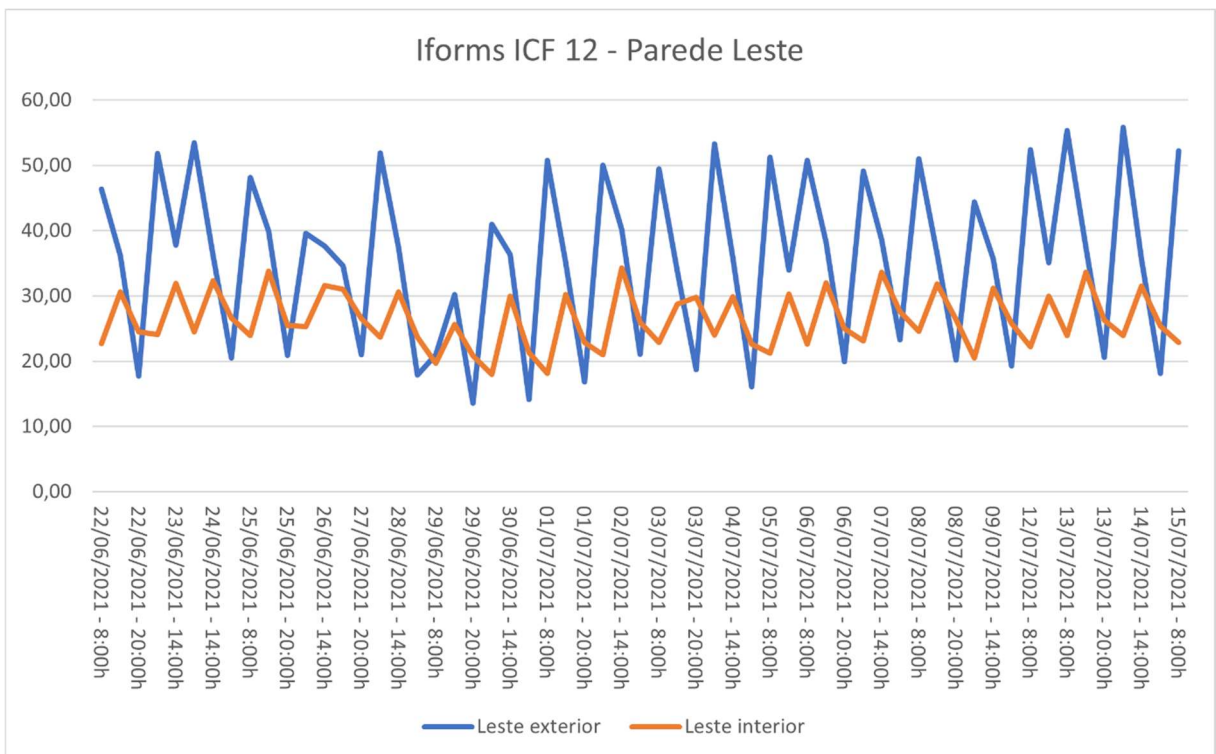
Fonte – Própria.

**Figura 117** – Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 2 (Iforms ICF 18)

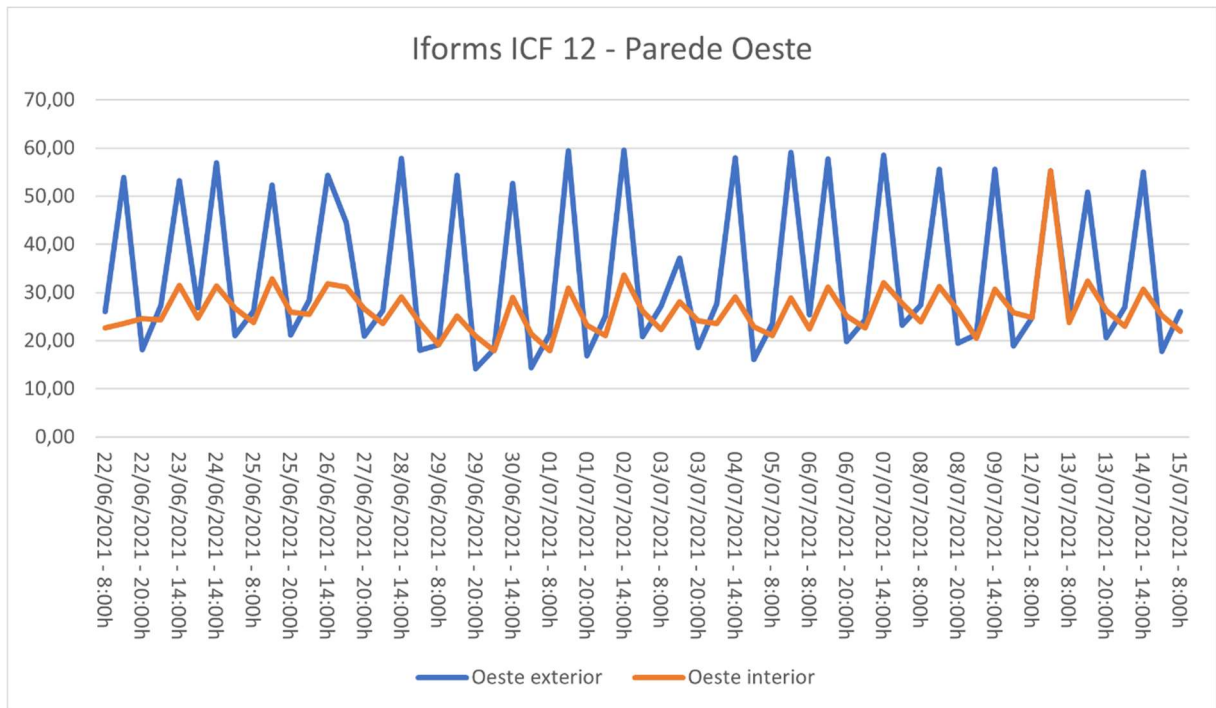


Fonte – Própria.

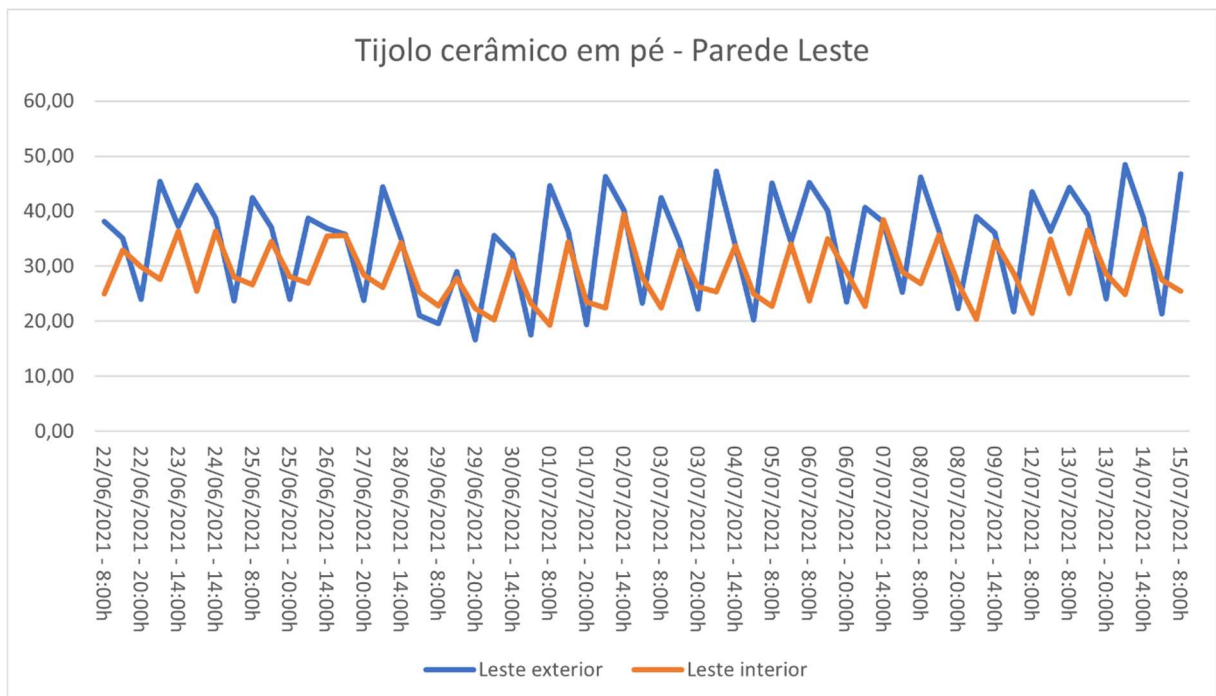
**Figura 118** – Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 3 (Iforms ICF 12)



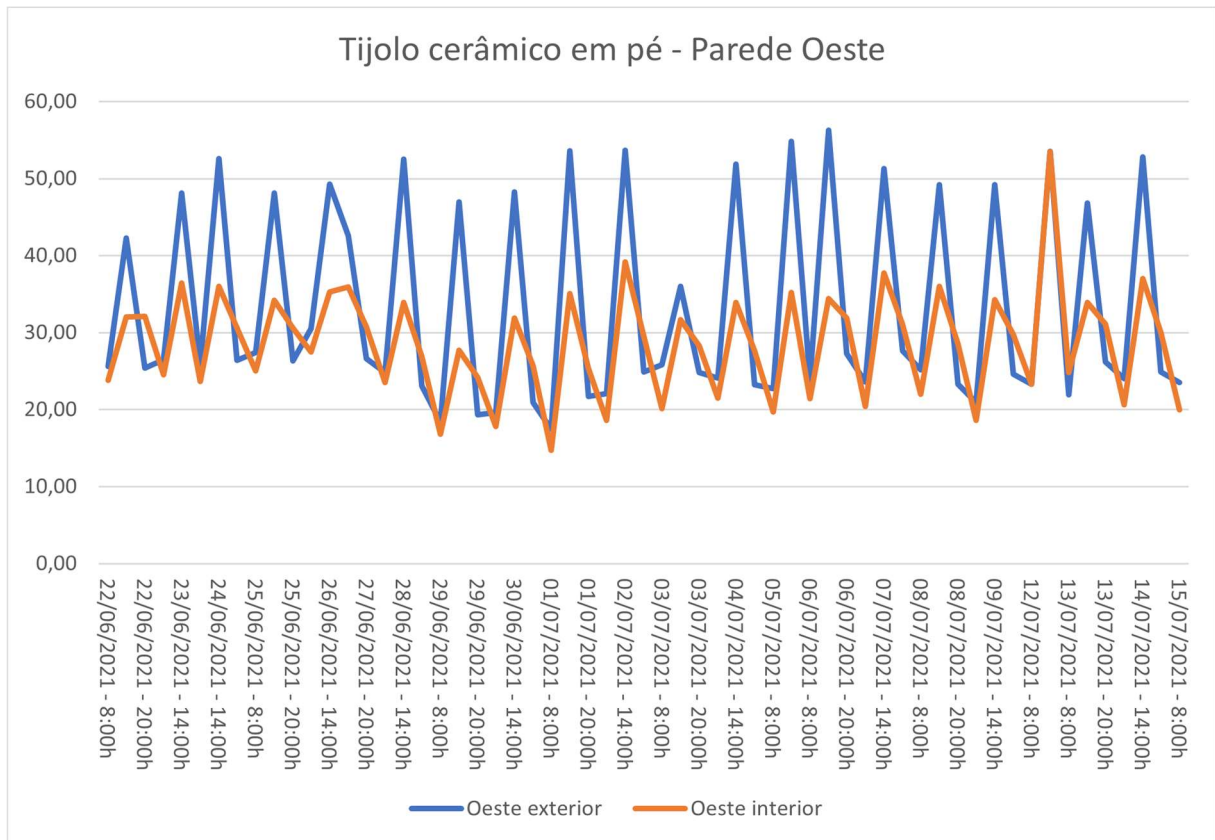
Fonte – Própria.

**Figura 119** – Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 3 (Iforms ICF 12)

Fonte – Própria.

**Figura 120** – Diferença de temperatura interna e externa parede Leste do protótipo 4 (Tijolo em pé)

Fonte – Própria.

**Figura 121** – Diferença de temperatura interna e externa parede Oeste do protótipo 4 (Tijolo em pé)

Fonte – Própria.

Não seria necessária uma análise mais profunda para verificar que o protótipo 4 (Tijolo em pé) apresentou maior dificuldade de isolamento térmico com relação aos demais protótipos, tendo uma diferença de temperatura média na parede leste de 16% e na parede oeste de 14%.

O protótipo 1 (Tijolo cerâmico deitado) apresentou o segundo pior desempenho: diferença de temperatura média da parede leste de 18% e na parede oeste 14%;

Em seguida tem-se o protótipo 2 (Ifoms ICF 18) com o segundo melhor desempenho: diferença de temperatura média da parede leste de 25% e na parede oeste 20%;

O protótipo 3 (Ifoms ICF 12) destacou-se por apresentar o melhor desempenho: diferença de temperatura média da parede leste de 26% e na parede oeste 22%;

É de suma importância considerar que quanto maior a diferença de temperatura do ambiente externo para o ambiente interno melhor é o desempenho do material, uma vez que ele conserva a temperatura interna devido à boa capacidade de isolamento. Os dados informados podem ser confirmados na Tabela 1 e Tabela 2.

**Tabela 1** – Temperaturas médias na parede Leste

Item	Protótipo 1	Protótipo 2	Protótipo 3	Protótipo 4
Temp. Média Leste exterior	34,51°C	35,70°C	35,61°C	34,32°C
Temp. Média Leste interior	28,40°C	26,64°C	26,34°C	28,69°C
<b>Diferença (%)</b>	<b>18%</b>	<b>25%</b>	<b>26%</b>	<b>16%</b>

Fonte – Própria.

**Tabela 2** – Temperaturas médias na parede Oeste

Item	Protótipo 1	Protótipo 2	Protótipo 3	Protótipo 4
Temp. Média Oeste exterior	33,00°C	33,21°C	33,69°C	33,11°C
Temp. Média Oeste interior	28,30°C	26,55°C	26,33°C	28,60°C
<b>Diferença (%)</b>	<b>14%</b>	<b>20%</b>	<b>22%</b>	<b>14%</b>

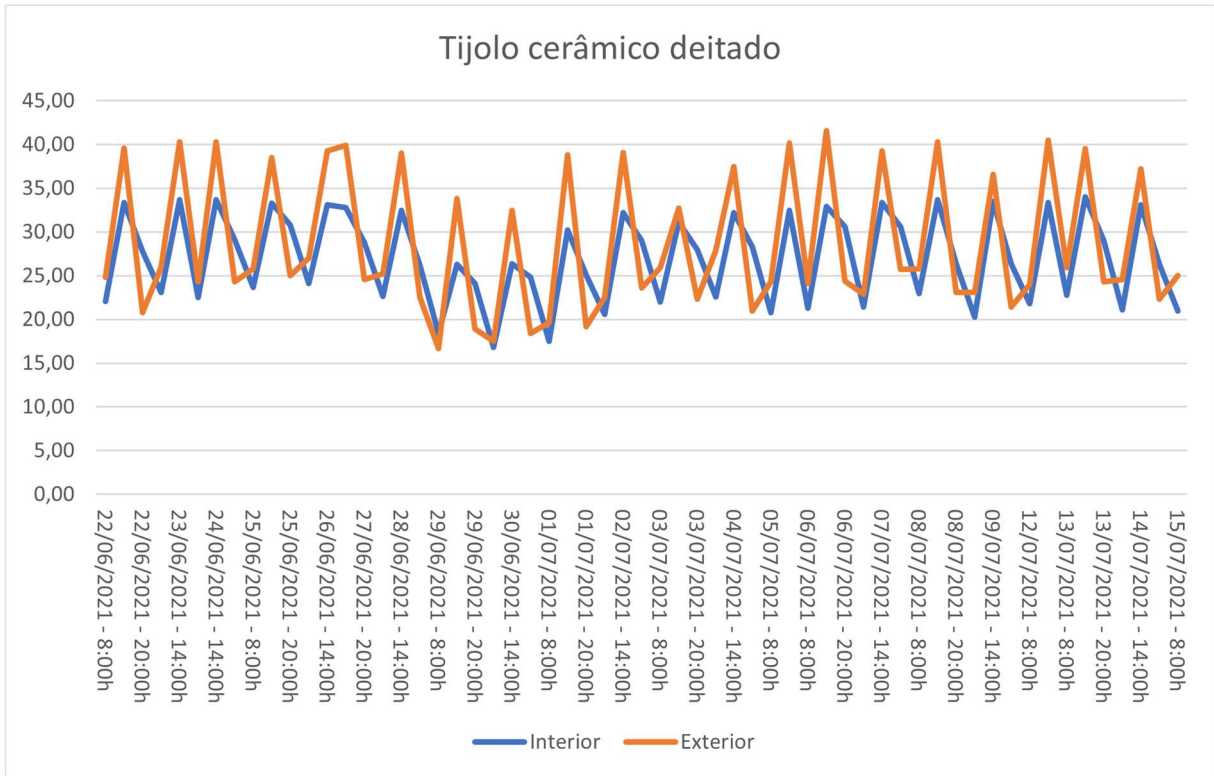
Fonte – Própria.

Além da análise das médias, é possível realizar uma análise analítica nos gráficos das Figuras de 114 a 121 em que há uma maior estabilidade térmica no interior das edificações executadas com o sistema construtivo ICF. Essa característica pode ser muito positiva em uma habitação real, uma vez que o ambiente construído não apresentará variação de temperatura ao longo do dia, e conseqüentemente, não causará desconforto térmico em decorrência da ativação dos mecanismos de termorregulação corporal de seus habitantes.

## 5.2. Análise dos resultados obtidos através do Termo-higrômetro digital

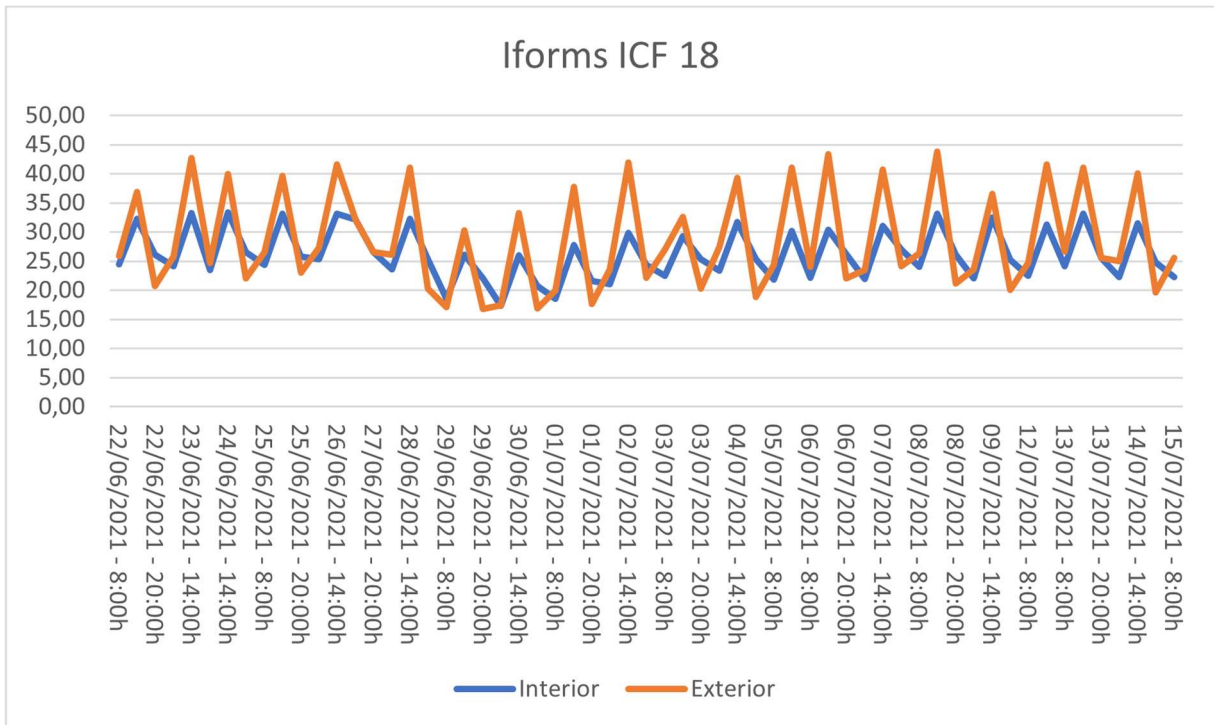
A segunda etapa desta análise se baseia nas aferições térmicas realizadas pelo termo-higrômetro digital, que por sua vez apresenta dados diferentes do termômetro digital infravermelho. A leitura do termômetro digital infravermelho apresenta dados da superfície das paredes, já o termo-higrômetro digital retrata a temperatura do ambiente construído e do ambiente externo, e, portanto, representa a condição térmica resultante de variáveis internas e externas, tais como: ventilação natural, umidade, design arquitetônico, capacidade de isolamento de seus materiais, dentro outros. Nesse contexto, foi possível gerar os gráficos das Figuras de 122 a 125 que representam a variação da temperatura externa e interna da edificação.

**Figura 122** – Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 1 (Tijolo deitado)



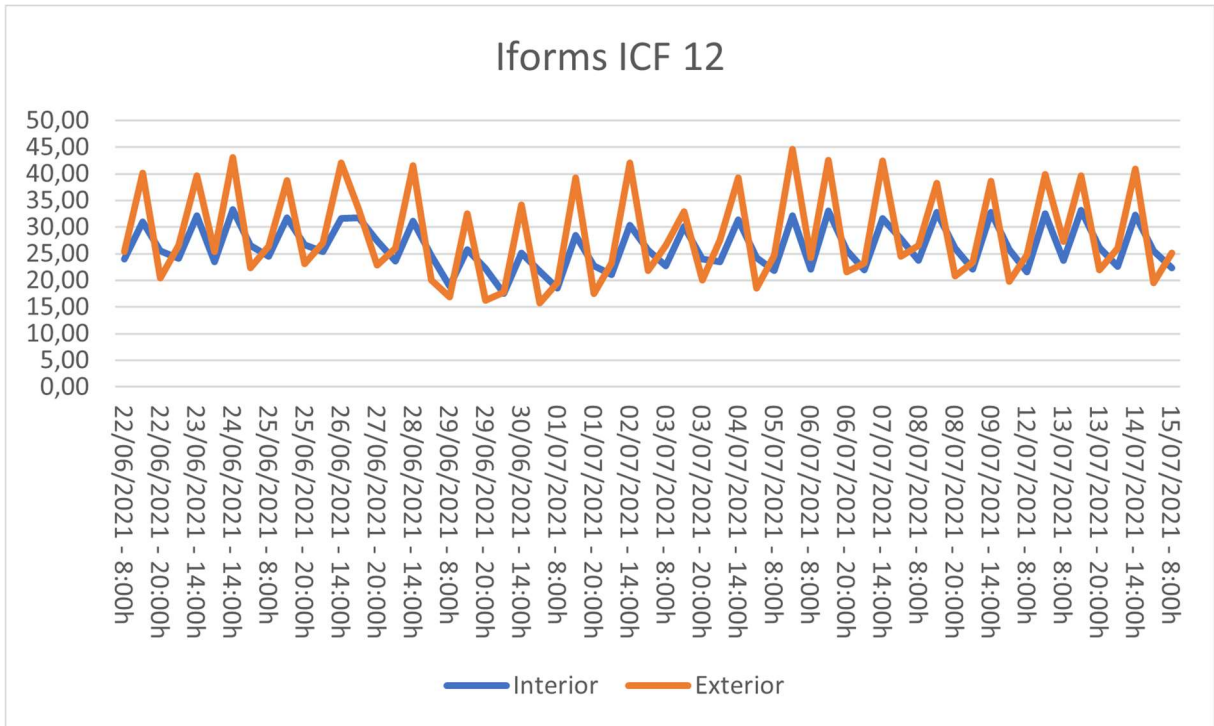
Fonte – Própria.

**Figura 123** – Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 2 (Ifirms ICF 18)



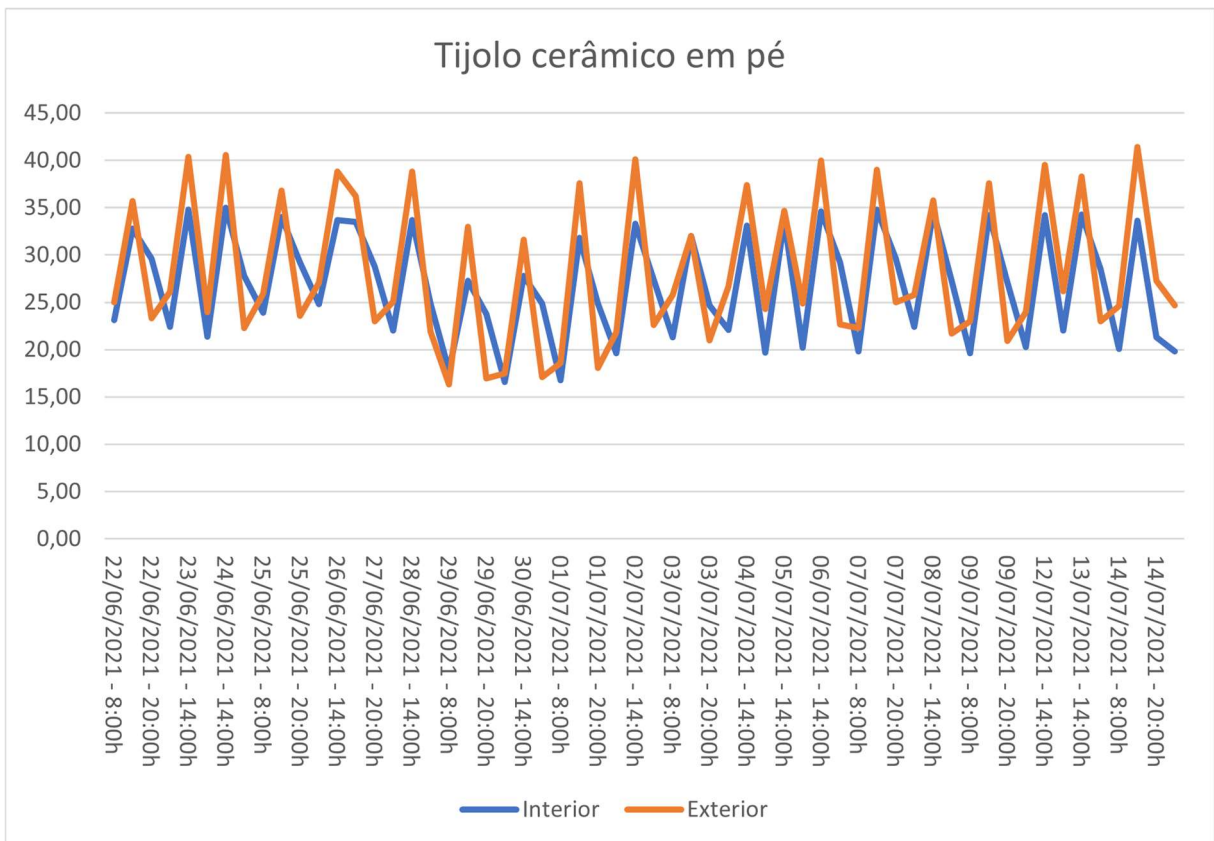
Fonte – Própria.

**Figura 124** – Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 3 (Iforms ICF 12)



Fonte – Própria.

**Figura 125** – Diferença de temperatura do ambiente interno e externo do protótipo 4 (Tijolo em pé)



Fonte – Própria.

Através do termo-higrômetro foi possível identificar a temperatura externa mais elevada para o período de aferição, conforme representado na Tabela 3.

**Tabela 3** – Temperaturas Externas máximas e temperaturas internas na mesma leitura

Item	Protótipo 1	Protótipo 2	Protótipo 3	Protótipo 4
Temp. Externa máxima	41,60°C	43,80°C	44,60°C	41,40°C
Temp. Interna na mesma leitura	32,90°C	33,10°C	32,10°C	33,60°C
<b>Diferença térmica</b>	<b>8,70°C</b>	<b>10,70°C</b>	<b>12,50°C</b>	<b>7,80°C</b>

Fonte – Própria.

Quando submetido a uma temperatura de 44,60°C no dia 05/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida) o protótipo 3 (Iforms ICF 12) demonstrou melhor capacidade de isolamento médio, com uma temperatura resultante interna de 32,10°C.

O protótipo 2 (Iforms ICF 18) apresentou o segundo melhor desempenho quando submetido a uma temperatura de 43,80°C no dia 08/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida) demonstrou a segunda melhor capacidade de isolamento, com uma temperatura resultante interna de 33,10°C.

O protótipo 1 (Tijolo deitado) apresentou o terceiro melhor desempenho quando submetido a uma temperatura de 41,60°C no dia 06/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida), com uma temperatura resultante interna de 32,90°C.

Ademais, o protótipo 4 (Tijolo em pé) apresentou o pior desempenho quando submetido a uma temperatura de 41,40°C no dia 14/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida), com uma temperatura resultante interna de 33,60°C.

Assim como na análise da primeira etapa, foi possível identificar através, do estudo dos gráficos das Figuras de 122 a 125, uma maior estabilidade térmica no interior das edificações executadas com o sistema construtivo ICF. Entretanto, um fator que também se destacou foi a elevada temperatura externa dos protótipos habitacionais com o sistema construtivo Insulated Concrete Forms, sendo esse um aspecto que pode representar uma influência negativa para o microclima onde a edificação está inserida.

### 5.3. Análise dos resultados obtidos através da Câmera termográfica compacta

A terceira etapa desta análise se baseia nas imagens registradas pela Câmera termográfica compacta. O objetivo do registro desse equipamento consiste em verificar a condição térmica externa dessas edificações inseridas em um mesmo contexto climático, e, assim, analisar o impacto da inserção dos materiais em um determinado microclima. Para tal, não foi possível obter um resultado suficientemente conclusivo, uma vez que seria necessário um maior aprofundamento em questões urbanísticas e microclimáticas. Ademais, foi possível em conjunção com as leituras dos demais equipamentos, realizar uma análise técnica acerca desse aspecto.

Ao analisar os registros da câmera termográfica compacta disponíveis nos Apêndices deste trabalho é possível identificar um padrão de reação térmica, em geral os protótipos que apresentaram um maior isolamento térmico em cada aferição apresentaram também uma temperatura superficial externa mais elevada através do termômetro a laser infravermelho e um registro de temperatura ambiental externa mais elevado através do termo-higrômetro digital. Tem-se como exemplo a situação a seguir que apresenta o desempenho na temperatura externa máxima registrada no período dos ensaios (44,60°C no dia 05/07/2021 às 14:00h).

Como mencionado anteriormente, essa temperatura ocorreu no protótipo 3 (Iforms ICF 12) através do termo-higrômetro digital, e apesar disso, demonstrou melhor capacidade de isolamento, com uma temperatura resultante interna de 32,10°C. Os dados dos registros nessa aferição podem ser confirmados na Tabela 4 e nas Figuras 126 e 127.

**Tabela 4** – Registros térmicos no dia 05/07/2021 às 14:00h

	Temperatura Externa	Temperatura Interna	Temperatura superficial externa (Sol da tarde)	Temperatura superficial interna (Sol da tarde)
Protótipo 1	41,60°C	32,90°C	52,90°C	33,50°C
Protótipo 2	43,80°C	33,10°C	58,60°C	28,00°C
Protótipo 3	44,60°C	32,10°C	59,10°C	28,90°C
Protótipo 4	41,40°C	33,60°C	54,80°C	35,20°C

Fonte – Própria.

**Figura 126** – Registro: 05/07/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 127** – Resultado: 05/07/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

Em uma primeira visualização nos protótipos da direita (construídos em ICF) na Figura 127 já fica evidente a elevada temperatura externa ao comparados com os protótipos construídos com o tijolo cerâmico. Esta leitura pode ser confirmada também pelos registros dos demais termômetros destacados na Tabela 4. Isso ocorre devido ao material isolante evitar a troca térmica entre as camadas externas e internas da parede, e conseqüentemente o reboco externo é submetido a um calor excessivo pela fadiga térmica, que por sua vez passa a demandar maior atenção nos processos executivos de modo a evitar impactos negativos através da dilatação excessiva do material (gerando trincas e fissuras) e até mesmo ao surgimento de fissuras de retração nas etapas de execução. Para tal, seria necessária uma pesquisa direcionada ao desempenho dos materiais de revestimentos externos neste sistema construtivo e em suas reações a diversas situações climáticas.

Através dessa leitura pode-se concluir que por mais que o sistema construtivo Insulated Concrete Forms apresenta uma capacidade de isolamento impressionante ao comparado com o sistema construtivo de tijolo cerâmico, o mesmo responde de maneira mais agressiva ao ambiente externo, e, portanto, demanda uma análise multisetorial e paramétrica por parte dos arquitetos e engenheiros que inserirem uma edificação com essas características, uma vez que ao elevar a temperatura externa, pode-se contribuir com a piora do microclima onde a mesma está inserida.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÕES**

#### **6.1. Considerações finais**

Este trabalho surgiu da necessidade de contribuir para a solução da problemática do desconforto térmico habitacional no Brasil por meio de uma pesquisa experimental na análise de um sistema construtivo apontado, possivelmente, como satisfatório no isolamento térmico em construções, que se inclui também neste contexto a forte demanda por produtos construtivos que atendam a um padrão mínimo de conforto e qualidade ambiental das edificações. Ademais, visou ainda estabelecer vários pontos que podem ser favoráveis à sociedade, tais como: i) campo habitacional: garantia de acesso à moradia de qualidade frente a problemática do déficit habitacional brasileiro; ii) campo ambiental: redução do gasto energético em habitações reduzindo o consumo de energia elétrica com climatização mecânica e, ainda, a redução da geração de resíduos de construção civil por tratar-se de um sistema industrializado; iii) campo econômico: custo-benefício a longo prazo alcançado mediante a redução do custo com energia elétrica em habitações, bem como com o processo de produção enxuto das edificações; iv) geração de trabalho e renda: a implementação desse sistema construtivo possibilita o surgimento de novas indústrias e produtos (ferramentas, insumos e projetos) que tornam-se oportunidades para jovens e adultos fazerem parte das atividades construtivas. Assim sendo, estar-se-á contribuindo para agregar valor à cadeia produtiva habitacional, colaborando com a melhoria no desempenho das moradias na região Norte de Mato Grosso e, com a política de incentivo para o desenvolvimento da pesquisa em ciência e tecnologia, oportunizando a aplicação do material em estudo.

#### **6.2. Com relação aos objetivos inicialmente lançados para esta dissertação**

a) A caracterização da formação do município de Guarantã do norte, o microclima da região e a peculiaridade da floresta Ombrófila, situado na Amazônia Meridional, correspondentes a área de estudo permitiu a parametrização da pesquisa, de modo a tornar-se referência para regiões com condições climáticas similares.

A indústria da construção civil do Norte mato-grossense, atualmente formada por pequenas e médias empresas, possui capacidade para implementar o sistema construtivo Insulated Concrete Forms, uma vez que existe matéria prima e mão de obra suficientemente adequada para tal processo, sendo assim, adequada para a produção em pequena e grande escala, proporcionando um elevado nível de produção.

b) Ao buscar estabelecer a importância do sistema construtivo Insulated Concrete Forms no sentido da sua utilização na habitação, no campo ambiental e econômico, e, na geração de trabalho, emprego e renda, e acima de tudo, em sua viabilidade técnica, foi possível verificar que há uma demanda expressiva de referencial teórico que afirma sua qualidade frente aos outros sistemas construtivos disponíveis no mercado. Ademais, tem-se como destaque o seu bom desempenho térmico com relação ao sistema construtivo de tijolo de vedação, e, portanto, mante-se como uma grande oportunidade de contribuição para com a indústria da construção civil.

c) A construção dos protótipos levando em consideração o uso dos materiais em ICF e em tijolo cerâmico, e o estudo do desempenho térmico nas paredes de fechamentos, destacou-se por sua similaridade no atendimento a uma mesma proposta arquitetônica, na qual não foi necessária uma mão de obra especializada para a execução dos protótipos. Além disso o sistema construtivo ICF apresentou uma grande diferença de desempenho térmico ao comparado com o sistema construtivo de tijolo cerâmico.

d) Ao analisar os protótipos por intermédio das leituras das temperaturas do ambiente interno e externo na região de estudo, a fim de comparar o sistema Insulated Concrete Forms e o sistema construtivo convencional de tijolo cerâmico de 6 furos, desenvolvendo o comportamento térmico foi possível chegar as seguintes conclusões:

O sistema construtivo Insulated Concrete Forms apresentou um desempenho térmico superior ao sistema construtivo convencional de construção com tijolo cerâmico. Através dos dados obtidos nessa pesquisa foi possível verificar que o sistema ICF permitiu a seus protótipos construtivos manter uma temperatura mais estável em seu interior ao longo do dia, e, portanto, demonstrou uma excelente capacidade de conservação de temperatura ambiental. Nesse sentido, pode-se afirmar que além de bom isolante térmico, o sistema ICF conserva a temperatura interna de modo a, quando demandado, poderá conservar situações climáticas obtidas de maneira mecanizada no ambiente. Em outras palavras, o sistema construtivo realiza uma função de “caixa térmica”, em que, caso necessário, pode ser considerado como uma boa oportunidade para construções industriais e comerciais, tais como: câmaras de conservação de sementes agrícolas, câmaras frias e até mesmo saunas de relaxamento, indubitavelmente, devido à sua eficiência pode variar ao ser submetido nesses contextos, sendo assim, far-se-ia seria necessário um estudo específico para tais condições.

A aferição realizada através do termômetro laser infravermelho apresentou um resultado demasiadamente satisfatório, de tal modo que o sistema construtivo ICF apresentou menor transmitância térmica em suas camadas ao comparado com o tijolo cerâmico, tendo como

destaque o protótipo executado em ICF Iforms 18, que por possuir camadas mais espessas tornou-se mais eficaz nesse quesito. Essa aferição em especial tem sua importância por caracterizar o desempenho do material em uma situação cotidiana, e pode ser conclusivo como a melhoria de um dos inúmeros fatores que afetam o desempenho de uma edificação: transmitância térmica das alvenarias.

Nesse âmbito, é válido lembrar que o sistema construtivo ICF apresenta-se como possível solução de um dos problemas relacionados ao desconforto habitacional, e, portanto, cabe ao profissional responsável pelo projeto da habitação avaliar as variáveis externas e internas que interferem na qualidade do empreendimento, tais como: ventilação natural, clima, dimensões, quantidade de habitantes, equipamentos em funcionamento na edificação, dentre outros.

Seria erroneamente concludente a afirmação de que o sistema ICF apresentou danos ao microclima inserido nessa pesquisa, entretanto através dos registros obtidos pela câmera termográfica compacta e dos dados apresentados na terceira etapa de análise do capítulo 5, foi possível identificar que os dois protótipos construídos com esse material elevaram a temperatura ambiental externa, e, portanto, atenta-se para os impactos que uma edificação com esse sistema pode causar dentro de uma cidade. Notoriamente, seria necessária uma análise específica dessa intervenção climática em edificações de pequeno, médio e grande porte dentro dos diversos microclimas urbanos. Além disso, cabe destacar que essa leitura pode representar a possibilidade de elevação da temperatura da primeira camada de reboco do material, o que pode se tornar uma dificuldade de implementação quando não considerada na definição do traço da argamassa e da sua aplicação, provocando assim trincas e fissuras de dilatação, bem como de retração do material.

Em síntese, no que se refere ao objetivo geral dessa pesquisa de comparar o sistema construtivo Insulated Concrete Forms com o sistema construtivo de tijolo cerâmico em aspectos de desempenho térmico, foi possível concluir que o sistema ICF destacou-se por sua excelente capacidade de isolamento térmico e conservação de temperatura no ambiente interno, e, portanto, beneficia uma população que tanto almeja a sua moradia com níveis aceitáveis de conforto.

Conclui-se pelo estudo dessa dissertação que vários são os desafios impostos à gestão da política habitacional no Estado de Mato Grosso e no Brasil, ao meio acadêmico na produção de estudos e referenciais normativos acerca desse material, e à indústria da construção civil em sua implementação. Tais desafios exigem ações rápidas, continuadas e permanentes, articulando diferentes níveis da administração pública, seja federal, estadual e municipal, e também a participação da sociedade, centros de pesquisa e universidades. Assim, o sistema

construtivo proposto nessa dissertação deve motivar a todos os que têm um papel a desempenhar na questão habitacional, que se engajam com sua especificidade numa estratégia de busca, num prazo, ainda que longo, de garantir moradia digna para todos os brasileiros.

### **6.3. Recomendações**

Com base nos resultados e nas conclusões da presente dissertação, como forma de dar continuidade na busca pela implementação definitiva do sistema construtivo do Insulated Concrete Forms, sugerem-se os seguintes estudos:

#### **6.3.1. Repetição do estudo em outras regiões**

A realização desse mesmo ensaio e (ou) similar a este em diferentes regiões pode ampliar os dados referentes a eficiência térmica desse sistema construtivo quando sujeito a diferentes níveis de temperatura e umidade.

#### **6.3.2. Análise do processo de execução do sistema construtivo visando produtividade e sustentabilidade**

Analisar os processos necessários para a execução desse sistema construtivo pode destacar suas vantagens e desvantagens em aspectos de produtividade, segurança e praticidade. Além disso, essa análise pode proporcionar dados referentes à geração de resíduos sólidos de construção, e assim, identificar o nível de impacto ambiental dessa técnica construtiva.

#### **6.3.3. Análise do desempenho acústico do sistema construtivo**

Os critérios de desempenho desse material devem apresentar adequado isolamento acústico das edificações em relação ao ruído externo ou ao ruído interno produzido em recinto adjacente, inclusive o ruído proveniente de habitação geminada, ruídos sonoros e hidráulicos, a fim de que sejam satisfeitas as exigências mínimas do usuário relativas à privacidade e necessidade de silêncio para o repouso noturno, como também, o descanso e lazer da família.

#### **6.3.4. Análise do desempenho estrutural do sistema construtivo**

Verificar a resistência das edificações construídas com o sistema construtivo ICF mediante aos diversos fatores externos e internos que podem gerar danos estruturais. Nesse contexto, confirmar sua capacidade de atendimento as condições de desempenho mínimas que uma edificação deve oferecer.

### **6.3.5. Análise da inserção do sistema construtivo no meio urbano**

Aprofundar os estudos dos efeitos da inserção de uma edificação executada com esse sistema construtivo dentro do meio urbano, visando aspectos microclimáticos, com foco na saúde dos moradores e da população circundante a essa edificação.

### **6.3.6. Identificação das possíveis patologias do sistema construtivo**

Assim como todo sistema construtivo, o sistema Insulated Concrete Forms pode possuir patologias provenientes do processo executivo e até mesmo da falta de ferramentas e insumos específicos. Sendo assim, torna-se relevante identificar essas patologias e propor ou sugerir soluções, a fim de contribuir com a sua correta implementação.

### **6.3.7. Estudo da viabilidade econômica**

Aprofundar os estudos de viabilidade econômica do sistema construtivo adotado em função da comercialização dos seus componentes, montagem e custos de unidade de produção (empreendimento imobiliário) com os seus equipamentos e mão-de-obra profissional.

## 7. REFERÊNCIAS

ABRAIN/FGV/IBGE. **Déficit habitacional é recorde no Brasil**. 2015. Disponível em: <<https://exame.com/brasil/deficit-habitacional-e-recorde-no-brasil/>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ADDIS, Bill. **Reuso de materiais e elementos de construção**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

AGUILAR, Maria Teresa Paulino, et al. **O Reuso de materiais de construção: a experiência de Uberlândia**. 15º Concurso Falcão Bauer, 2008.

ARXX REDEFININDO CONSTRUÇÃO. **Método construtivo ARXX ICF**. Disponível em: <<https://site.arxx.com.br/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais**, 2013

ALVARES, C.A., *et.al.* **Climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AVESANI NETO, José Orlando. **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARROS, A.H.C., *et.al.* **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.211. Recife: Embrapa Solos, 2012.

BARROS, Michell da Silva, *et.al.* **Desenvolvimento de painéis sanduíches com núcleo de EPS e placas de face cimentícias como sistema de tecnologia construtiva para casas populares**, em Manaus. 2019.

BEZERRA, L. A. C. **Análise de desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. Dissertação de mestrado em engenharia mecânica – Universidade federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal, 2003

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

CAFFONE LIMA, Eugênio. **Guarantã do Norte-MT: registros incautos**. Vox Editora, São Paulo, 2017.

CANUTO, Antônio. **Agronegócio: a modernização conservadora que gera exclusão pela produtividade**. Revista Nera, n. 5, p. 1-12, 2012.

CASTRO, Sueli Pereira, *et.al.* **A colonização oficial em Mato Grosso: “a nata e a borra da sociedade”**. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 1994.

DA SILVA SAMPAIO, Marcelly, *et.al.* **Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite**. 2011.

DE AVILA, Silvia Regina Starling Assad, *et.al.* **Estudo exploratório sobre dinâmica do desmatamento em assentamentos localizados no território portal da Amazônia. Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 1, p. 139-152, 2019.

DE FARIAS, Adriana Salete Dantas, *et.al.* **Contribuições de eco-inovações para a gestão ambiental de atividades produtivas em um empreendimento da construção civil**. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, v. 9, p. 102-120, 2016.

DE SOUZA, Reginaldo José; DE FARIA LINDO, Paula Vanessa. **Integração econômica da Amazônia no contexto de um Brasil dual: do ciclo da borracha à implantação da rodovia BR-163**. Formação (Online), v. 1, n. 16, 2009.

DUALIBI, Jackson Antonio da Silva, *et.al.* **Arquiteto Joan Villà: a construção da cerâmica armada**. 2013.

ECONIT CONSULTORIA. **Econômica habitação mato grosso**. Disponível em: <<https://www.matogrossoeconomico.com.br/agronegocio-e-industria/mato-grosso-tem-eficit-habitacional-de-109-652-moradias-segundo-pesquisa/>>. Acesso em: 03 de maio 2021.

FORNI, Daniel, *et.al.* **Custos de lajes formadas por vigotas treliçadas considerando a produção, o transporte, a montagem e a concretagem**. 2005.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2013.

FÜHR, Andréia Grasiela. **Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em eps e com blocos cerâmicos**. 2017.

GONÇALVES, Ana Maria. **Educação católica em Goiás: as irmãs dominicanas de Nossa Senhora do Santíssimo Rosário de Monteils**. Poíesis Pedagógica, v. 12, n. 2, p. 45-60, 2014.

GONÇALVES, R. R. **O Déficit Habitacional Brasileiro: Um mapeamento por unidades da Federação e por níveis de renda domiciliar**. Texto para discussão nº 559 Rio de Janeiro, abril de 1998, Diretoria de Pesquisa do IPEA.

IBGE-BDIA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Banco de Dados de Informações Ambientais. **Vegetação**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#!/consulta/vegetacao>>. Acesso: 17 nov. 2021.

IBGE. **Guarantã do Norte**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/guaranta-do-norte/panorama>>. Acesso em: 10/10/2021.

ICF CONSTRUTORA. **Vantagens de construir com Iforms ICF**. Disponível em: <<https://icfconstrutora.com.br/>>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

IFMT, Campus Avançado de Guarantã do Norte. **Histórico**. Disponível em: <<https://gta.ifmt.edu.br/conteudo/pagina/gta-historico/>>. Acesso em: 11/11/2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Gráficos Climatológicas (1981/2010)**. Matupá - MT, 2021.

ISOCRET DO BRASIL. **Formas do Sistema Construtivo Inteligente Isocret-ICF**. Disponível em: <<https://isocret.com.br/formas.html>>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

KOTTEK, Markus, *et.al*. **World map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. 2006.

LEÃO, E.B. **Carta Bioclimática de Cuiabá, Mato grosso**. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

LIMA, Sandovânio Ferreira et al. **Um estudo sobre a utilização de eps para aterro sobre solos moles**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 5, n. 2, p. 329, 2019.

MESQUITA, Benjamin Alvino de. **Demanda por alimentos e as conseqüências na Amazônia brasileira “sucesso” do agronegócio e tragédia do desmatamento**. 12<sup>a</sup> Encuentro de Geógrafos de América Latina; Montevideú, Uruguai, 2009.

MOHAMMED1&2, A.; DUSICKA, P. **Shake table evaluation of screen grid core insulated concrete form walls**. 2018.

NÉDÉLEC, Vincent, *et.al.* **Evolução da ocupação do solo nos Projetos de Assentamento Conjunto (PAC) no Mato Grosso.** In: XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2005. p. 643-645.

NUDURA. **Project Applications.** Disponível em: <<https://www.nudura.com/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

OLECK, R. F.; HABEL, A. C.; HERRIT, D. W. **Insulated Concrete Forms (ICF) as blast-resistant barriers.** In: Structures Congress 2012. 2012. p. 35-45.

OZÓRIO, Bianca Pereira Moreira. **Concreto leve com pérolas de EPS: estudo de dosagens e de características mecânicas.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

PONDER, Rebecca L. **An analysis of insulated concrete forms for use in sustainable military construction.** 2014.

PRANTE, Frank; HENDERSON, Mitch. **Insulated concrete forms, insulating cement, and related articles produced therefrom.** U.S. Patent Application n. 15/823,578, 7 jun. 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **IDH.** Disponível em: < <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2022.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo: Projeto, 2ª ed. 2000.

RUXANDRA, Crutescu. **Insulated Concrete Forms as Thermal Envelope Used for the Romanian Passive Office Building in Bragadiru-IIfov.** International Journal of Education and Learning Systems, v. 2, 2017.

SANTANA, Murillo Rodrigues Cappelle, *et.al.* **Estudo de paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 16568-16586, 2020.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. **Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de mato grosso.** Nativa, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. DOI: 10.31413/nativa.v1i1.1334. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1334>. Acesso em: 9 nov. 2021.

TAMIOSSO, Larissa Seminoti, *et.al.* **Caracterização acústica de telhas sanduíche ou compostas e seus componentes: estudo de caso.** 2017.

TESSARI, Janaina, *et.al.* **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil.** 2006.

THERMODUL SYSTEM. **Especificações técnicas do sistema Thermodul.** Disponível em: <http://www.thermodulsystem.de/>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

VIEIRA, C. M. F.; DE HOLANDA, J. N. F.; PINATTI, D. G. **Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes-RJ.** Cerâmica, v. 46, p. 14-17, 2000.

## **APÊNDICES**

### **RESULTADOS DOS ENSAIOS NOS PROTÓTIPOS HABITACIONAIS**

Tabela 5 – Medição térmica 22/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
22/06/2021	Leste exterior	08:00	38,50	38,10	46,40	47,30
		14:00	35,90	35,10	36,20	35,30
		20:00	21,70	24,00	17,70	18,20
	Leste interior	08:00	25,00	25,00	22,70	33,10
		14:00	35,20	32,90	30,60	30,40
		20:00	26,90	29,90	24,50	25,30
	Oeste exterior	08:00	23,50	25,60	26,00	25,70
		14:00	50,60	42,30	53,90	47,40
		20:00	24,00	25,40	18,10	19,10
	Oeste Interior	08:00	22,30	23,80	22,70	25,60
		14:00	34,80	32,00	23,60	30,30
		20:00	29,10	32,10	24,60	25,30
	Termohigrometro – Interior	08:00	22,10	23,10	24,00	24,50
		14:00	33,40	32,80	31,00	32,30
		20:00	27,80	29,60	25,50	26,10
	Termohigrometro – Exterior	08:00	24,80	25,00	25,40	25,90
		14:00	39,60	35,70	40,10	36,90
		20:00	20,80	23,30	20,50	20,70

Tabela 6 – Medição térmica 23/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
23/06/2021	Leste exterior	08:00	42,00	45,40	51,80	52,00
		14:00	38,50	37,30	37,80	38,30
		20:00	-	-	-	-
	Leste interior	08:00	25,70	27,60	24,10	26,20
		14:00	35,90	36,40	31,90	32,50
		20:00	-	-	-	-
	Oeste exterior	08:00	26,70	26,50	27,30	26,20
		14:00	52,00	48,10	53,20	54,90
		20:00	-	-	-	-
	Oeste Interior	08:00	24,10	24,50	24,40	25,30
		14:00	33,80	36,40	31,50	31,80
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro - Interior	08:00	23,10	22,40	24,10	24,10
		14:00	33,70	34,80	32,10	33,30
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro - Exterior	08:00	26,00	26,10	26,50	25,80
		14:00	40,30	40,40	39,70	42,70
		20:00	-	-	-	-

Tabela 7 – Medição térmica 24/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
24/06/2021	Leste exterior	08:00	44,10	44,70	53,50	51,40
		14:00	38,10	38,70	36,20	37,00
		20:00	24,40	23,70	20,50	20,30
	Leste interior	08:00	25,20	25,50	24,50	24,20
		14:00	36,10	36,40	32,30	32,60
		20:00	29,50	28,00	26,60	26,70
	Oeste exterior	08:00	26,10	25,80	26,90	23,30
		14:00	52,70	52,60	57,00	54,00
		20:00	26,50	26,40	21,10	21,00
	Oeste Interior	08:00	24,70	23,70	24,70	24,50
		14:00	34,10	36,00	31,40	31,40
		20:00	31,60	30,60	26,70	26,90
	Termohigrometro – Interior	08:00	22,50	21,40	23,50	23,50
		14:00	33,70	35,00	33,30	33,40
		20:00	29,10	27,80	26,50	26,60
	Termohigrometro – Exterior	08:00	24,30	24,00	25,40	24,70
		14:00	40,30	40,60	43,10	40,00
		20:00	24,30	22,30	22,30	22,00

Tabela 8 – Medição térmica 25/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
25/06/2021	Leste exterior	08:00	42,20	42,50	48,20	47,90
		14:00	35,00	37,10	39,90	40,30
		20:00	25,00	24,00	20,90	20,60
	Leste interior	08:00	25,90	26,70	23,90	24,80
		14:00	34,10	34,50	33,80	34,10
		20:00	30,40	28,10	25,50	24,90
	Oeste exterior	08:00	28,50	27,40	26,20	24,70
		14:00	47,60	48,10	52,30	-
		20:00	27,30	26,30	21,20	21,50
	Oeste Interior	08:00	25,80	25,00	23,80	25,00
		14:00	33,10	34,20	32,80	32,00
		20:00	32,30	30,60	25,90	25,00
	Termohigrometro – Interior	08:00	23,70	23,90	24,50	24,40
		14:00	33,30	34,00	31,80	33,10
		20:00	30,80	29,20	26,70	25,80
	Termohigrometro – Exterior	08:00	25,80	25,90	26,40	26,50
		14:00	38,50	36,80	38,80	39,60
		20:00	25,00	23,60	23,10	23,00

Tabela 9 – Medição térmica 26/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
26/06/2021	Leste exterior	08:00	40,00	38,70	39,60	39,10
		14:00	38,60	36,90	37,60	39,10
		20:00	-	-	-	-
	Leste interior	08:00	26,40	27,00	25,30	34,00
		14:00	34,40	35,50	31,60	32,30
		20:00	-	-	-	-
	Oeste exterior	08:00	30,20	30,50	28,40	27,70
		14:00	48,40	49,30	54,40	51,60
		20:00	-	-	-	-
	Oeste Interior	08:00	26,70	27,50	25,50	27,00
		14:00	34,33	35,30	31,80	33,70
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Interior	08:00	24,10	24,80	25,40	25,30
		14:00	33,10	33,70	31,60	33,10
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Exterior	08:00	27,00	27,10	27,00	27,30
		14:00	39,30	38,80	42,00	41,60
		20:00	-	-	-	-

Tabela 10 – Medição térmica 27/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
27/06/2021	Leste exterior	08:00	-	-	-	-
		14:00	37,40	35,80	34,60	34,60
		20:00	24,80	23,80	21,00	21,90
	Leste interior	08:00	-	-	-	-
		14:00	33,80	35,60	31,00	30,30
		20:00	29,60	28,40	26,50	27,30
	Oeste exterior	08:00	-	-	-	-
		14:00	48,00	42,60	44,50	51,60
		20:00	26,60	26,60	21,00	22,60
	Oeste Interior	08:00	-	-	-	-
		14:00	33,20	35,90	31,10	29,70
		20:00	31,20	30,70	26,60	27,30
	Termohigrometro – Interior	08:00	-	-	-	-
		14:00	32,80	33,50	31,70	32,10
		20:00	28,80	28,80	27,40	26,60
	Termohigrometro – Exterior	08:00	-	-	-	-
		14:00	39,90	36,20	33,30	32,10
		20:00	24,60	23,00	22,90	26,60

Tabela 11 – Medição térmica 28/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
28/06/2021	Leste exterior	08:00	48,20	44,40	51,90	53,70
		14:00	34,50	35,00	37,40	35,20
		20:00	22,60	21,10	17,90	18,00
	Leste interior	08:00	26,50	26,20	23,70	25,20
		14:00	32,10	34,30	30,60	31,70
		20:00	27,50	25,30	23,70	25,50
	Oeste exterior	08:00	28,30	24,80	26,30	25,60
		14:00	48,90	52,50	57,90	53,30
		20:00	24,00	23,10	18,00	19,10
	Oeste Interior	08:00	25,90	23,50	23,60	25,20
		14:00	31,20	33,90	29,10	30,00
		20:00	29,10	26,90	23,70	25,30
	Termohigrometro – Interior	08:00	22,66	22,00	23,60	23,60
		14:00	32,50	33,70	31,10	32,30
		20:00	26,20	24,90	24,60	25,30
	Termohigrometro – Exterior	08:00	25,20	25,10	26,00	26,10
		14:00	39,00	38,80	41,60	41,00
		20:00	22,50	21,90	20,10	20,30

Tabela 12 – Medição térmica 29/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
29/06/2021	Leste exterior	08:00	20,00	19,60	21,00	21,00
		14:00	27,80	29,00	30,20	30,00
		20:00	18,30	16,70	13,60	15,20
	Leste interior	08:00	19,80	22,80	19,70	19,10
		14:00	25,70	27,80	25,60	26,40
		20:00	24,40	22,30	20,80	21,00
	Oeste exterior	08:00	19,60	18,40	19,10	19,50
		14:00	44,20	47,00	54,40	50,50
		20:00	21,10	19,30	14,20	14,60
	Oeste Interior	08:00	19,70	16,80	19,10	20,00
		14:00	24,80	27,70	25,20	24,50
		20:00	26,30	24,20	21,00	21,50
	Termohigrometro – Interior	08:00	18,40	17,80	18,90	18,50
		14:00	26,30	27,30	25,80	26,10
		20:00	24,10	23,80	22,20	22,00
	Termohigrometro – Exterior	08:00	16,70	16,30	16,90	17,10
		14:00	33,80	33,00	32,50	30,30
		20:00	18,90	17,00	16,30	16,80

Tabela 13 – Medição térmica 30/06/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
30/06/2021	Leste exterior	08:00	35,60	35,60	41,00	42,40
		14:00	30,70	32,20	36,30	34,00
		20:00	17,30	17,50	14,10	13,10
	Leste interior	08:00	18,40	20,30	18,00	19,70
		14:00	31,00	31,00	30,00	28,90
		20:00	22,90	23,30	21,30	20,10
	Oeste exterior	08:00	17,60	19,60	18,20	20,70
		14:00	48,40	48,30	52,60	55,90
		20:00	19,30	20,90	14,40	13,50
	Oeste Interior	08:00	17,60	17,80	17,90	20,00
		14:00	31,40	31,90	29,00	29,00
		20:00	25,30	25,70	21,40	20,20
	Termohigrometro – Interior	08:00	16,80	16,60	17,50	17,30
		14:00	26,40	27,80	25,10	26,00
		20:00	24,80	24,90	21,70	20,70
	Termohigrometro – Exterior	08:00	17,50	17,50	17,80	17,40
		14:00	32,50	31,60	34,20	33,30
		20:00	18,40	17,10	15,80	16,90

Tabela 14 – Medição térmica 01/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
01/07/2021	Leste exterior	08:00	42,70	44,60	50,80	50,00
		14:00	34,60	36,40	35,10	32,80
		20:00	20,00	19,40	16,80	15,40
	Leste interior	08:00	16,40	19,30	18,10	17,10
		14:00	33,80	34,40	30,20	27,70
		20:00	25,20	23,50	22,90	20,70
	Oeste exterior	08:00	16,90	17,50	21,40	20,20
		14:00	51,04	53,60	59,50	55,50
		20:00	21,90	21,70	16,90	16,10
	Oeste Interior	08:00	14,80	14,70	17,90	16,60
		14:00	32,30	35,10	30,90	27,80
		20:00	26,80	25,30	23,20	20,70
	Termohigrometro – Interior	08:00	17,50	16,80	18,50	18,50
		14:00	30,20	31,80	28,50	27,80
		20:00	25,10	24,90	22,70	21,60
	Termohigrometro – Exterior	08:00	19,60	18,60	19,50	20,00
		14:00	38,80	37,60	39,30	37,80
		20:00	19,20	18,10	17,50	17,60

Tabela 15 – Medição térmica 02/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
02/07/2021	Leste exterior	08:00	45,20	46,30	50,00	53,20
		14:00	54,10	40,20	40,20	37,90
		20:00	23,70	23,30	21,10	20,60
	Leste interior	08:00	19,40	22,40	21,00	21,10
		14:00	40,80	39,40	34,30	29,80
		20:00	30,20	28,00	26,00	25,00
	Oeste exterior	08:00	20,60	22,10	25,10	-
		14:00	39,50	53,70	59,60	22,20
		20:00	25,40	24,90	20,90	55,30
	Oeste Interior	08:00	17,70	18,60	21,10	20,00
		14:00	38,70	39,20	33,60	29,80
		20:00	30,60	29,50	26,20	25,10
	Termohigrometro – Interior	08:00	20,60	19,60	21,10	21,10
		14:00	32,20	33,30	30,30	29,80
		20:00	29,00	27,40	25,60	24,40
	Termohigrometro – Exterior	08:00	22,50	21,80	23,30	23,60
		14:00	39,10	40,10	42,10	41,90
		20:00	23,60	22,60	21,80	22,10

Tabela 16 – Medição térmica 03/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
03/07/2021	Leste exterior	08:00	42,70	42,50	49,50	50,00
		14:00	34,30	34,40	33,80	33,30
		20:00	23,90	22,20	18,70	19,50
	Leste interior	08:00	22,40	22,40	22,90	24,10
		14:00	31,80	32,90	28,70	27,80
		20:00	32,80	26,30	29,80	25,80
	Oeste exterior	08:00	26,90	25,80	27,20	29,30
		14:00	34,80	36,00	37,20	36,80
		20:00	25,60	24,80	18,60	19,90
	Oeste Interior	08:00	21,90	20,10	22,30	24,10
		14:00	30,30	31,70	28,10	27,80
		20:00	31,50	28,30	24,10	26,00
	Termohigrometro – Interior	08:00	22,00	21,30	22,70	22,50
		14:00	31,10	32,00	30,10	29,30
		20:00	28,00	24,70	24,00	25,30
	Termohigrometro – Exterior	08:00	25,90	25,80	26,50	27,00
		14:00	32,70	32,00	32,90	32,60
		20:00	22,30	21,00	20,10	20,30

Tabela 17 – Medição térmica 04/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
04/07/2021	Leste exterior	08:00	43,20	47,30	53,30	53,40
		14:00	35,80	33,80	35,80	36,00
		20:00	21,00	20,30	16,10	17,40
	Leste interior	08:00	22,80	25,40	24,00	28,40
		14:00	33,00	33,70	29,90	31,50
		20:00	27,70	25,00	22,60	25,80
	Oeste exterior	08:00	25,30	24,10	27,60	26,30
		14:00	50,80	51,90	58,00	56,50
		20:00	23,80	23,20	16,10	18,30
	Oeste Interior	08:00	21,90	21,50	23,60	23,90
		14:00	31,70	33,90	29,10	30,30
		20:00	30,30	27,60	22,90	25,80
	Termohigrometro – Interior	08:00	22,60	22,10	23,50	23,40
		14:00	32,20	33,10	31,40	31,70
		20:00	28,30	-	24,30	25,30
	Termohigrometro – Exterior	08:00	27,90	26,70	27,50	27,40
		14:00	37,50	37,40	39,20	39,30
		20:00	21,00	-	18,50	18,90

Tabela 18 – Medição térmica 05/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
05/07/2021	Leste exterior	08:00	40,40	45,10	51,30	52,10
		14:00	36,30	34,40	34,00	33,90
		20:00	-	-	-	-
	Leste interior	08:00	21,70	22,70	21,20	22,20
		14:00	33,10	34,00	30,30	28,60
		20:00	-	-	-	-
	Oeste exterior	08:00	24,20	22,70	23,60	21,60
		14:00	52,90	54,80	59,10	58,60
		20:00	-	-	-	-
	Oeste Interior	08:00	20,90	19,70	21,10	22,20
		14:00	33,50	35,20	28,90	28,00
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Interior	08:00	20,80	19,70	21,80	21,80
		14:00	32,50	33,70	32,10	30,20
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Exterior	08:00	24,30	24,30	24,60	24,40
		14:00	40,20	34,70	44,60	41,10
		20:00	-	-	-	-

Tabela 19 – Medição térmica 06/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
06/07/2021	Leste exterior	08:00	44,40	45,20	50,80	52,50
		14:00	37,00	40,10	38,20	36,00
		20:00	24,20	23,50	19,90	20,00
	Leste interior	08:00	23,60	23,70	22,60	23,50
		14:00	33,70	35,00	32,00	28,90
		20:00	30,70	28,90	25,00	26,40
	Oeste exterior	08:00	25,30	23,90	25,40	24,00
		14:00	51,50	56,30	57,80	57,50
		20:00	27,20	27,30	19,80	20,90
	Oeste Interior	08:00	23,20	21,40	22,40	23,60
		14:00	31,30	34,40	31,20	27,30
		20:00	33,30	31,90	25,20	26,90
	Termohigrometro – Interior	08:00	21,30	20,20	22,10	22,10
		14:00	32,90	34,60	33,00	30,40
		20:00	30,60	29,20	25,60	26,20
	Termohigrometro – Exterior	08:00	24,10	24,90	24,20	24,00
		14:00	41,60	40,00	42,60	43,40
		20:00	24,40	22,70	21,60	22,00

Tabela 20 – Medição térmica 07/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
07/07/2021	Leste exterior	08:00	40,70	40,70	49,10	52,00
		14:00	40,20	38,00	38,60	36,80
		20:00	26,10	25,30	23,30	22,50
	Leste interior	08:00	22,30	22,70	23,10	23,10
		14:00	35,80	38,40	33,60	30,60
		20:00	30,70	29,00	27,60	26,30
	Oeste exterior	08:00	23,20	23,60	24,40	24,50
		14:00	53,20	51,30	58,50	55,50
		20:00	27,80	27,60	23,20	22,90
	Oeste Interior	08:00	21,60	20,40	22,70	22,70
		14:00	34,80	37,70	32,00	30,30
		20:00	32,30	31,00	27,80	26,30
	Termohigrometro – Interior	08:00	21,40	19,80	22,00	21,90
		14:00	33,40	34,80	31,60	31,10
		20:00	30,60	29,60	27,80	27,00
	Termohigrometro – Exterior	08:00	22,90	22,30	23,30	23,50
		14:00	39,30	39,00	42,50	40,70
		20:00	25,70	25,00	24,50	24,10

Tabela 21 – Medição térmica 08/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
08/07/2021	Leste exterior	08:00	45,40	46,20	51,00	54,30
		14:00	40,10	36,40	36,40	37,60
		20:00	23,10	22,30	20,20	18,18
	Leste interior	08:00	24,30	26,90	24,60	25,40
		14:00	35,30	35,70	31,80	32,70
		20:00	27,60	27,00	26,40	25,50
	Oeste exterior	08:00	23,90	25,20	27,40	26,40
		14:00	56,80	49,20	55,60	63,60
		20:00	24,10	23,30	19,50	18,90
	Oeste Interior	08:00	22,60	22,00	23,90	24,00
		14:00	33,90	36,00	31,30	32,70
		20:00	28,40	28,50	26,30	25,50
	Termohigrometro – Interior	08:00	23,00	22,40	23,80	24,00
		14:00	33,70	34,60	32,80	33,10
		20:00	26,40	27,30	26,10	26,10
	Termohigrometro – Exterior	08:00	25,80	25,80	26,50	26,30
		14:00	40,30	35,80	38,20	43,80
		20:00	23,10	21,70	20,80	21,20

Tabela 22 – Medição térmica 09/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
09/07/2021	Leste exterior	08:00	37,50	39,00	44,40	45,60
		14:00	35,40	36,10	35,70	34,30
		20:00	22,80	21,80	19,30	19,20
	Leste interior	08:00	19,40	20,40	20,50	21,60
		14:00	33,40	34,50	31,20	30,40
		20:00	28,60	28,70	25,80	25,90
	Oeste exterior	08:00	20,20	20,90	21,30	20,80
		14:00	45,40	49,20	55,60	51,10
		20:00	24,60	24,60	18,90	20,80
	Oeste Interior	08:00	18,70	18,60	20,50	21,90
		14:00	32,30	34,30	30,70	30,30
		20:00	30,20	29,70	25,80	26,10
	Termohigrometro – Interior	08:00	20,30	19,60	22,10	22,00
		14:00	33,50	34,20	32,80	32,50
		20:00	26,40	27,10	25,80	25,20
	Termohigrometro – Exterior	08:00	23,10	23,00	23,40	23,60
		14:00	36,60	37,60	38,60	36,50
		20:00	21,40	20,90	19,80	20,10

Tabela 23 – Medição térmica 12/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
12/07/2021	Leste exterior	08:00	43,00	43,50	52,40	52,50
		14:00	36,50	36,40	35,10	36,50
		20:00	-	-	-	-
	Leste interior	08:00	21,00	21,50	22,20	23,80
		14:00	35,20	34,90	30,00	31,40
		20:00	-	-	-	-
	Oeste exterior	08:00	22,50	23,30	24,80	24,30
		14:00	49,90	53,50	55,30	56,50
		20:00	-	-	-	-
	Oeste Interior	08:00	22,50	23,30	24,80	24,30
		14:00	49,90	53,50	55,30	56,50
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Interior	08:00	21,80	20,30	21,60	22,50
		14:00	33,40	34,20	32,50	31,30
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Exterior	08:00	24,00	24,00	24,80	24,70
		14:00	40,50	39,50	39,90	41,60
		20:00	-	-	-	-

Tabela 24 – Medição térmica 13/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
13/07/2021	Leste exterior	08:00	46,40	44,30	55,30	54,90
		14:00	37,00	39,30	37,40	37,20
		20:00	24,80	24,10	20,60	20,10
	Leste interior	08:00	23,20	25,10	23,90	24,10
		14:00	38,00	36,60	33,60	31,80
		20:00	30,70	28,60	26,30	25,90
	Oeste exterior	08:00	24,30	21,90	25,30	27,40
		14:00	49,00	46,80	50,90	51,90
		20:00	26,80	26,20	20,60	20,70
	Oeste Interior	08:00	22,20	24,80	23,80	24,40
		14:00	33,10	33,90	32,40	31,50
		20:00	31,70	31,10	26,30	26,00
	Termohigrometro – Interior	08:00	22,80	22,00	23,80	24,10
		14:00	34,00	34,30	33,10	33,10
		20:00	29,00	28,50	26,20	25,60
	Termohigrometro – Exterior	08:00	25,90	26,20	27,30	26,70
		14:00	39,50	38,30	39,60	41,00
		20:00	24,30	23,00	22,00	25,60

Tabela 25 – Medição térmica 14/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
14/07/2021	Leste exterior	08:00	46,00	48,50	55,80	55,90
		14:00	37,70	38,70	35,60	37,60
		20:00	22,30	21,40	18,10	18,20
	Leste interior	08:00	23,70	24,90	23,90	23,00
		14:00	34,50	36,80	31,50	31,30
		20:00	30,50	27,50	25,40	25,60
	Oeste exterior	08:00	24,50	24,00	27,00	26,20
		14:00	47,50	52,80	55,00	54,30
		20:00	25,10	24,90	17,80	19,80
	Oeste Interior	08:00	22,00	20,60	23,00	22,80
		14:00	33,50	37,00	30,70	31,60
		20:00	27,80	30,00	25,30	25,70
	Termohigrometro – Interior	08:00	21,10	20,10	22,60	22,30
		14:00	33,10	33,60	32,30	31,50
		20:00	26,30	21,30	25,50	24,80
	Termohigrometro – Exterior	08:00	24,60	24,60	26,10	25,00
		14:00	37,20	41,40	40,90	40,10
		20:00	22,30	27,30	19,50	19,60

Tabela 26 – Medição térmica 15/07/2021

DATA	FACE DA ALVENARIA	HORÁRIO	TIJOLO DEITADO (UMA VEZ)	TIJOLO EM PÉ (MEIA VEZ)	IFORMS ICF 12	IFORMS ICF 18
15/07/2021	Leste exterior	08:00	46,20	46,80	52,20	53,30
		14:00	-	-	-	-
		20:00	-	-	-	-
	Leste interior	08:00	20,00	25,50	22,90	22,70
		14:00	-	-	-	-
		20:00	-	-	-	-
	Oeste exterior	08:00	24,50	23,50	26,00	24,60
		14:00	-	-	-	-
		20:00	-	-	-	-
	Oeste Interior	08:00	18,90	20,00	22,00	21,40
		14:00	-	-	-	-
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Interior	08:00	21,00	19,80	22,40	22,30
		14:00	-	-	-	-
		20:00	-	-	-	-
	Termohigrometro – Exterior	08:00	25,00	24,70	25,20	25,60
		14:00	-	-	-	-
		20:00	-	-	-	-

## 22/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 128** – Registro: 22/06/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 129** – Resultado: 22/06/2021 – 08:00h



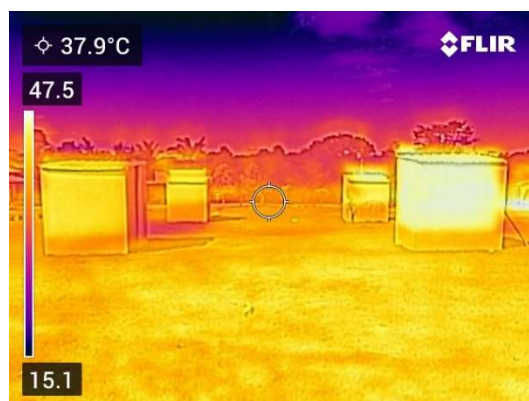
Fonte – Própria.

**Figura 130** – Registro: 22/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 131** – Resultado: 22/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 132** – Registro: 22/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

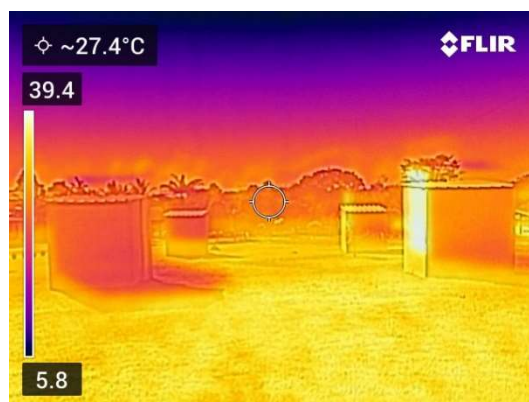
**Figura 133** – Resultado: 22/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**23/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA****Figura 134** – Registro: 23/06/2021 – 08:00h

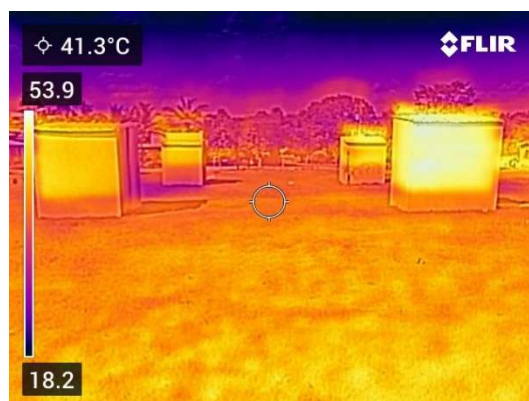
Fonte – Própria.

**Figura 135** – Resultado: 23/06/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 136** – Registro: 23/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 137** – Resultado: 23/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**24/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA****Figura 138** – Registro: 24/06/2021 – 08:00h

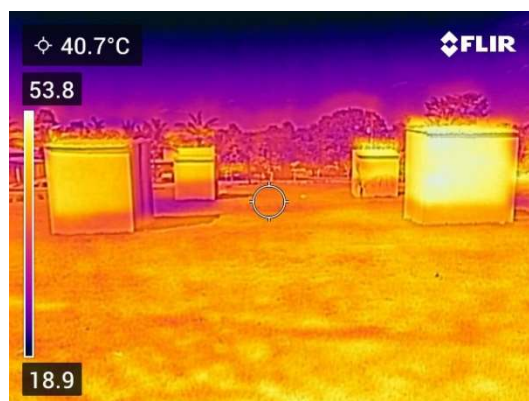
Fonte – Própria.

**Figura 139** – Resultado: 24/06/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 140** – Registro: 24/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 141** – Resultado: 24/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 142** – Registro: 24/06/2021 – 20:00h

Fonte – Própria.

**Figura 143** – Resultado: 24/06/2021 – 20:00h

Fonte – Própria.

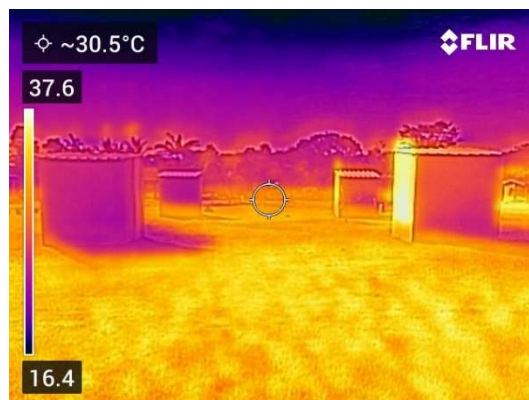
## 25/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 144** – Registro: 25/06/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 145** – Resultado: 25/06/2021 – 08:00h



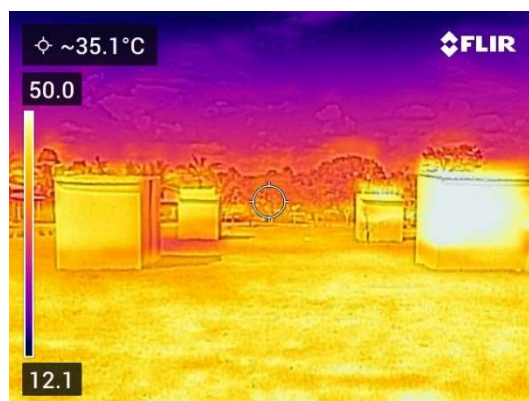
Fonte – Própria.

**Figura 146** – Registro: 25/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 147** – Resultado: 25/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 148** – Registro: 25/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**Figura 149** – Resultado: 25/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**26/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA****Figura 150** – Registro: 26/06/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 151** – Resultado: 26/06/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 152** – Registro: 26/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 153** – Resultado: 26/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**27/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA****Figura 154** – Registro: 27/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 155** – Resultado: 27/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 156** – Registro: 27/06/2021 – 20:00h

Fonte – Própria.

**Figura 157** – Resultado: 27/06/2021 – 20:00h

Fonte – Própria.

## 28/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 158** – Registro: 28/06/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 159** – Resultado: 28/06/2021 – 08:00h



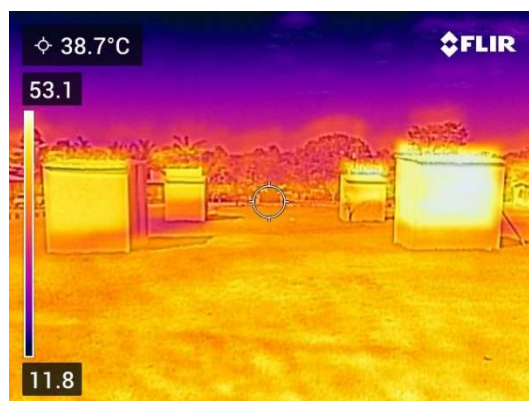
Fonte – Própria.

**Figura 160** – Registro: 28/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 161** – Resultado: 28/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 162** – Registro: 28/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

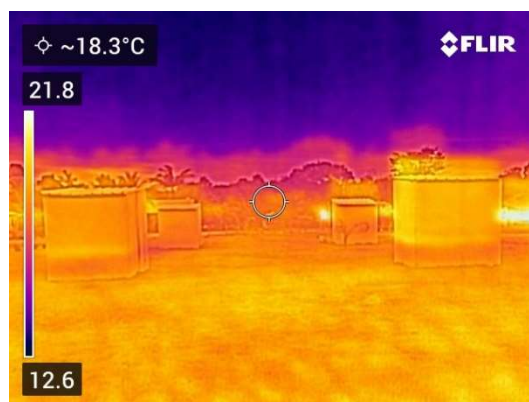
**Figura 163** – Resultado: 28/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**29/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA****Figura 164** – Registro: 29/06/2021 – 08:00h

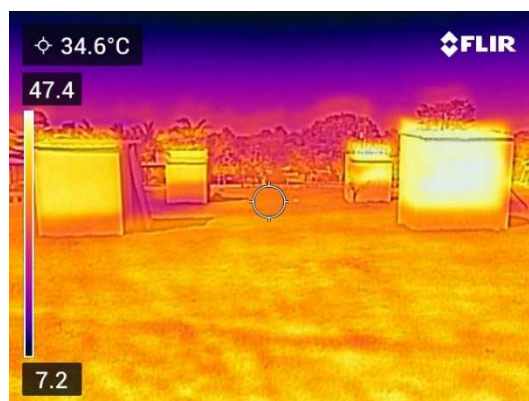
Fonte – Própria.

**Figura 165** – Resultado: 29/06/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 166** – Registro: 29/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 167** – Resultado: 29/06/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 168** – Registro: 29/06/2021 – 20:00h

Fonte – Própria.

**Figura 169** – Resultado: 29/06/2021 – 20:00h

Fonte – Própria.

### 30/06/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 170** – Registro: 30/06/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 171** – Resultado: 30/06/2021 – 08:00h



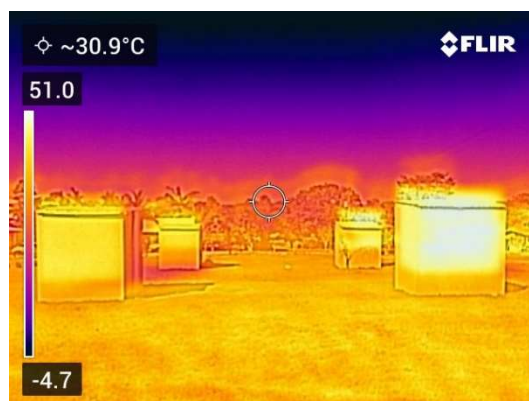
Fonte – Própria.

**Figura 172** – Registro: 30/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 173** – Resultado: 30/06/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 174** – Registro: 30/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**Figura 175** – Resultado: 30/06/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

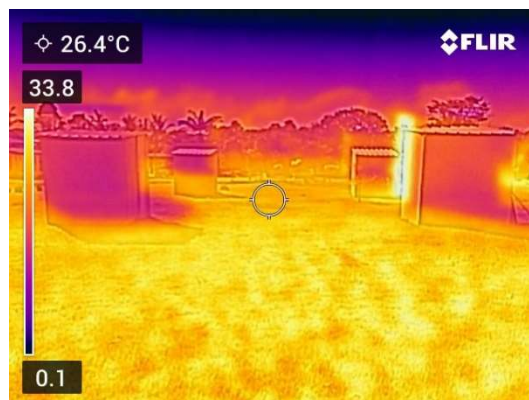
## 01/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 176** – Registro: 01/07/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 177** – Resultado: 01/07/2021 – 08:00h



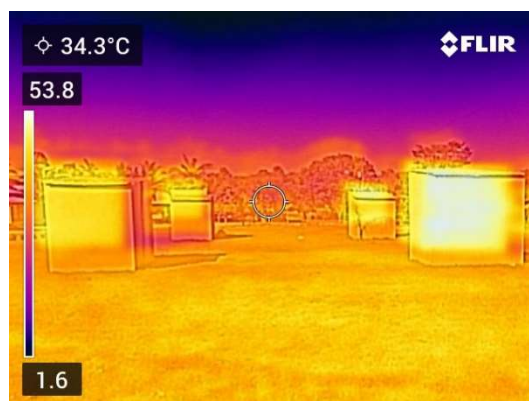
Fonte – Própria.

**Figura 178** – Registro: 01/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 179** – Resultado: 01/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 180** – Registro: 01/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**Figura 181** – Resultado: 01/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

## 02/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 182** – Registro: 02/07/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 183** – Resultado: 02/07/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 184** – Registro: 02/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 185** – Resultado: 02/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 186** – Registro: 02/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**Figura 187** – Resultado: 02/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**03/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA**

**Figura 188** – Registro: 03/07/2021 – 08:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 189** – Resultado: 03/07/2021 – 08:00h



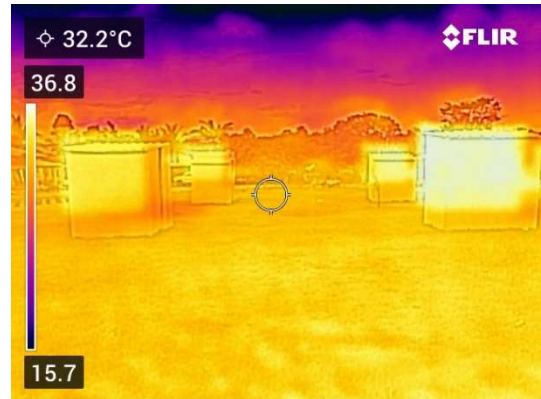
**Fonte** – Própria.

**Figura 190** – Registro: 03/07/2021 – 14:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 191** – Resultado: 03/07/2021 – 14:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 192** – Registro: 03/07/2021 – 20:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 193** – Resultado: 03/07/2021 – 20:00h



**Fonte** – Própria.

## 04/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 194** – Registro: 04/07/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 195** – Resultado: 04/07/2021 – 08:00h



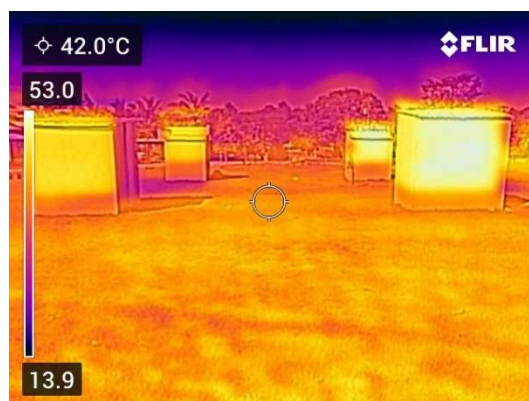
Fonte – Própria.

**Figura 196** – Registro: 04/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 197** – Resultado: 04/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 198** – Registro: 04/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**Figura 199** – Resultado: 04/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**05/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA****Figura 200** – Registro: 05/07/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 201** – Resultado: 05/07/2021 – 08:00h

Fonte – Própria.

**Figura 202** – Registro: 05/07/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

**Figura 203** – Resultado: 05/07/2021 – 14:00h

Fonte – Própria.

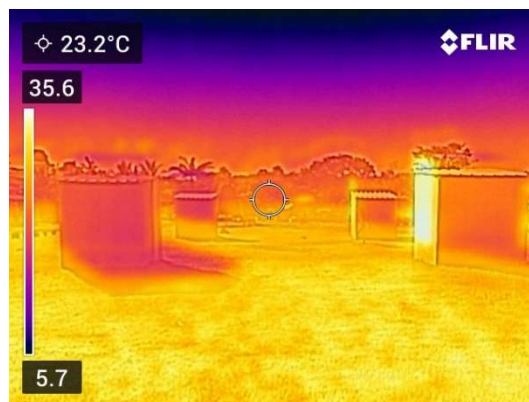
## 06/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA

**Figura 204** – Registro: 06/07/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 205** – Resultado: 06/07/2021 – 08:00h



Fonte – Própria.

**Figura 206** – Registro: 06/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 207** – Resultado: 06/07/2021 – 14:00h



Fonte – Própria.

**Figura 208** – Registro: 07/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

**Figura 209** – Resultado: 07/07/2021 – 20:00h



Fonte – Própria.

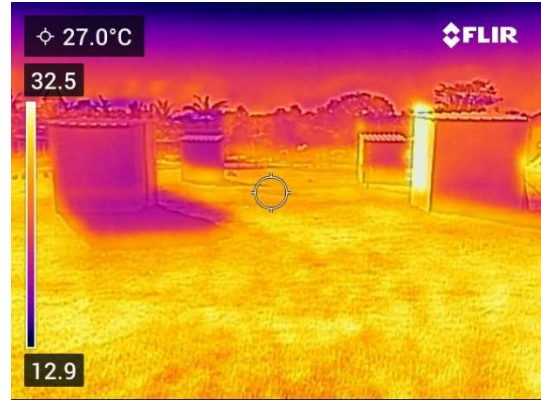
**07/07/2021 – REGISTROS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA COMPACTA**

**Figura 210** – Registro: 07/07/2021 – 08:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 211** – Resultado: 07/07/2021 – 08:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 212** – Registro: 07/07/2021 – 14:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 213** – Resultado: 07/07/2021 – 14:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 214** – Registro: 07/07/2021 – 20:00h



**Fonte** – Própria.

**Figura 215** – Resultado: 07/07/2021 – 20:00h




**Fonte** – Própria.

## **ANEXOS**

### **CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

**Figura 216** – Certificado de calibração Termovisor Flir C5



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Página 1/1

**Certificado de Calibração Nº 29645/2020**

Cliente: E. P. Construções Eireli  
 Solicitante: O mesmo  
 Endereço: R. Cedros, 371 – Centro – Guarantã do Norte - MT

**Características**

Instrumento: Termovisor  
 Modelo: FLIR C5  
 Nº de serie: 894003769  
 Fabricante: Flir  
 Faixa: -20°C a +400°C

**Resumo do Procedimento**

A calibração foi conduzida utilizando calibrador de bloco negro o qual possui referências as normas aplicáveis e vigentes ao instrumento supracitado. Procedimento interno HMTH 022011 rev.02

**Padrões Utilizados**

Rastreabilidade	Laboratório	Nº do Certificado	Data da Execução	Data da Validade
Testo 435	Setting	T05832-18	12/2018	12/2020

**Condições da Calibração**


A calibração foi realizada no Laboratório da **HIGHMED**.  
A calibração foi realizada nas condições ambientais de 20°C +1 e 55%UR.

**Resultado das Medições**  
Temperatura SI °C


Padrão (°C)	Leitura 1 (°C)	Leitura 2 (°C)	Leitura 3 (°C)	Média (°C)	Desvio	Incerteza (U95)
150,0	150	150	150	149	0,0	0,3
100,0	99,8	99,9	100	99,9	-0,1	0,3
50,0	49,8	50,1	50,2	50,0	0,0	0,3

**Observações**


- 1) Os valores de temperatura apresentados estão em conforme com a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (SI)
- 2) A incerteza expandida (U) de medição é relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com  $V_{eff}$  graus de liberdade efetivos correspondem e uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02
- 3) Os resultados deste certificado referem - se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo para quaisquer lotes.
- 4) Um certificado de calibração (ou etiqueta de calibração) não deve conter qualquer recomendação sobre o intervalo de calibração, exceto se acordado com o cliente. Este requisito pode ser cancelado por regulamentações legais de acordo 5.10.4.4 17025
- 5) Erro indicado na calibração não considera o erro do desvio encontrado no padrão utilizado.
- 6) A incerteza indicada é transcrita com base no certificado padrão utilizado.

Metrologista	Assinatura	Datas	
Bruno Lima		Calibração 10/08/2020	Emissão do Certificado 10/08/2020

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**  
R.Cel Carlos Oliva, 277 - Tatuapé - São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460



**Figura 217** – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29644/2020 Página 1/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Página 1/2

**Certificado de Calibração N° 29644/2020**

Cliente: E. P. Construções Eireli  
Solicitante: O mesmo  
Endereço: R. Cedros, 371 – Centro – Guarantã do Norte - MT

**Características**

Instrumento: Termohigrômetro Digital  
Modelo: HM-02  
N° de serie: 18903709  
Fabricante: Highmed  
Faixa: -50°C a +70°C; 10% - 99%

**Resumo do Procedimento**

A calibração foi conduzida por instrumento multifunções TESTO-435 o qual possui referências as normas aplicáveis e vigentes ao instrumento supracitado, foram realizados 3 ciclos de medição para cada ponto calibrado.Procedimento interno IT.SER.02


**Padrões Utilizados**

Rastreabilidade	Laboratório	N° do Certificado	Data da Execução	Data da Validade
Testo 435	Setting	T05832-18	12/2018	12/2020


**Condições da Calibração**

A calibração foi realizada no Laboratório da **HIGHMED**.  
A calibração foi realizada nas condições ambientais de 20°C +1 e 55%UR.

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**  
R Cel Carlos Oliva, 277 – Tatuapé – São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460



**Figura 218** – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29644/2020 Página 2/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Nº 29644/2020  
Pagina 2/2

**Resultado das Medições**

*Temperatura SI °C*


<b>Padrão</b> (°C)	<b>Leitura 1</b> (°C)	<b>Leitura 2</b> (°C)	<b>Leitura 3</b> (°C)	<b>Média</b> (°C)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> <b>(U95)</b>
15	15,8	15,8	15,7	15,7	0,80	0,22
20	20,6	20,7	20,8	20,7	0,73	0,22
25	25,8	25,7	25,9	25,8	0,83	0,22

*Umidade SI U.R%*

<b>Padrão</b> (%)	<b>Leitura 1</b> (%)	<b>Leitura 2</b> (%)	<b>Leitura 3</b> (%)	<b>Média</b> (%)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> <b>(U95)</b>
40,6	41	42	42	41	1,2	2,2
60,6	62	61	61	61	1,3	2,2
81,1	81	83	83	82	1,3	2,2


**Observações**

- 1) Os valores de temperatura apresentados estão em conforme com a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (SI)
- 2) A incerteza expandida (U) de medição é relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com  $V_{eff}$  graus de liberdade efetivos correspondem e uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02
- 3) Os resultados deste certificado referem - se exclusivamente aos instrumentos submetidos à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo para quaisquer outros lotes.
- 4) Um certificado de calibração (ou etiqueta de calibração) não deve conter qualquer recomendação sobre o intervalo de calibração, exceto se acordado com o cliente. Este requisito pode ser cancelado por regulamentações legais de acordo 5.10.4.4 17025
- 5) Erro indicado na calibração não considera o erro do desvio encontrado no padrão utilizado.
- 6) A incerteza indicada é transcrita com base no certificado padrão utilizado.


Metrologista	Assinatura	Datas	
Bruno Lima		Calibração 06/08/2020	Emissão do Certificado 06/08/2020

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**

R Cel Carlos Oliva, 277 - Tatuapé - São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460



**Figura 219** – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29643/2020 Página 1/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Página 1/2

**Certificado de Calibração Nº 29643/2020**

Cliente: E. P. Construções Eireli  
Solicitante: O mesmo  
Endereço: R. Cedros, 371 – Centro – Guarantã do Norte - MT

**Características**

Instrumento: Termohigrômetro Digital  
Modelo: HM-02  
Nº de serie: 180903135  
Fabricante: Highmed  
Faixa: -50°C a +70°C; 10% - 99%

**Resumo do Procedimento**

A calibração foi conduzida por instrumento multifunções TESTO-435 o qual possui referências as normas aplicáveis e vigentes ao instrumento supracitado, foram realizados 3 ciclos de medição para cada ponto calibrado.Procedimento interno IT.SER.02

**Padrões Utilizados**

Rastreabilidade	Laboratório	Nº do Certificado	Data da Execução	Data da Validade
Testo 435	Setting	T05832-18	12/2018	12/2020

**Condições da Calibração**

A calibração foi realizada no Laboratório da **HIGHMED**.  
A calibração foi realizada nas condições ambientais de 20°C +1 e 55%UR.

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**  
R.Cel Carlos Oliva, 277 – Tatuapé – São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460





Figura 220 – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29643/2020 Página 2/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Nº 29643/2020  
Pagina 2/2

### Resultado das Medições

*Temperatura SI °C*


<b>Padrão</b> (°C)	<b>Leitura 1</b> (°C)	<b>Leitura 2</b> (°C)	<b>Leitura 3</b> (°C)	<b>Média</b> (°C)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> (U95)
15	15,7	15,8	15,7	15,7	0,80	0,22
20	20,6	20,6	20,8	20,7	0,73	0,22
25	25,8	25,8	25,9	25,8	0,83	0,22

*Umidade SI U.R%*

<b>Padrão</b> (%)	<b>Leitura 1</b> (%)	<b>Leitura 2</b> (%)	<b>Leitura 3</b> (%)	<b>Média</b> (%)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> (U95)
40,6	41	42	42	41	1,2	2,2
60,6	62	62	61	61	1,3	2,2
81,1	81	83	83	82	1,3	2,2


### Observações

- 1) Os valores de temperatura apresentados estão em conforme com a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (SI)
- 2) A incerteza expandida (U) de medição é relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com  $V_{eff}$  graus de liberdade efetivos correspondem e uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02
- 3) Os resultados deste certificado referem - se exclusivamente aos instrumentos submetidos à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo para quaisquer outros lotes.
- 4) Um certificado de calibração (ou etiqueta de calibração) não deve conter qualquer recomendação sobre o intervalo de calibração, exceto se acordado com o cliente. Este requisito pode ser cancelado por regulamentações legais de acordo 5.10.4.4 17025
- 5) Erro indicado na calibração não considera o erro do desvio encontrado no padrão utilizado.
- 6) A incerteza indicada é transcrita com base no certificado padrão utilizado.


Metrologista	Assinatura	Datas	
Bruno Lima		Calibração 06/08/2020	Emissão do Certificado 06/08/2020

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**

R Cel Carlos Oliva, 277 - Tatuapé - São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460



**Figura 221** – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29642/2020 Página 1/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Página 1/2

**Certificado de Calibração Nº 29642/2020**

Cliente: E. P. Construções Eireli  
Solicitante: O mesmo  
Endereço: R. Cedros, 371 – Centro – Guarantã do Norte - MT

**Características**

Instrumento: Termohigrômetro Digital  
Modelo: HM-02  
Nº de serie: 180903443  
Fabricante: Highmed  
Faixa: -50°C a +70°C; 10% - 99%

**Resumo do Procedimento**

A calibração foi conduzida por instrumento multifunções TESTO-435 o qual possui referências as normas aplicáveis e vigentes ao instrumento supracitado, foram realizados 3 ciclos de medição para cada ponto calibrado. Procedimento interno IT.SER.02

**Padrões Utilizados**

Rastreabilidade	Laboratório	Nº do Certificado	Data da Execução	Data da Validade
Testo 435	Setting	T05832-18	12/2018	12/2020

**Condições da Calibração**

A calibração foi realizada no Laboratório da **HIGHMED**.  
A calibração foi realizada nas condições ambientais de 20°C +1 e 55%UR.

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**  
R Cel Carlos Oliva, 277 – Tatuapé – São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460





Figura 222 – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29642/2020 Página 2/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Nº 29642/2020  
Pagina 2/2

**Resultado das Medições**

*Temperatura SI °C*


<b>Padrão</b> (°C)	<b>Leitura 1</b> (°C)	<b>Leitura 2</b> (°C)	<b>Leitura 3</b> (°C)	<b>Média</b> (°C)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> <b>(U95)</b>
15	15,8	15,7	15,7	15,7	0,80	0,22
20	20,6	20,7	20,8	20,7	0,73	0,22
25	25,8	25,7	25,8	25,8	0,83	0,22

*Umidade SI U.R%*

<b>Padrão</b> (%)	<b>Leitura 1</b> (%)	<b>Leitura 2</b> (%)	<b>Leitura 3</b> (%)	<b>Média</b> (%)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> <b>(U95)</b>
40,6	41	42	42	41	1,2	2,2
60,6	62	61	61	61	1,3	2,2
81,1	81	83	83	82	1,3	2,2


**Observações**

- 1) Os valores de temperatura apresentados estão em conforme com a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (SI)
- 2) A incerteza expandida (U) de medição é relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com  $V_{eff}$  graus de liberdade efetivos correspondem e uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02
- 3) Os resultados deste certificado referem - se exclusivamente aos instrumentos submetidos à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo para quaisquer outros lotes.
- 4) Um certificado de calibração (ou etiqueta de calibração) não deve conter qualquer recomendação sobre o intervalo de calibração, exceto se acordado com o cliente. Este requisito pode ser cancelado por regulamentações legais de acordo 5.10.4.4 17025
- 5) Erro indicado na calibração não considera o erro do desvio encontrado no padrão utilizado.
- 6) A incerteza indicada é transcrita com base no certificado padrão utilizado.


Metrologista	Assinatura	Datas	
Bruno Lima		Calibração 06/08/2020	Emissão do Certificado 06/08/2020

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**

R Cel Carlos Oliva, 277 - Tatuapé - São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460



**Figura 223** – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29641/2020 Página 1/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Página 1/2

**Certificado de Calibração Nº 29641/2020**

Cliente: E. P. Construções Eireli  
 Solicitante: O mesmo  
 Endereço: R. Cedros, 371 – Centro – Guarantã do Norte - MT

**Características**

Instrumento: Termohigrômetro Digital  
 Modelo: HM-02  
 Nº de serie: 180903771  
 Fabricante: Highmed  
 Faixa: -50°C a +70°C; 10% - 99%

**Resumo do Procedimento**

A calibração foi conduzida por instrumento multifunções TESTO-435 o qual possui referências as normas aplicáveis e vigentes ao instrumento supracitado, foram realizados 3 ciclos de medição para cada ponto calibrado. Procedimento interno IT.SER.02


**Padrões Utilizados**

Rastreabilidade	Laboratório	Nº do Certificado	Data da Execução	Data da Validade
Testo 435	Setting	T05832-18	12/2018	12/2020


**Condições da Calibração**

A calibração foi realizada no Laboratório da **HIGHMED**.  
 A calibração foi realizada nas condições ambientais de 20°C +1 e 55%UR.

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**  
 R Cel Carlos Oliva, 277 – Tatuapé – São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
 +55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460



**Figura 224** – Certificado de calibração Termohigrômetro Digital 29641/2020 Página 2/2



**HIGHMED**  
Soluções em Tecnologia de Medição

www.highmed.com.br  
vendas@highmed.com.br

Nº 29641/2020  
Pagina 2/2

**Resultado das Medições**

*Temperatura SI °C*


<b>Padrão</b> (°C)	<b>Leitura 1</b> (°C)	<b>Leitura 2</b> (°C)	<b>Leitura 3</b> (°C)	<b>Média</b> (°C)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> <b>(U95)</b>
15	15,7	15,8	15,7	15,7	0,80	0,22
20	20,6	20,6	20,8	20,7	0,73	0,22
25	25,8	25,8	25,9	25,8	0,83	0,22

*Umidade SI U.R%*

<b>Padrão</b> (%)	<b>Leitura 1</b> (%)	<b>Leitura 2</b> (%)	<b>Leitura 3</b> (%)	<b>Média</b> (%)	<b>Desvio</b>	<b>Incerteza</b> <b>(U95)</b>
40,6	41	42	42	41	1,2	2,2
60,6	62	62	61	61	1,3	2,2
81,1	81	83	83	82	1,3	2,2

**Observações**

- 1) Os valores de temperatura apresentados estão em conforme com a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (SI)
- 2) A incerteza expandida (U) de medição é relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com  $V_{eff}$  graus de liberdade efetivos correspondem e uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02
- 3) Os resultados deste certificado referem - se exclusivamente aos instrumentos submetidos à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo para quaisquer outros lotes.
- 4) Um certificado de calibração (ou etiqueta de calibração) não deve conter qualquer recomendação sobre o intervalo de calibração, exceto se acordado com o cliente. Este requisito pode ser cancelado por regulamentações legais de acordo 5.10.4.4 17025
- 5) Erro indicado na calibração não considera o erro do desvio encontrado no padrão utilizado.
- 6) A incerteza indicada é transcrita com base no certificado padrão utilizado.

Metrologista	Assinatura	Datas	
Bruno Lima		Calibração 06/08/2020	Emissão do Certificado 06/08/2020

**HIGHMED - Soluções em Tecnologia de Medição Ltda.**

R Cel Carlos Oliva, 277 - Tatuapé - São Paulo-SP | CEP 03.067-010  
+55 11 2081-7160 | +55 11 941-925-460

