



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DANIEL RODRIGUES BRITO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES EM CONCRETO  
ARMADO EM UMA HABITAÇÃO SOCIAL EM PALMAS-TO**

Palmas/TO

2022

DANIEL RODRIGUES BRITO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES EM CONCRETO  
ARMADO EM UMA HABITAÇÃO SOCIAL EM PALMAS-TO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Tocantins como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Mariela Cristina Ayres de  
Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Henrique Omena

Palmas/TO

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

B862a Brito, Daniel Rodrigues.  
ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES EM CONCRETO ARMADO EM UMA HABITAÇÃO SOCIAL EM PALMAS-TO. / Daniel Rodrigues Brito. – Palmas, TO, 2022.  
69 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2022.

Orientadora : Mariela Cristina Ayres de Oliveira

Coorientador: Thiago Henrique Omena

1. Desempenho. 2. Conforto térmico. 3. Paredes de concreto. 4. Habitação social. I. Título

**CDD 624**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DANIEL RODRIGUES BRITO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES EM CONCRETO  
ARMADO EM UMA HABITAÇÃO SOCIAL EM PALMAS-TO**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas/TO, Curso de Engenharia Civil, avaliada para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada, em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 14/02/2022

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 MARIELA CRISTINA AYRES DE OLIVEIRA  
Data: 02/03/2022 20:02:19-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

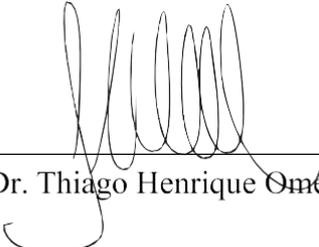
---

Profa. Dra. Mariela Cristina Ayres de Oliveira, UFT

Documento assinado digitalmente  
 ORIETA SOTO IZQUIERDO  
Data: 03/03/2022 11:26:59-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Profa. Dra. Orieta Soto Izquierdo, UFT



---

Prof. Dr. Thiago Henrique Omena, UFT

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me abençoar durante esta caminhada.

Aos meus pais Aurélio Lopes Brito e Izonete Rodrigues Brito, e a meu Irmão Mateus Rodrigues Brito, pelo apoio emocional no decorrer da graduação.

À minha orientadora, Dra. Mariela Cristina Ayres de Oliveira, por todas as correções e auxílio prestados durante a elaboração deste trabalho.

Ao coorientador, Prof. Dr. Thiago Henrique Omena, por compor a banca examinadora da monografia e compartilhar seu conhecimento e experiências, a fim de aprimorar o trabalho.

À Profa. Dra. Orieta Soto Izquierdo, por ter aceitado compor a banca examinadora da monografia e contribuir nesta etapa tão importante de minha jornada acadêmica.

Ao Heitor Rodrigo, proprietário do imóvel utilizado na pesquisa, por ter permitido a realização dos ensaios na edificação.

A todos os meus amigos que, de alguma forma, me incentivaram chegar até aqui.

## RESUMO

O desempenho em edificações é de suma importância quando se trata do atendimento às necessidades e exigências do usuário para promover o bem-estar dos moradores. Assim, a habitação deve ter um desempenho adequado para cumprir com os requisitos mínimos para o qual foi projetada, e um deles é o conforto térmico, propriedade relevante na arquitetura e engenharia, especialmente na região de Palmas/TO, caracterizada pelo clima quente em grande parte do ano. Diante desse contexto, este trabalho avaliou o desempenho térmico de paredes de concreto armado, em uma habitação de interesse social, no residencial Araras 2. Os tipos de pesquisa foram exploratória, bibliográfica e documental. O método empregado foi quantitativo não probabilístico, por meio de um estudo de caso. Nos procedimentos de coletas e análises dos dados, aplicaram-se as normas ABNT NBR 15220:2005, que estabelece os métodos de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico, fator solar de elementos da edificação, o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas na fase de projeto; e a ABNT NBR 15575:2021, de desempenho térmico, que recomenda critérios mínimos de desempenho a serem atendidos pelas habitações, a qual possui a medição *in loco*, procedimento simplificado e a simulação computacional. O trabalho demonstrou que a habitação não atendeu o desempenho mínimo exigido pelas duas normas. Portanto há necessidade de se buscar soluções para melhorar o desempenho térmico das edificações em paredes de concreto, além de se pensar em soluções relativas ao conforto térmico na fase de concepção da habitação.

**Palavras-chaves:** Desempenho. Conforto térmico. Paredes de concreto. Habitação social.

## ABSTRACT

The performance in buildings is of paramount importance when it comes to meeting the needs and requirements of the user to promote the well-being of residents. Thus, the housing must have an adequate performance to comply with the minimum requirements for which it was designed, and one of them is thermal comfort, a relevant property in architecture and engineering, especially in the Palmas-TO region, characterized by the hot climate in large part of the year. Given this context, this work evaluated the thermal performance of reinforced concrete walls, in a social housing, in the residential Araras 2. The types of research were exploratory, bibliographic and documentary. The method used was quantitative, not probabilistic, through a case study. In the procedures of data collection and analysis, the ABNT NBR 15220:2005 standards were applied, which establishes the methods for calculating thermal transmittance, thermal capacity, thermal delay, solar factor of building elements, Brazilian bioclimatic zoning and guidelines constructive in the design phase; and ABNT NBR 15575:2021, on thermal performance, which recommends minimum performance criteria to be met by dwellings, which has on-site measurement, simplified procedure and computer simulation. The work showed that the housing did not meet the minimum performance required by the two standards. Therefore, there is a need to seek solutions to improve the thermal performance of buildings in concrete walls, in addition to thinking about solutions related to thermal comfort in the housing design phase.

**Keywords:** Performace. thermal comfort. concrete walls. Social habitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: População Urbana e Rural de 1950 a 2000 .....	16
Figura 2: Crescimento (% acumulado) – População – Domicílios Particulares – Famílias.....	17
Figura 3: Plano diretor de Palmas.....	20
Figura 4: Localização do Residencial Araras 2 na região sul.....	23
Figura 5: Unidades habitacionais – Recanto das Araras 2 .....	24
Figura 6: Layout disponibilizado pela Secretaria de Habitação (SEHAB) na cartilha do MCMV, para habitações com área de serviço externa.....	24
Figura 7: Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	29
Figura 8: Empreendimento em parede de concreto .....	35
Figura 9: Residencial popular em parede de concreto na cidade de Palmas .....	36
Figura 10: Empreendimento com alta repetitividade .....	37
Figura 11: Colocação das armaduras e instalações elétricas .....	38
Figura 12: Forma metálica.....	39
Figura 13: Lançamento do concreto nas formas.....	41
Figura 14: Planta baixa .....	44
Figura 15: Unidade habitacional .....	44
Figura 16: Zoneamento bioclimático brasileiro .....	46
Figura 17: Instalação do equipamento de medição interno .....	48
Figura 18: Posição do equipamento na planta baixa da edificação .....	48
Figura 19: Equipamento de medição na parte externa. ....	49
Figura 20: Termômetro Datalogger HMTGD-1800.....	49
Figura 21: Interface do Software Heat Stress WBGT Meter 1.0.03.....	50
Figura 22: Temperatura do ar no dia 23/9/2021 .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Faixa socioeconômica de abrangência do programa casa verde e amarela ..	18
Tabela 2: Déficit Habitacional .....	19
Tabela 3: Programas Habitacionais em Palmas/TO .....	21
Tabela 4: Aberturas para ventilação .....	29
Tabela 5: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa .....	30
Tabela 6: Estrutura da Norma .....	31
Tabela 7: Critério de avaliação do desempenho térmico para condições de verão .....	32
Tabela 8: Critério de avaliação do desempenho térmico para condições de inverno ...	32
Tabela 9: Transmitância térmica de referência para paredes externas .....	33
Tabela 10: Capacidade térmica de referência para paredes externas.....	33
Tabela 11: Aberturas para ventilação .....	33
Tabela 12: Proporção de referência dos elementos transparentes .....	34
Tabela 13: Tipos de concreto para aplicação em paredes de concreto .....	40
Tabela 14: Tipos de vedações externas .....	47
Tabela 15: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7 .....	47
Tabela 16: Critério de avaliação de desempenho térmico para as condições de verão	51
Tabela 17: Transmitância térmica de paredes .....	51
Tabela 18: Valores de capacidade térmica de paredes .....	52
Tabela 19: Aberturas para ventilação .....	52
Tabela 20: Proporção de referência dos elementos transparentes .....	52
Tabela 21: Resultados da avaliação .....	53
Tabela 22: Análise das aberturas para ventilação .....	54
Tabela 23: Análise do sombreamento das aberturas.....	54
Tabela 24: Valores de transmitância térmica e capacidade térmica .....	56
Tabela 25: Aberturas para ventilação .....	57
Tabela 26: Proporção dos elementos transparentes .....	57
Tabela 27: Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes .....	58

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
INMET	Instituto de Meteorologia
ISO	Organização Internacional de Normalização
NBR	Norma Técnica
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Orçamento do Tocantins
UFT	Universidade Federal do Tocantins

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Hipótese .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema de pesquisa.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Habitação Social no Brasil.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Habitação Social em Palmas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Contexto Histórico de desempenho térmico .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Requisitos solicitados pela ABNT NBR 15220:2005 .....</b>	<b>25</b>
2.4.1	A ABNT NBR 15220-2:2005 .....	26
2.4.2	A ABNT NBR 15220-3:2005 .....	28
<b>2.5</b>	<b>Requisitos solicitados pela ABNT NBR 15575:2021 .....</b>	<b>30</b>
2.5.1	Medição <i>in loco</i> .....	31
2.5.2	Procedimento Simplificado .....	32
2.5.3	Simulação computacional .....	34
<b>2.6</b>	<b>O sistema construtivo de parede de concreto .....</b>	<b>35</b>
2.6.1	Histórico da utilização de paredes de concreto .....	35
2.6.2	Características do sistema construtivo .....	37
2.6.3	Materiais.....	38
2.6.3.1	Armação .....	38
2.6.3.2	Formas .....	39
2.6.3.2.1	<i>Forma Metálica</i> .....	39
2.6.3.3	Concreto .....	40
2.6.3.3.1	<i>Tipos</i> .....	40
2.6.4	Vantagens .....	41
2.6.5	Desvantagens.....	42
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Descrição da edificação estudada.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliação conforme ABNT NBR 15220:2005.....</b>	<b>45</b>
3.2.1	Método teórico de acordo com a ABNT NBR 15220:2005.....	45

3.2.2	O zoneamento bioclimático e as diretrizes construtivas de acordo com a ABNT NBR 15220:2005.....	46
<b>3.3</b>	<b>Avaliação segundo a ABNT NBR 15575:2021 .....</b>	<b>47</b>
3.3.1	Medição <i>in loco</i> .....	47
3.3.2	Procedimento Simplificado .....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1</b>	<b>ABNT NBR 15220:2005 .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>ABNT NBR 15575:2021 .....</b>	<b>55</b>
4.2.1	Medição <i>in loco</i> .....	55
4.2.2	Procedimento simplificado.....	56
<b>4.3</b>	<b>Materiais alternativos à parede de concreto .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE A – MÉMORIAL DE CÁLCULO DE ACORDO COM A ABNT NBR 15220:2005 .....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE B – RESULTADOS DO DIA 23/9/2020.....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE C – GRÁFICO DE UMIDADE RELATIVA DO AR NO DIA 23/9/2020.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A constituição federal, no artigo 6º, diz que o Estado brasileiro deve promover o direito à moradia (BRASIL,1988). Dito isso, a habitação desempenha, para a humanidade, o papel de abrigar e proteger os indivíduos contra a ação das intempéries, além de oferecer conforto e segurança para os seus usuários. De acordo com Lucini (2013), o direito social da moradia, nos parâmetros atuais, representa mais de que apenas a casa ou o apartamento em si, ele traz consigo todo o contexto simbólico, econômico, cultural, humano e ambiental que envolve essa questão.

Atender essa necessidade representa também a possibilidade de acesso à infraestrutura, a equipamentos públicos, serviços e à própria inserção adequada ao espaço urbano, aspectos fundamentais à qualidade de vida. Isto posto, é importante salientar que a evolução das técnicas construtivas, visando a solucionar os problemas advindos da habitação social, passa por diversos materiais, entre eles a vedação, que pode ser realizada em alvenaria de blocos cerâmicos, blocos de concreto, ou até mesmo uma vedação produzida inteiramente por concreto armado, como é o caso do objeto investigado neste trabalho.

O uso do concreto armado, como elemento de vedação na construção civil, ganhou relevância pela ascensão dos programas sociais, como o programa iniciado em 2009, intitulado Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), substituído em 2020 pelo Programa Casa Verde Amarela (PCVA).

Esse sistema construtivo que utiliza o concreto armado como elemento de vedação foi também o sistema escolhido para edificar o Residencial Araras 2, na região Sul, da cidade de Palmas, no Tocantins (local da implantação do objeto de estudo deste trabalho). Uma das características inerentes ao sistema construtivo que utiliza parede de concreto moldada no local é que, justamente pelo uso do concreto armado como vedação, a parede torna-se autoportante, possuindo a função estrutural, além da própria vedação. Segundo Góes (2013), esse sistema construtivo é preferível quando a construção necessita de alta repetitividade de módulos, além de racionalização do próprio processo construtivo.

Importante ressaltar também que a vedação é um elemento construtivo de extrema importância, quando o quesito avaliado é o desempenho térmico, além de ser o elemento que faz as divisões dos recintos em uma moradia. Justamente por isso, esse sistema construtivo deve ser amplamente estudado, principalmente, no que tange às características térmicas dos materiais constituintes, que irão interferir no conforto térmico dos usuários.

Corroborando esse raciocínio, Frota e Schiffer (2001) destacam que os materiais usados em edificações apresentam diferentes características térmicas, e o uso deve ser de acordo as estratégias climáticas mais adequadas em cada local.

Para se ter conhecimento de que estratégias são empregadas para cada região bioclimática, é preciso consultar a norma ABNT NBR 15220:2005, que fornece o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para auxiliar a concepção de projetos de edificações residenciais.

Futuramente, surgiu a ABNT NBR 15575:2021, que trouxe critérios claros de desempenho que as edificações devem atender, sendo de grande importância para a engenharia e arquitetura com o foco no usuário final. Porém essa norma não tem caráter prescritivo, ou seja, ela não determina a qualidade dos materiais ou métodos construtivos empregados na construção civil.

Sendo assim, no presente trabalho, buscou-se avaliar, por meio de um estudo de caso, o atendimento a essas normas em uma habitação de interesse social, construída em paredes de concreto armado na cidade de Palmas/TO. Ao final, serão realizadas uma análise e uma discussão do desempenho de acordo com a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021.

## **1.1 Hipótese**

Considerando o exposto, a hipótese da pesquisa é de que as habitações do Residencial Araras 2 possuem desempenho inadequado aos valores prescritos pela ABNT NBR 15220:2005 e ABNT NBR 15575:2021.

## **1.2 Problema de pesquisa**

Após a contextualização apresentada, a pergunta investigada pela pesquisa é: as edificações do Residencial Araras 2 entregues, por meio do programa PMCMV, estão de acordo com os valores prescritos nas normas ABNT NBR 15220:2005 e ABNT NBR 15575:2021 de desempenho térmico de edificações para habitações unifamiliares de interesse social?

### 1.3 Justificativa

Em habitações destinadas à população de baixa renda, a vedação passa a ser um dos principais responsáveis pelo desempenho térmico da edificação, visto que ela fica exposta à radiação solar. A edificação que não proporciona conforto adequado aos ocupantes necessita de medidas para torná-la agradáveis, como o uso de condicionador de ar.

Além disso, de acordo com a Portaria n. 959 (2021), os empreendimentos destinados a habitações de interesse social, como o PCVA, devem atender as diretrizes da ABNT NBR 15575:2021. Por essa razão, os estudos relativos ao comportamento térmico de materiais, como no caso deste trabalho, são de extrema relevância para a tomada de decisão em futuros projetos de arquitetura.

A cidade de Palmas, local de realização da pesquisa, apresenta o clima quente na maior parte do ano. Com as frequentes mudanças climáticas, apontando para o aumento da temperatura, é necessário adotar métodos construtivos que proporcionem o conforto térmico, a fim de minimizar as temperaturas internas dos ambientes. Dessa forma, habitações com conforto térmico inadequado podem causar estresse e dificuldade na laboração de atividades. Oliveira e Alves (2021) defendem que as questões inerentes ao desempenho térmico carecem de mais atenção e estudos.

Sabe-se que o concreto armado é o método construtivo mais difundido no Brasil, pelas várias aplicações que podem ser feitas e pelos estudos relacionados a essa área. Com a ascensão de programas sociais destinados à habitação social, como o PMCMV, o sistema de parede de concreto tem sido amplamente utilizado, em razão da racionalização de materiais, produtividade e velocidade de execução. Corroborando com esse raciocínio, Macêdo (2016) afirma que o sistema de paredes de concreto é três vezes mais produtivo do que a alvenaria convencional.

Em outras palavras, Freitas e Lorenzo (2016) analisaram e avaliaram o desempenho térmico de uma edificação em blocos cerâmicos no Município de Palmas/TO, conforme a ABNT NBR 15575:2013. Os resultados encontrados, para a unidade estudada, foi o atendimento parcial dos requisitos e critérios contidos na referida norma. Isso mostra a necessidade de uma revisão das normas de desempenho, com objetivo de compreender os requisitos e critérios pertinentes à norma e, a partir dessa compreensão, realizar as readequações nos projetos, a fim de atender as exigências dos usuários.

Na mesma perspectiva, Gonçalves (2020) realizou a análise do desempenho térmico em protótipos construídos em Palmas/TO. Foram feitos os cálculos, conforme o método teórico

descrito na ABNT NBR 15220:2005, e realizadas as medições *in loco* no campus experimental da Universidade Federal do Tocantins. O estudo concluiu que os protótipos atenderam aos requisitos mínimos de capacidade térmica e transmitância térmica no sistema de vedação vertical e coberturas. Todavia, na maior parte do tempo, a temperatura interna foi superior à externa, em ambos os protótipos, mostrando que o desempenho térmico foi insatisfatório, de acordo com os critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575:2013.

Baliza (2021) analisou os parâmetros mínimos, para o desempenho termoacústico, em um empreendimento em alvenaria estrutural na cidade de Palmas/TO, de acordo com norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013. O resultado obtido do estudo foi de que a edificação não apresentou o desempenho mínimo exigido pela norma, em nenhum dos dois critérios analisados, dado que a temperatura interna foi superior à externa. De forma geral, é necessário buscar meios para proporcionar o adequado desempenho e o conforto das edificações.

Em resumo, este trabalho tem como finalidade analisar, por meio de cálculos e medições, se uma habitação social, em paredes de concreto armado, atende aos requisitos mínimos exigidos pelas normas de desempenho, a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021.

#### **1.4 Objetivo geral**

Avaliar, utilizando os valores estabelecidos pela norma ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021, o desempenho térmico de uma habitação popular.

#### **1.5 Objetivos específicos**

- Descrever os fundamentos teóricos inerentes à habitação social no Brasil e em Palmas.
- Observar se a habitação atende aos critérios propostos pela ABNT NBR 15220:2005.
- Verificar se os requisitos referentes ao conforto dos usuários foram atendidos, segundo a medição *in loco* e o procedimento simplificado, conforme os parâmetros da ABNT NBR 15575:2021.

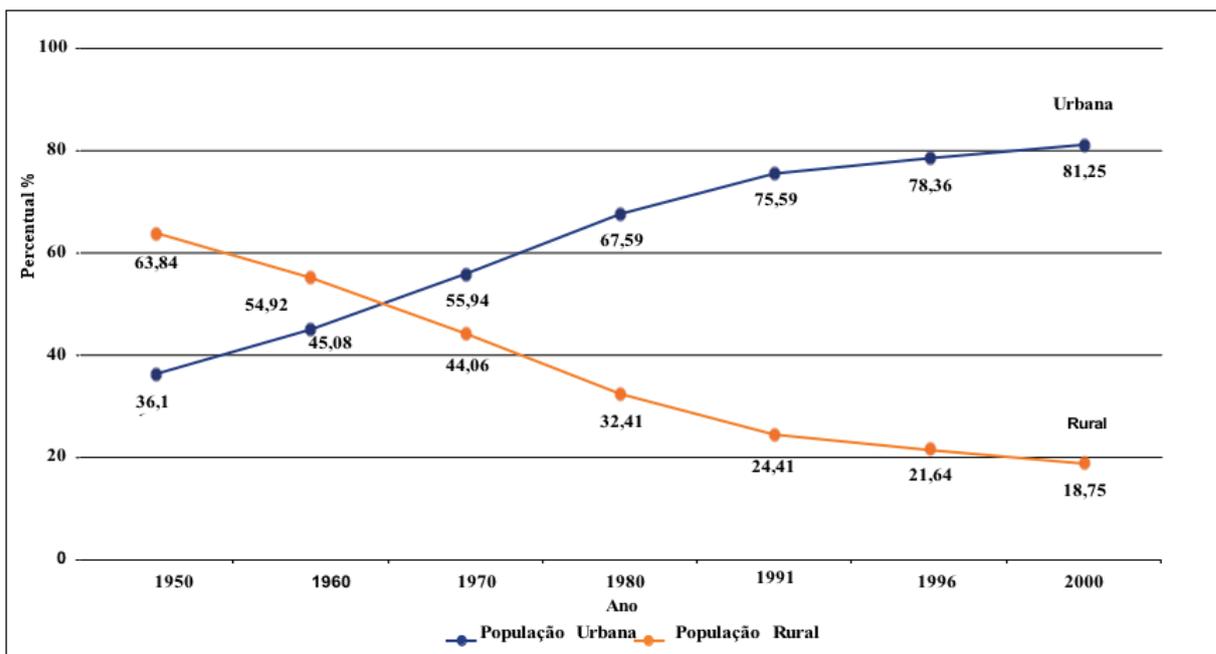
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se a questão da habitação social no Brasil e na cidade de Palmas/TO. Logo após, serão apresentados conceitos relacionados a desempenho, o histórico, a estrutura da ABNT NBR 15220:2005 e da ABNT NBR 15575:2021, a maneira como esta aborda os itens que serão estudados, bem como algumas características do sistema construtivo de parede em concreto armado, muito utilizado em empreendimentos populares em Palmas/TO.

### 2.1 Habitação Social no Brasil

O êxodo rural ocasionou a concentração de domicílios nas grandes metrópoles, fenômeno provocado pelos trabalhadores rurais migrando do campo para os centros urbanos em busca de oportunidade de melhores empregos e mais qualidade de vida. Segundo Lucini (2013), no período dos anos 60, as ocupações nos grandes centros superaram as áreas rurais. Com isso, consolidava-se o processo de urbanização no Brasil, de acordo com a Figura 1. O crescimento das áreas urbanas, aliado ao baixo poder aquisitivo da classe trabalhadora, ampliou a ocorrência de ocupações irregulares, que possuem pouca infraestrutura e precários equipamentos públicos.

Figura 1: População Urbana e Rural de 1950 a 2000



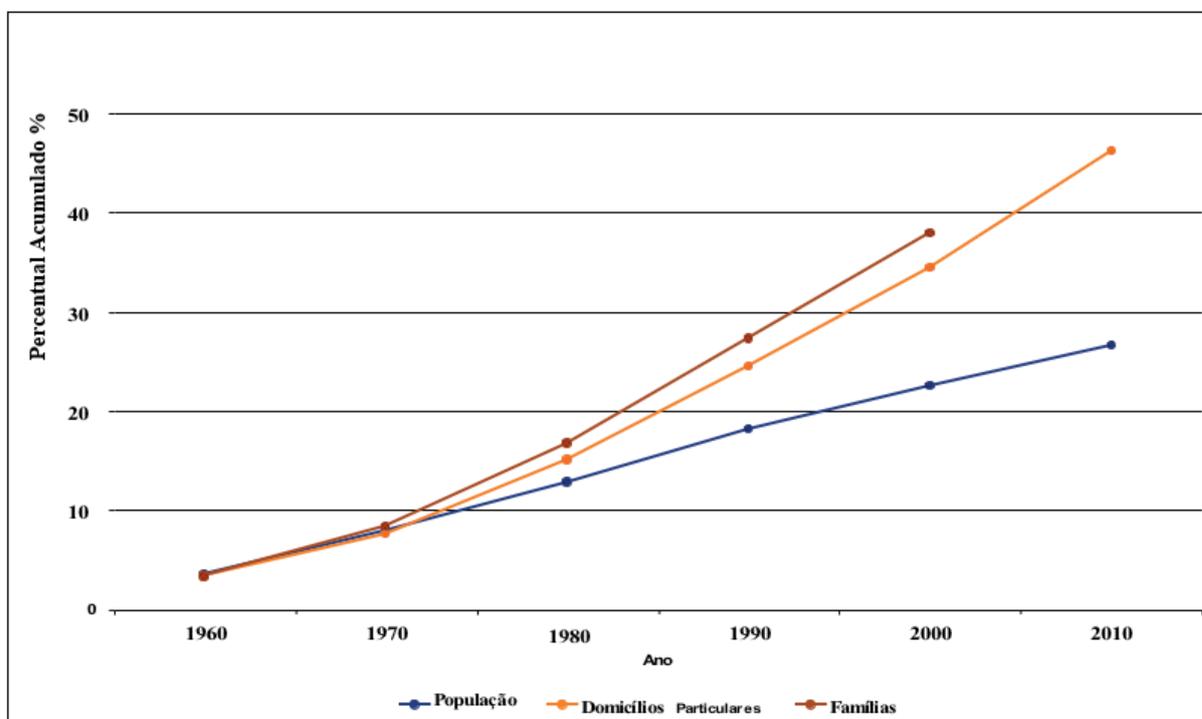
Fonte: Caixa (2011).

Na década de 1980, a economia brasileira sofreu com o surto inflacionário e estagnação, sendo chamada de a década perdida. De acordo com Caixa (2011), naquele período, os investimentos no setor habitacional também tiveram uma queda expressiva.

A habitação de interesse social tem por objetivo suprir a demanda da habitação urbana, com o foco no atendimento da população, cuja renda é incompatível com as linhas de crédito para o tradicional mercado imobiliário. Conforme Reis e Lay (2010), essas habitações são entregues, em grande parte, por iniciativas do setor público, contudo podem ocorrer investimentos do setor privado.

Em 2004, foi aprovada a Política Nacional de Habitação (PNH), sendo um marco para alcançar os objetivos mais amplos na questão habitacional. A PNH é viabilizada por intermédio do Sistema Nacional de Habitação e do Plano Nacional da Habitação (PLANAB), sendo regulamentada pelo Estatuto das Cidades (CAIXA, 2011). O Sistema Nacional de Habitação contempla duas frentes: o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social e o Sistema Nacional de Habitação de Mercado. Os programas do sistema de habitação de interesse social se propõem a reduzir o déficit habitacional, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Crescimento (% acumulado) – População – Domicílios Particulares – Famílias



Fonte: Caixa (2011).

Em 7 de julho de 2009, foi promulgada a Lei n. 11.977, que criou o PMCMV, voltada a reduzir o déficit habitacional presente no País (BRASIL, 2009). Segundo Lucini e Pedroso

Neto (2016), o PMCMV surgiu com o propósito de suprir o déficit das habitações populares no Brasil. O programa tem por objetivo atender famílias de várias faixas de renda, especialmente a faixa de zero a três salários mínimos. Outra intenção seria minimizar os efeitos da crise internacional sobre a economia do País por meio do segmento da construção civil.

O PMCMV existiu até o ano de 2020, quando o governo federal, de modo a viabilizar o acesso à moradia, sancionou a Lei n. 14.118/2021, com a finalidade de criar o Programa Minha Casa Verde Amarela – PCVA, para construções de unidades habitacionais, para o cidadão de baixa renda no Brasil, no lugar do PMCMV, utilizando os recursos da união pelo fundo de arrendamento residencial (BRASIL, 2021).

O programa “Casa Verde e Amarela” conta com três níveis de renda: até R\$ 2 mil; de R\$ 2 mil até R\$ 4 mil; e, por último, de R\$ 4 mil a R\$ 7 mil. A população com renda até R\$ 4 mil, em área urbana e com renda anual de até R\$ 48 mil, na área rural, receberão ajuda extra do governo federal para ajustar as parcelas às condições financeiras familiares. As taxas de juros giram em torno de 5% ao ano. Os estados inseridos na região Norte e Nordeste poderão ter o percentual menor, de 4,5% ou mesmo 4,25%, a depender da faixa de renda familiar, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Faixa socioeconômica de abrangência do programa casa verde e amarela

Faixa do programa	Renda familiar
Faixa 1	de até R\$ 2.000,00
Faixa 2	R\$ 2.000,00 até R\$ 4.000,00
Faixa 3	R\$ 4.000,00 até R\$ 7.000,00

Fonte: PCVA (2020).

A Lei n. 14.118/2021 permite à União doar terrenos de sua pose a agentes privados, sem necessidade de autorização legislativa, contudo deverá ocorrer o processo licitatório (BRASIL, 2021). Caberá à lei estabelecer os critérios de seleção dos beneficiários, como as famílias em situação de vulnerabilidade ou risco, que tenham a mulher como chefe da família ou grupos que possuem pessoas com deficiência ou idosos.

## 2.2 Habitação Social em Palmas

De acordo Silva (2021, p. 27), “na prática, no período de 1990 a 2012, ocorreu um crescimento populacional acelerado de Palmas, saltando de 2.000 mil habitantes que moravam

em Taquaruçu do Porto, Canela e Taquaralto para 242.070, crescimento acima da média nacional”. Diante do exposto, esses fatores exigiram da prefeitura de Palmas, em parceria com o governo federal, por meio da Caixa Econômica, a implementação de políticas públicas de habitação social. Cabe ressaltar que, atualmente, segundo estimativa do IBGE (2021), a população de Palmas/TO conta com 313.349 habitantes.

Posto isto, Oliveira (2016) declara que, os últimos dados levantados sobre o déficit habitacional, no município de Palmas, são do último censo realizado pelo IBGE, no ano de 2010. Os dados estão relativamente desatualizados e eles são de extrema importância para cidades como Palmas, onde cada dia aumenta a população. Como mostra a Tabela 2, no ano de 2010, havia um déficit habitacional de 10.670 domicílios. Esse déficit, no cenário estadual, corresponde ao 2º lugar, representando 18,65% do total de domicílios.

Tabela 2: Déficit Habitacional

Habitação	Ano			
	2000		2010	
	Absoluto	Percentual	Absoluto	Percentual
Domicílios improvisados	497	1,40	810	1,40
Coabitação familiar	2.007	5,72	3.270	5,72
Residentes em cômodos	1.669	4,76	2.720	4,76
Domicílios rústicos	2.375	6,77	3.870	6,77
<b>TOTAL</b>	<b>6.548</b>	<b>18,65</b>	<b>10.670</b>	<b>18,65</b>

Fonte: Fundação João Pinheiro (2016).

Dessa forma, o crescimento acelerado de Palmas provocou o poder público municipal à implementação de políticas públicas de habitação social, para reduzir o déficit habitacional que surgiu por consequência do fenômeno migratório. Conforme Bazolli (2007), a primeira fase da implantação do núcleo central foi entre o córrego Brejo Comprido e córrego Sussuapara. Nessa etapa, seria possível abrigar uma população estimada de 200 mil habitantes, nos primeiros dez anos, de acordo com o plano diretor, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Plano diretor de Palmas



Fonte: O jornal (2016).

O processo de implantação seria gradativo do centro para as bordas, até a ocupação de toda a área reservada ao plano básico, quando então a cidade atingiria a população total de 1,2 milhões de habitantes. Em Palmas, passaram a ser desenvolvidos programas habitacionais, com mais efetividade, pela prefeitura, a partir do fim da década de 1990, e a cidade se desenvolveria gradativamente: ocuparia os seus principais eixos, afastando-se do centro administrativo, progressivamente, em quatro etapas, até ocupar posteriormente áreas de expansão mais distantes, criando um crescimento desordenado (LUCINI, 2013).

Para uma melhor visualização de alguns dos programas de habitações de interesse social, desenvolvidos na cidade de Palmas, apresenta-se a Tabela 3. De acordo a Fundação João Pinheiro (2016), desde os primórdios de Palmas, é perceptível o estímulo para que a população

de baixa renda se concentrasse no plano diretor sul, ou nas áreas mais periféricas do perímetro urbano.

Tabela 3: Programas Habitacionais em Palmas/TO

PROGRAMA	PROJETO	LOCALIZAÇÃO	CONSTRUTORA RESPONSÁVEL	TIPOLOGIA
Morar Melhor	Morar Melhor	Várias quadras	IND	Casas
Pró-Moradia	Pró-Moradia	Várias quadras	IND	Casas
Habitar Brasil BID – HBB	Fazendo Acontecer o Santa Bárbara	Jardim Santa Bárbara	Mutirão	Casas
Construindo Juntos	Construindo Juntos	ARSE 132	IND	Casas
URIAP	Cidade Solidária	Lago Sul	1ª – UNIENGE; Atualmente - Tec Norte Projetos e Construções	Casas geminadas
URIAP	Irmã Dulce	Taquaralto, 5ª Etapa, Folha 3	Em processo	Casas
URIAP	Vila do Sol	Aureny III	Construtora Rio Tranqueira	Casas
PAC/PPI – Intervenção em Favelas	Programa Meu Teto	Meta 1 ARSE 131	1ª – UNIENGE; Atualmente - Tec Norte Projetos e Construções	Apartamentos
		Meta 3 ARSE 131	1ª – UNIENGE atualmente – em licitação.	Apartamentos
		Meta 4 ARSE 131	1ª – UNIENGE; atualmente – Só Terra Construções	Apartamentos

		Meta 6 ARSE 132	1ª – UNIENGE atualmente - Só Terra Construções	Apartamentos
		Meta 7 ARSE 132	1ª – UNIENGE; atualmente – Só Terra Construções atualmente – Taguatinga	Apartamentos
		Meta 8 ARNE 54	1ª – UNIENGE; atualmente – Só Terra Construções atualmente – Tec Norte Projetos e Construções	Apartamentos
		Meta 9 ARSE 132	Paralisada, convênio com a CTM/MNLM	Casas
		10 - Distrito de Taquaruçu	Não iniciado o processo licitatório, já pode ter iniciado o processo de construção.	Casas
		Meta 11 Distrito de Buritirana	C & A Distribuidora de Materiais de Construção Ltda.	Casas
		Meta ARSE 132	C & A Distribuidora de Materiais de Construção Ltda.	Casas
Habitação de Interesse Social	FNHIS 2008	Meta ARSE 131	Só Terra Construções	Apartamento

Habitação de Interesse Social	FNHIS 2009	Meta ARSE 132	Tec Norte Projetos e Construções	Apartamento
PHIS	Córrego Machado/ Aureny III	Aureny III	ASAS Construções e Serviços de Manutenção e Limpeza Ltda.	Casas geminadas

Fonte: Oliveira (2016).

Em Palmas, o PMCMV já entregou mais de 3 mil unidades habitacionais para a população. Um dos últimos empreendimentos entregues, no ano de 2020, foi o Recanto das Araras 2, objeto deste estudo, localizado na região Sul de Palmas, conforme Figura 4.

Figura 4: Localização do Residencial Araras 2 na região sul



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor (2021).

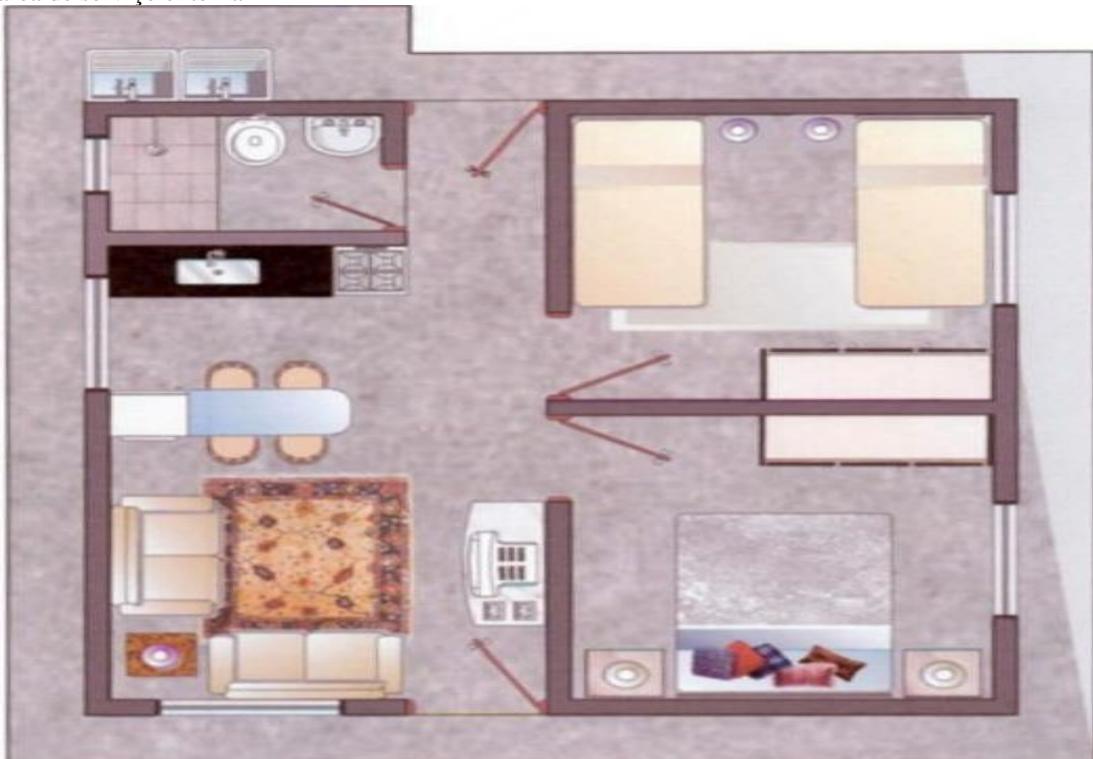
Os empreendimentos Araras 1 e Araras 2 contam com 1000 unidades habitacionais, de acordo com a Figura 5. A Figura 6 mostra a planta baixa ilustrativa de uma residência popular.

Figura 5: Unidades habitacionais – Recanto das Araras 2



Fonte: autor (2021).

Figura 6: Layout disponibilizado pela Secretaria de Habitação (SEHAB) na cartilha do MCMV, para habitações com área de serviço externa



Fonte: Tocantins (2012).

### **2.3 Contexto Histórico de desempenho térmico**

Desde a década de 60, ocorrem debates e formulações, a partir das questões apresentadas, no segundo congresso do CIB (Conselho Internacional para Edificação), realizado em 1962. Segundo a ISO 7730 (1994), o conceito de conforto térmico está relacionado à condição da mente que expressa contentamento às condições térmicas nas quais o indivíduo está inserido.

As condições de conforto térmico, para os seres humanos, estão relacionadas com o mecanismo do seu corpo, cujo funcionamento, complexo, se comparado a uma máquina térmica – à medida que realiza trabalho, produz calor. Isso é em consequência da menor quantidade de energia que o corpo humano gasta para manter a temperatura dentro do padrão, pois o ser humano é um animal homeotérmico (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Uma habitação que proporcione o adequado conforto, quanto à temperatura, promove um ambiente oportuno para a realização de atividades intelectuais e para as que necessitam de esforço físico. O conforto térmico depende de vários fatores, como as vestimentas que a pessoa utiliza, que são de fácil adaptação ao ambiente em que ela está inserida, contudo não há a possibilidade de mudança em relação às variáveis climáticas em que se situa a residência (BELLO, 2013). Com isso, a edificação deve oferecer, após concluída, condições térmicas agradáveis aos usuários.

Portanto, para que uma edificação proporcione o adequado conforto térmico, é necessário atender aos critérios mínimos de desempenho térmico. É neste ponto que surge a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021, ambas de suma importância, para esclarecer diversos critérios e criar uma base, que vigorem sobre as condições de desempenho relativo às habitações. Conforme Kern, Silva e Kazmierczak (2014), a utilização da metodologia da análise de desempenho envolve várias áreas do conhecimento, o que demanda o empenho de diferentes organismos, como construtores, setores da construção civil e fiscalização do poder público.

### **2.4 Requisitos solicitados pela ABNT NBR 15220:2005**

As habitações de interesse social devem oferecer conforto mínimo aos usuários. Isto posto, em 2005, foi publicada a ABNT NBR 15220:2005 – a Norma de Desempenho Térmico de Edificações. A normatização do desempenho térmico no Brasil iniciou com o surgimento

dessa norma, que define o zoneamento bioclimático brasileiro e as estratégias bioclimáticas para edificações de interesse social aplicáveis na fase de projeto.

De acordo com a ABNT NBR 15220:2005, a avaliação de desempenho térmico pode ser realizada ainda na etapa de projeto. A parte 2 da ABNT NBR 15220:2005 estabelece os procedimentos, para o cálculo das propriedades térmicas dos materiais, que são utilizados em sistemas de vedação e cobertura. São determinadas as propriedades como: transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico e fator solar.

Para melhor compreensão do tema, explica-se que as propriedades supracitadas têm grande influência no desempenho térmico da edificação e, de acordo com a NBR 15220-2:2005, elas são definidas como: transmitância térmica (U) é o fluxo de calor que atravessa a parede ou vidro da edificação, medida em  $W/(m^2.K)$ ; capacidade térmica (CT) é a quantidade de calor necessária, para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, sendo sua unidade de medida  $[kJ/(m^2 .K)]$ ; atraso térmico (Horas) é definido como o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor, medido em horas; fator solar (FS<sub>o</sub>) é o quociente da taxa de radiação solar transmitida por um componente opaco, pela taxa da radiação solar total incidente sobre a sua superfície externa, medido em porcentagem (%).

#### 2.4.1 A ABNT NBR 15220-2:2005

A metodologia de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico, fator solar, são determinados pela ABNT NBR 15220-2:2005.

Primeiro é determinada a resistência térmica, R, de uma camada homogênea de material sólido, como o concreto, de acordo com a Equação 1.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (1)$$

Onde:

R: Resistência térmica do material;

e: Espessura da parede de material;

$\lambda$ : Condutividade térmica do material.

Logo após, é calculada a resistência térmica total (RT), de acordo a Equação 2.

$$RT = R_{se} + R + R_{si} \quad (2)$$

Em que:

RT: Resistência térmica total da parede de concreto;

R<sub>se</sub>: Resistência térmica superficial externa;

R: Resistência térmica do material;

R<sub>si</sub>: Resistência térmica superficial interna.

Com o valor da resistência térmica total, é calculada a transmitância térmica (U) da parede de concreto, pois ele é o inverso da resistência térmica total, de acordo a Equação 3.

$$U = \frac{1}{RT} \quad (3)$$

Em que:

U: Transmitância térmica da parede de concreto;

RT: Resistência térmica total da parede de concreto.

Já a capacidade térmica (C<sub>t</sub>) é calculada conforme a Equação 4, apresentada na ABNT NBR 15220-2:2005.

$$C_t = \sum_{i=1}^n e_i \cdot C_i \cdot P_i \quad (4)$$

Em que:

C<sub>t</sub>: Capacidade térmica da parede de concreto;

e<sub>i</sub>: Espessura da camada do material;

C<sub>i</sub>: Calor específico do material da camada;

P<sub>i</sub>: Densidade de massa aparente do material da camada;

n: Número de camadas.

O atraso térmico ( $\varphi$ ) é calculado, conforme Equação 5 a seguir.

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{RT \cdot Ct} \quad (5)$$

Em que:

$\varphi$ : Atraso térmico em horas;

RT: Resistência térmica de superfície a superfície do componente;

Ct: É a capacidade térmica do componente.

O fator de ganho de calor solar de elementos opacos é dado pela Equação 6.

$$F_{so} = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad (6)$$

Em que:

$F_{so}$ : Fator solar de elementos opacos em percentagem;

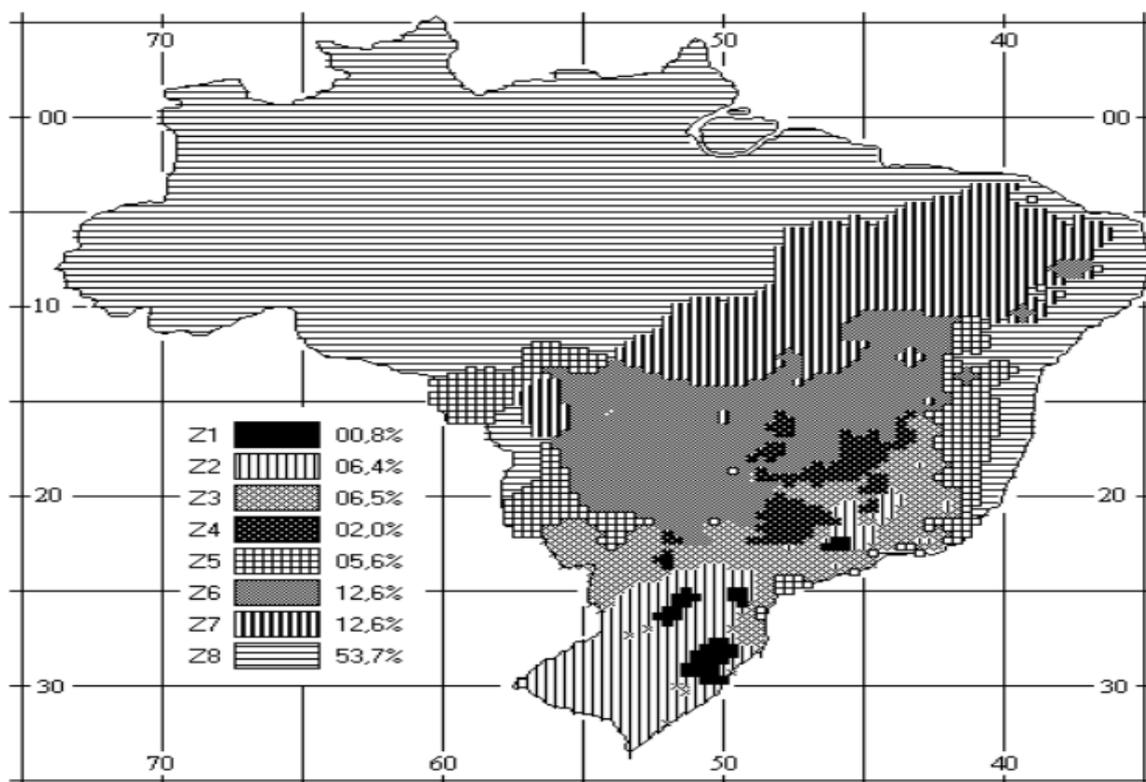
U: Transmitância térmica da parede de concreto;

$\alpha$ : Absortância a radiação solar.

#### 2.4.2 A ABNT NBR 15220-3:2005

Já a ABNT NBR 15220-3:2005 apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas, para empreendimentos sociais de até três pavimentos. Essa norma tem por objetivo propor soluções construtivas, a fim de que a edificação se adeque às condições climáticas de cada região. De acordo esse zoneamento bioclimático, conforme a Figura 7, o Brasil possui oito regiões geográficas homogêneas, de modo que cada zona possui estratégias que influenciam nas características do ambiente construído, com o intuito de atender as exigências de conforto humano. Segundo Freitas e Lorenzo (2016), um projeto que leve em consideração as características bioclimáticas de cada região, relacionando os métodos construtivos e as condições de conforto térmico, propiciam adequado nível de desempenho térmico ao ambiente.

Figura 7: Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

É preciso ressaltar que a ABNT NBR 15220:2005 pontua que a definição das diretrizes construtivas, para cada Zona Bioclimática e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo, foi construída considerando os seguintes parâmetros e condições de contorno: tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas e vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura).

Para as aberturas de ventilação, a Tabela 4 estabelece os valores das aberturas em relação à área de piso.

Tabela 4: Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

Já as exigências em relação à proteção das aberturas e ao tipo de vedação externa são obtidas a partir das diretrizes bioclimáticas, relativas à zona em que Palmas está inserida.

A Tabela 5 determina os valores admissíveis de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar, para cada tipo de vedação externa, como as paredes de concreto. De acordo as estratégias de condicionamento térmico passivo, para a Zona Bioclimática de Palmas, serão definidas o tipo de vedação (leve, leve refletora e pesada).

Tabela 5: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m <sup>2</sup> .K	Atraso térmico $\varphi$ Horas	Fator solar - FSo %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi = 4,3$	FSo $\leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi = 4,3$	FSo $\leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi = 6,5$	FSo $\leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi = 3,3$	FSo $\geq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30$	$\varphi = 3,3$	FSo $\geq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi = 6,5$	FSo $\geq 6,5$

Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver ABNT NBR 15220:2005).

Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

## 2.5 Requisitos solicitados pela ABNT NBR 15575:2021

Em 19 de fevereiro de 2013, foi publicada a Norma de Desempenho em Edificações Habitacionais, ABNT NBR 15575:2013, com diretrizes tecnicamente viáveis para o mercado da construção e indução a uma melhoria da qualidade das habitações.

A ABNT NBR 15575:2013 foi revisada e atualizada, em relação à análise de desempenho térmico, sendo publicada uma emenda em 30 de março de 2021, com mudanças somente nas partes 1, 4 e 5 da norma. Vale ressaltar que os projetos aprovados, anteriormente à data de publicação, não têm obrigatoriedade de atender aos requisitos da norma. O objetivo da alteração foi superar algumas limitações técnicas observadas na versão de 2013 da norma. Uma das inovações, no método simplificado de análise do desempenho térmico, foi a adoção da degradação dos materiais no cálculo da absorvância à radiação solar.

De acordo a ABNT NBR 15575:2021, a norma possui seis partes, conforme a Tabela 6, que são inerentes aos elementos da construção, de acordo com critérios definidos para a funcionalidade, segurança, habitabilidade, conforto térmico e acústico, qualidade do ar e sustentabilidade.

Tabela 6: Estrutura da Norma

Parte 1	Requisitos gerais
Parte 2	Requisitos para os sistemas estruturais
Parte 3	Requisitos para os sistemas de pisos
Parte 4	Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas
Parte 5	Requisitos para sistema de coberturas
Parte 6	Requisitos para os sistemas hidrossanitários

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

O desempenho térmico está relacionado com as condições do entorno em que a edificação se localiza (umidade do ar, temperatura topografia velocidade e direção do vento) ou também às características inerentes à edificação (altura do pé direito, materiais constituintes, dimensões dos cômodos e tipo de janelas, orientação das fachadas). Segundo Silva e Nogueira (2017), a norma de desempenho é de suma importância, tendo em vista a busca por inovações no setor da construção civil, com o foco no conforto dos usuários. O conceito de desempenho leva em conta o comportamento dos sistemas construtivos e as partes que o compõem, ou seja, quais serão as características da edificação quando sujeita a determinadas condições climáticas durante sua vida útil.

A ABNT NBR 15575:2021 estabelece três procedimentos para a avaliação de desempenho térmico: a medição *in loco*, o simplificado, a simulação computacional.

### 2.5.1 Medição *in loco*

A medição *in loco* demonstra, na prática, por meio de medições de temperatura interna e externa, o desempenho térmico da edificação. De acordo com os critérios mínimos estabelecidos na ABNT NBR 15575:2021, o desempenho mínimo só será atingido caso a temperatura interna máxima seja menor do que a temperatura externa máxima, em recintos de permanência prolongada, conforme a Tabela 7. De acordo com Morais (2017), a norma estabelece que o desempenho da edificação seja avaliado nos ambientes em que haja permanência prolongada (dormitórios ou sala de estar) com maior número de paredes expostas para o ambiente externo. Para avaliar o desempenho térmico, a norma recomenda adotar as condições mais críticas do ponto de vista térmico.

Tabela 7: Critério de avaliação do desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Zonas 1 a 7	Zona 8
Mínimo	$T_{i\text{máx}} \leq T_{e\text{máx}}$	$T_{i\text{máx}} \leq T_{e\text{máx}}$
Intermediário	$T_{i\text{máx}} \leq (T_{e\text{máx}} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i\text{máx}} \leq (T_{e\text{máx}} - 1^{\circ}\text{C})$
Superior	$T_{i\text{máx}} \leq (T_{e\text{máx}} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i\text{máx}} \leq (T_{e\text{máx}} - 2^{\circ}\text{C})$ $T_{i\text{mín}} \leq (T_{e\text{mín}} + 1^{\circ}\text{C})$

$T_{i\text{máx}}$  valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.

$T_{e\text{máx}}$  valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

$T_{i\text{mín}}$  valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.

$T_{e\text{mín}}$  valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

Já para o período de inverno, na zona bioclimática 7, o nível de desempenho mínimo não necessita ser verificado, conforme Tabela 8.

Tabela 8: Critério de avaliação do desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
Mínimo	$T_{i\text{mín}} \geq (T_{e\text{mín}} + 3^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critério não deve ser verificado.

$T_{i\text{mín}}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.

$T_{e\text{mín}}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220:2005.

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

### 2.5.2 Procedimento Simplificado

O procedimento simplificado se refere ao atendimento aos requisitos e critérios de Transmitância Térmica (U), Capacidade Térmica (CT) e abertura de ventilação (Pv, APP), para os sistemas de vedação.

A ABNT NBR 15575:2021 descreve o valor de referência da transmitância térmica e capacidade térmica para as paredes externas. De acordo a absorvância solar e a zona bioclimática, em que a edificação está inserida, pode-se encontrar o valor da transmitância

térmica, conforme a Tabela 9. Os valores de transmitância térmica, capacidade térmica, para as paredes de concreto, são obtidos a partir da ABNT NBR 15220:2005.

Tabela 9: Transmitância térmica de referência para paredes externas

Transmitância térmica de paredes (U)		
W/ (m <sup>2</sup> .K)		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 8	
U ≤ 2,7	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

O  $\alpha$  é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. Recomenda-se a consideração da degradação do desempenho desta superfície, conforme ABNT NBR 15575:2021.

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

Para determinar a capacidade térmica de referência, conforme Tabela 10, é necessário identificar a zona bioclimática de Palmas, de acordo a ABNT NBR 15220:2005.

Tabela 10: Capacidade térmica de referência para paredes externas

Capacidade térmica de paredes (CT)	
kJ/ (m <sup>2</sup> .K).	
Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zona bioclimática 8
CT ≥ 130	Sem requisito

Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de capacidade térmica de paredes externas inferiores aos limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, conforme a ABNT NBR 15575:2021.

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

Outra inovação foi a adoção da proporção das aberturas de ventilação e os elementos transparentes, em relação a área de piso do recinto avaliado, conforme Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 11: Aberturas para ventilação

Percentual de abertura para ventilação (Pv, APP)		
%		
ZB 1 a 7	ZB 8 - Região Norte do Brasil	ZB 8 - Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil

Pv, APP $\geq$ 7,0 % da área de piso	Pv, APP $\geq$ 12,0 % da área de piso	Pv, APP $\geq$ 8,0 % da área de piso
--------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

ZB é a zona bioclimática, definida pela ABNT NBR 15220:2005.

Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de percentual de abertura para ventilação inferiores aos limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, conforme a ABNT NBR 15575:2021.

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

Tabela 12: Proporção de referência dos elementos transparentes

Percentual de elementos transparentes (Pt, APP) %	Área de superfície dos elementos transparentes (Ap, APP) m <sup>2</sup>
Ap, APP $\leq$ 20,0 m <sup>2</sup>	Ap, APP > 20,0 m <sup>2</sup>
Pt, APP $\leq$ 20%	At, APP $\leq$ 4,0 m <sup>2</sup>

Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de Pt, APP ou At, APP que ultrapassem os limites desta tabela, devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, caso não considerem vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontal.

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

### 2.5.3 Simulação computacional

Caso os valores de transmitância térmica e capacidade térmica tenham resultados insatisfatórios, é necessária a realização da simulação computacional. Nela é considerada a localização geográfica da edificação, por meio de tabelas fornecidas na norma de desempenho e, na geometria do modelo de simulação, é necessário avaliar cada ambiente como uma zona térmica. Para a simulação, é utilizado o software Energy Plus, ou programas semelhantes, e os dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos. As inovações da ABNT NBR 15575:2021, quanto à simulação computacional, é que levavam em consideração somente os dias típicos de inverno e de verão. A atualização da emenda considera simulações que adotam referências de todo o ano, e foram inclusas as cargas térmicas do ambiente, na simulação com os equipamentos e pessoas, no interior da edificação, visto que anteriormente eram considerados os ambientes vazios.

## 2.6 O sistema construtivo de parede de concreto

Em razão da característica da fluidez do concreto, ele permite diversas aplicações, como estruturas pré-moldadas, em que o processo de fabricação é em uma unidade, sendo posteriormente transportado para o local de aplicação. Ele também é utilizado no sistema de parede de concreto, em que a habitação é moldada no local de utilização, objeto de estudo desta pesquisa.

O presente capítulo trata do sistema construtivo de paredes de concreto, fazendo uma breve abordagem do histórico de utilização, das características do sistema, seus materiais constituintes e das vantagens e desvantagens da utilização do método construtivo.

### 2.6.1 Histórico da utilização de paredes de concreto

Nos períodos dos anos 70 a 80, o sistema construtivo de parede de concreto foi utilizado em diversas obras. Nessa mesma década, ocorreu a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH), que incentivou a busca por novos sistemas construtivos, em que as empresas buscavam inovações tecnológicas, a fim de reduzir os custos de execução, racionalizar a produção, aprimorar as atividades, como o sistema de parede de concreto moldadas *in loco*.

Desde 1991, as construções moldadas *in loco* são adotadas no Brasil pela ATEX, juntamente com a MRV, Tenda e Direcional Engenharia. O processo construtivo de paredes de concreto, conforme a Figura 8, é amplamente utilizado por essas empresas.

Figura 8: Empreendimento em parede de concreto



Fonte: Comunidade da construção (2021).

O Brasil e outros países, como México e Colômbia, ajudaram a consolidar o sistema construtivo em parede de concreto pelos empreendimentos já construídos nesses países. Corroborando com esse raciocínio, Macêdo (2016) demonstra que, com as características climáticas de alguns países, como a ocorrência de abalos sísmicos, o uso de sistema construtivo monolítico de parede de concreto torna-se relevante para garantir a estabilidade das estruturas.

No ano de 2009, o Governo Federal, com o intuito de reduzir o déficit habitacional do País, criou o PMCMV. Esse programa impulsionou a utilização do sistema construtivo de paredes de concreto, conforme a Figura 9, pela necessidade de métodos construtivos racionalizados, com curto período de duração. Segundo Santos (2016), baseado em dados da Caixa Econômica Federal, o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local tem sido amplamente utilizado pelo programa PMCMV.

Figura 9: Residencial popular em parede de concreto na cidade de Palmas



Fonte: autor (2021).

## 2.6.2 Características do sistema construtivo

O sistema construtivo de parede de concreto é baseado em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico e multifuncionalidade, conforme Figura 10, ao contrário do sistema de alvenaria convencional, em que as paredes suportam apenas o próprio peso e as cargas das janelas e portas instaladas, sendo necessária a utilização de lajes, vigas e pilares. Já nas alvenarias estruturais, as paredes de concreto têm a função estrutural. Os elementos estruturais com vigas e pilares são eliminados e a casa será edificada sobre o radier (PINHO, 2010).

Figura 10: Empreendimento com alta repetitividade



Fonte: Neofomas (2022).

Uma das principais inovações desse sistema é a racionalização dos serviços, sendo necessária pouca mão de obra. Dessa forma, o sistema demanda menor quantidade de trabalhadores, contribuindo para a otimização do período de execução. Outra vantagem é que esse sistema reduz improvisações e atividades artesanais comumente relacionadas à construção civil. Segundo Salvino (2020), esse método construtivo tem gerado produtos viáveis tanto para o construtor quanto para o consumidor, que passa a ter uma opção de moradia de baixo custo.

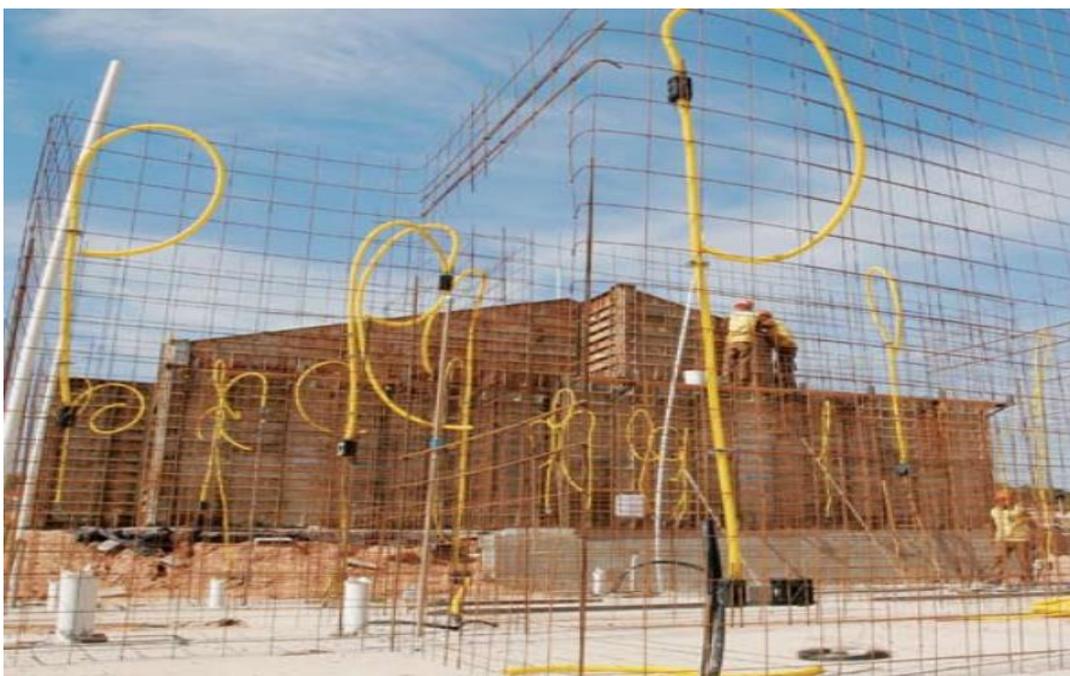
### 2.6.3 Materiais

São denominados fechamentos verticais as paredes externas e as divisórias internas entre ambientes, os quais têm função de proteção ao indivíduo no interior da edificação. Os principais elementos que compõem as paredes de concreto são armação, formas e concreto estrutural.

#### 2.6.3.1 Armação

Utiliza-se malha de aço, que deve ser posicionada no eixo das paredes ou nas faces das paredes, conforme o detalhamento do calculista. Além disso, há fixação das barras, em pontos específicos, como a cinta superior nas paredes, vergas, contravergas, entre outros. Em edifícios com três pavimentos ou mais, as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e os reforços verticais nas extremidades das paredes. Segundo a Comunidade da construção (2021), as armaduras, no método construtivo de parede em concreto, possuem três funções básicas: controlar a retração do concreto, resistir a esforços de flexo-torção nas paredes e servir de ancoragem para as tubulações de elétrica, hidráulica, conforme Figura 11.

Figura 11: Colocação das armaduras e instalações elétricas



Fonte: ABCP (2010).

### 2.6.3.2 Formas

São estruturas provisórias, com o objetivo de moldar o concreto até a desforma. Elas necessitam serem projetadas para resistir a pressões advindas do lançamento e cura do concreto.

Esse sistema deve ser utilizado em empreendimentos que possuam grande número de repetição, como o que ocorre na obra do Residencial Araras 1 e 2. No residencial, foi utilizada a forma de aço, para a posterior concretagem da edificação. De acordo Costa (2013), a versatilidade e leveza das formas proporcionam otimização da produtividade e facilitam as diferentes combinações geométricas.

#### 2.6.3.2.1 Forma Metálica

Nesse tipo de forma, são usadas chapas metálicas ou quadros. O material mais usado é o alumínio, conforme Figura 12. As formas metálicas, por serem consideradas duráveis, são reutilizadas 1.000 vezes.

Figura 12: Forma metálica



Fonte: ABCP (2010).

### 2.6.3.3 Concreto

A concretagem e todas as ações precedentes são de suma importância para que a execução tenha o desempenho, em consonância ao projeto estrutural, garantindo a qualidade da construção e a durabilidade. O concreto é o material que possui a capacidade de moldagem e conformação de elementos estruturais.

#### 2.6.3.3.1 Tipos

Há no mercado quatro tipos de concreto para o sistema de parede de concreto: concreto celular, concreto com agregados leves ou baixa massa específica e concreto convencional ou autoadensável, sendo o último o mais utilizado em casas com parede de concreto.

Esse tipo de concreto autoadensável (tipo N) possui a mistura plástica, dispensando o uso de vibradores. Isso contribui para uma rápida aplicação, que é feita por bombeamento, sendo considerado de grande importância para o método construtivo de parede de concreto. A Tabela 13 apresenta o resumo dos tipos de concretos para paredes de concreto.

Tabela 13: Tipos de concreto para aplicação em paredes de concreto

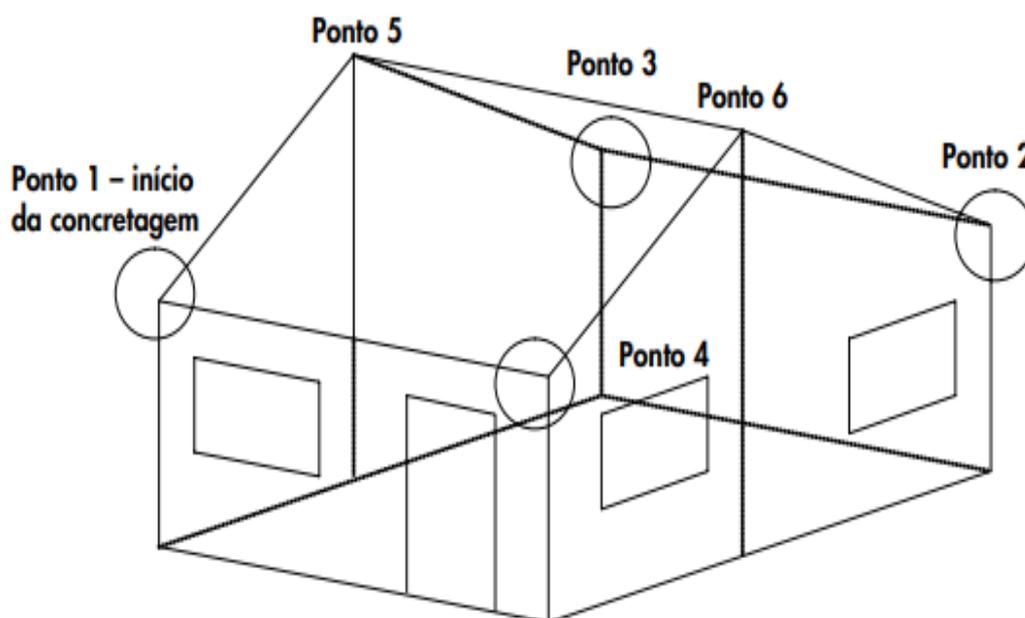
Tipo	Concreto	Massa específica (KG/M <sup>3</sup> )	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1500-1600	4	Casa até dois pavimentos
L2	Com agregado leve	1500-1800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1900-2000	6	Casa até dois pavimentos
N	Convencional ou autoadensável	2000-2800	20	Qualquer tipologia

Fonte: ABCP (2010).

Para ser feita a concretagem, conforme Figura13, é necessário fazer o planejamento, considerando o layout do canteiro, a geometria das fôrmas e o tipo de concreto utilizado. O

lançamento do concreto deve ser iniciado pelos cantos. Logo depois que a parede esteja totalmente cheia, muda-se de posição para o canto oposto até que seja realizada a concretagem em todos os pontos. O concreto deve ser vibrado imediatamente após o lançamento.

Figura 13: Lançamento do concreto nas formas



Fonte: ABCP (2010).

#### 2.6.4 Vantagens

Analisando de forma geral, o sistema de parede de concreto moldada *in loco* apresenta as seguintes vantagens:

- velocidade de execução, pois integra etapas, como a estrutura e vedação;
- qualidade na execução e baixa geração de resíduos, pelo processo ser sistematizado;
- sistema ordenado de trabalho, o que permite a otimização de tarefas;
- aumento da produtividade, resultando em consumo de mão de obra reduzido;
- processo de desforma realizado no período de 24 horas, o que possibilita a construção de uma casa por dia.

Segundo Viana (2018), o método construtivo de paredes de concreto é um dos poucos sistemas que possui processos sistematizados, pois ele se baseia no controle tecnológico, versatilidade, otimização do tempo e na mecanização.

### 2.6.5 Desvantagens

O sistema de parede de concreto moldada *in loco* apresenta as seguintes desvantagens:

- a) as fôrmas possuem alto custo;
- b) limitações a mudanças não planejadas, pois a parede de concreto tem a função de vedação e estrutural;
- c) custo alto em reformas, caso o cliente decida realizar.

### 3 METODOLOGIA

Existem diversas formas de classificar uma pesquisa científica, e as três principais são: quanto à natureza, quanto aos objetivos e quanto ao procedimento. Desse modo, esta é uma pesquisa básica, descritiva, explicativa, bibliográfica, por meio de um estudo de caso executado em uma unidade habitacional do residencial Araras 2, na região Sul de Palmas/TO.

A finalidade foi verificar o atendimento dos critérios e requisitos mínimos de desempenho térmico, de acordo com as normas de desempenho ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021. A pesquisa se divide em quatro etapas.

Na primeira etapa do estudo, foi realizada a descrição da edificação, objeto da pesquisa.

A segunda, foi efetuar o procedimento de cálculo, de acordo o método teórico, em que foram realizados os cálculos de transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico, fator solar e aberturas de ventilação, conforme a ABNT NBR 15220:2005.

O terceiro passo foi identificar a zona bioclimática que se localiza em Palmas e verificar as diretrizes construtivas para a capital, conforme a ABNT NBR 15220:2005.

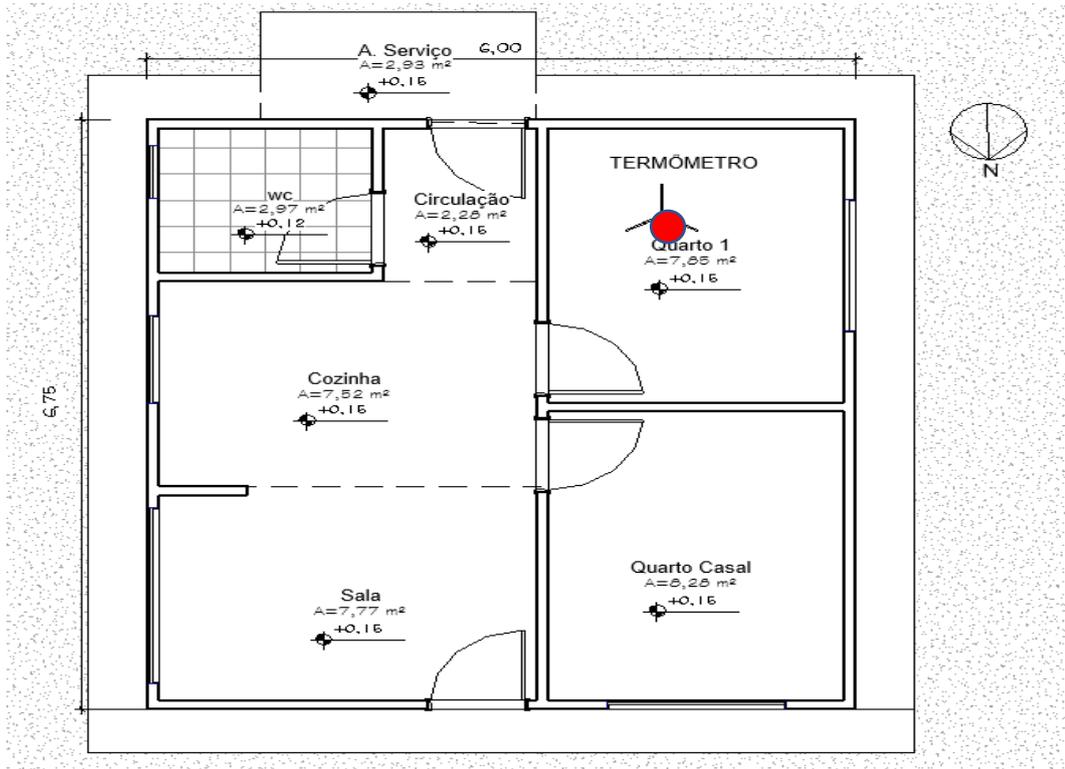
No quarto passo, foi realizada a medição *in loco* e o procedimento simplificado. Logo após esses procedimentos, compararam-se os valores normativos com os resultados e classificaram-se os que se enquadravam na ABNT NBR 15575:2021.

#### 3.1 Descrição da edificação estudada

A edificação, objeto de estudo deste trabalho, localiza-se na região Sul da cidade de Palmas/TO, região de Taquaralto. A residência está localizada no Residencial Araras 2 e foi entregue pelo programa Minha Casa Minha Vida no final de 2020. O conjunto habitacional conta com 500 unidades entregues à população de baixa renda.

A edificação se situa na Quadra 32, Alameda 15, Lote 3, onde foi realizada a medição *in loco*. A habitação foi construída com paredes de concreto, contendo dois quartos, sendo um quarto de casal, banheiro social, área de serviço e sala de estar conjugada com a cozinha, conforme Figuras 14 e 15.

Figura 14: Planta baixa



Fonte: autor (2021).

Figura 15: Unidade habitacional



Fonte: autor (2021).

### 3.2 Avaliação conforme ABNT NBR 15220:2005

#### 3.2.1 Método teórico de acordo com a ABNT NBR 15220-2:2005

Após a identificação do imóvel e do material empregado nas paredes da edificação, foram realizados os métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar da parede de concreto, utilizada no sistema de vedação da edificação. Antes de calcular a transmitância térmica, foi calculada a resistência térmica das camadas, conforme a Equação 6.

Cálculo da resistência térmica das camadas.

$$R = \frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} \quad (6)$$

Logo após realizar esse procedimento, foi calculada a resistência térmica total, de acordo com a Equação 7.

Cálculo da resistência térmica total.

$$RT = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (7)$$

Com o valor de resistência térmica total, foi realizado o cálculo da transmitância térmica, conforme a Equação 8, a capacidade térmica, de acordo com a Equação 9, o atraso térmico, segundo a Equação 10 e o fator solar, conforme a Equação 11.

Cálculo da transmitância térmica.

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (8)$$

Cálculo da capacidade térmica.

$$Ct = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot P_i \quad (9)$$

Atraso térmico

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{RT \cdot Ct} \quad (10)$$

Fator Solar

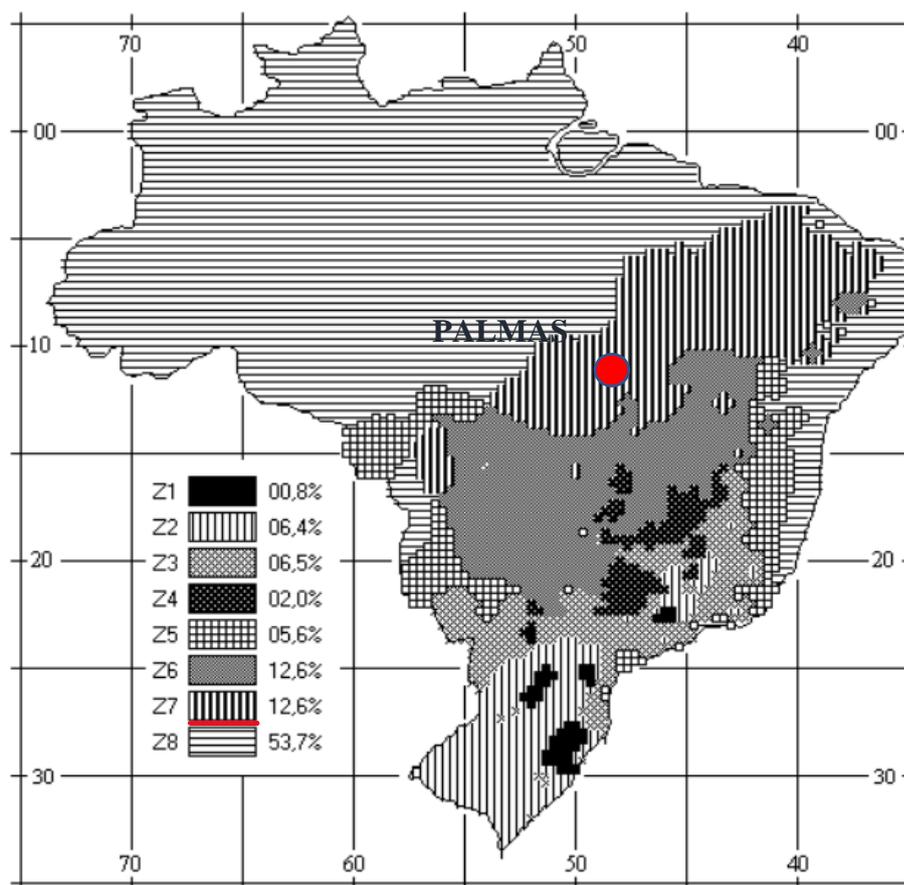
$$F_s = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad (11)$$

Os resultados referentes aos cálculos estão no apêndice A.

### 3.2.2 O zoneamento bioclimático e as diretrizes construtivas de acordo com a ABNT NBR 15220-3:2005

De acordo com a ABNT NBR 15220-3:2005, a edificação deve apresentar características passivas relativas ao conforto térmico, considerando a zona bioclimática, em que a edificação está inserida. Conforme a Tabela, no anexo A da ANBT NBR 15220-3:2005, Porto Nacional/TO (localizado a 52 quilômetros de Palmas) se encontra na zona bioclimática 7 e, da mesma forma, na análise do zoneamento, conforme a Figura 16, foi constatado que Palmas se localiza na mesma zona bioclimática.

Figura 16: Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220:2005, adaptada pelo autor (2021).

De acordo a zona bioclimática da região do objeto de estudo, A ABNT NBR 15220-3:2005 estabelece algumas diretrizes construtivas, definindo o tipo de vedação (leve, leve refletora e pesada), as aberturas de ventilação (pequenas, médias e grandes) e se a edificação deve possuir ou não sombreamento das aberturas.

A Tabela 14 mostra o tipo de vedação externa para habitações pertencentes à zona bioclimática 7.

Tabela 14: Tipos de vedações externas

Vedações externas	Parede: Pesada
-------------------	----------------

Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

Já para o critério de aberturas de ventilação e sombreamentos das aberturas, a norma estabelece as seguintes definições, conforme a Tabela 15.

Tabela 15: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas	Sombrear aberturas

Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

### 3.3 Avaliação segundo a ABNT NBR 15575:2021

#### 3.3.1 Medição *in loco*

Para a verificação do desempenho térmico, foram realizadas as medições *in loco* na habitação, conforme a ABNT NBR 15575:2021. Esse procedimento consiste na verificação do atendimento aos requisitos e critérios de desempenho mínimo de temperatura por meio das medições na habitação. Essa foi uma das metodologias adotadas, no procedimento de avaliação de desempenho térmico, em razão da vantagem de ser um procedimento objetivo, que mostra, na prática, por meio de valores de temperaturas obtidos em campo, o atendimento às exigências da norma de desempenho.

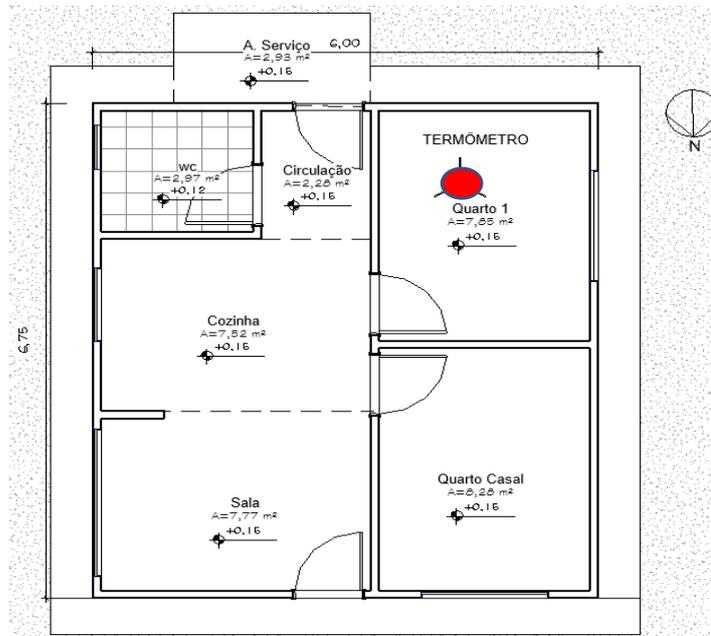
Para a medição em campo, foram utilizadas as diretrizes pertinentes à norma de desempenho. Dessa forma, a residência possui a janela do quarto voltada para oeste, como determina a norma de desempenho. Foi realizada, portanto, a medição da temperatura do ar, no local de permanência prolongada, como no quarto. O termômetro foi instalado com o auxílio de um tripé a 1,20 m, conforme a Figura 17 e, logo depois, foi posicionado no centro da edificação, conforme a Figura 18.

Figura 17: Instalação do equipamento de medição interno



Fonte: autor (2021).

Figura 18: Posição do equipamento na planta baixa da edificação



Fonte: autor (2021).

Similarmente, foi realizada a medição na parte externa da edificação.

Figura 19: Equipamento de medição na parte externa



Fonte: autor (2021).

Para o levantamento de dados desta pesquisa, foram utilizados dois termômetros, de acordo com a Figura 20, que atendem as normativas internacionais de desempenho térmico: ISO-7243, ISO-7726.

Figura 20: Termômetro Datalogger HMTGD-1800

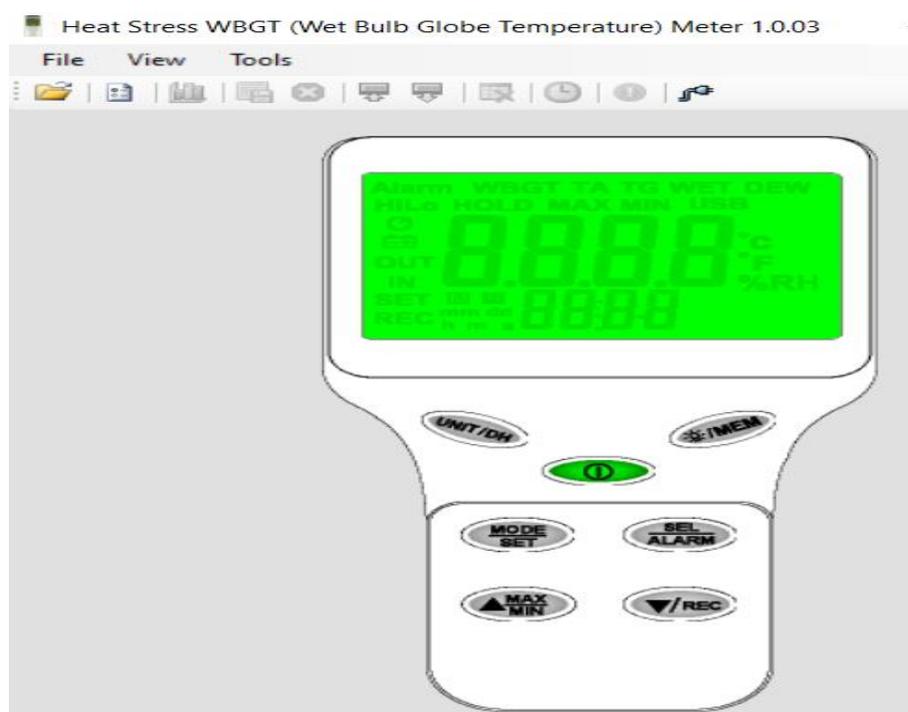


Fonte: Highmed (2021).

O equipamento registrou os seguintes dados: índice de stress térmico (IBUTG) tanto interno quanto externo, temperatura ambiente, temperatura do globo, umidade relativa, ponto de orvalho e índice de bulbo úmido.

Os dados foram armazenados no termômetro, sendo coletados pelo software Heat Stress WBGT Meter 1.0.03, fornecidos junto com o equipamento. A Figura 21 mostra a interface do software.

Figura 21: Interface do Software Heat Stress WBGT Meter 1.0.03



Fonte: autor (2021).

Conforme a norma de desempenho, o dia da medição deve ser um dia típico de verão, antecedido, ao menos um dia, com características similares, levando-se em conta a temperatura externa medida no local. Para isso, é indicado que seja considerada uma sequência de três dias, sendo os dados do terceiro dia analisados.

Para que a edificação atenda a norma de desempenho, de acordo com a zona bioclimática 7, em que Palmas está inserida, o valor máximo da temperatura interna, em cômodos de permanência prolongada, sem a interferência de fontes externas de calor, como equipamentos, lâmpadas ou pessoas, não deve ultrapassar o valor da temperatura externa, conforme a Tabela 16. O critério de avaliação de desempenho térmico, para condições de inverno, para a zona bioclimática referente a Palmas, não necessita ser verificado.

Tabela 16: Critério de avaliação de desempenho térmico para as condições de verão

Nível de desempenho	Zonas 1 a 7	Zona 8
Mínimo	$T_{i\ máx} \leq T_{e\ máx}$	$T_{i\ máx} \leq T_{e\ máx}$
Intermediário	$T_{i\ máx} \leq (T_{e\ máx} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i\ máx} \leq (T_{e\ máx} - 1^{\circ}\text{C})$
Superior	$T_{i\ máx} \leq (T_{e\ máx} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i\ máx} \leq (T_{e\ máx} - 2^{\circ}\text{C})$ $T_{i\ mín} \leq (T_{e\ mín} + 1^{\circ}\text{C})$

$T_{i\ máx}$  valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.

$T_{e\ máx}$  valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

$T_{i\ mín}$  valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.

$T_{e\ mín}$  valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

Fonte: NBR ABNT 15575:2021.

### 3.3.2 Procedimento Simplificado

Nesse procedimento, encontrou-se o valor de degradação do material, a partir da Equação empírica 12. Para a determinação da absorvância à radiação solar ( $\alpha_1$ ), foi considerado o período de 1(um) ano em que a parede ficou exposta à radiação solar, ou seja,  $t=1$  ano.

$$\alpha t = 0,07 \cdot (t)^2 + 0,59 \cdot t \quad (12)$$

Substituindo o tempo na Equação 13.

$$\alpha_1 = 0,07 \cdot (1)^2 + 0,59 \cdot 1 = 0,66 \quad (13)$$

Portanto, foi encontrado o valor da absorvância solar de  $\alpha_1 = 0,66$ .

Conforme o valor da absorvância solar e o da zona bioclimática 7, da região de Palmas, foram verificados os limites de transmitância térmica, conforme Tabela 17.

Tabela 17: Transmitância térmica de paredes

Transmitância térmica de paredes (U)		
W/(m <sup>2</sup> .K)		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 8	
$U \leq 2,7$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

Para determinar o parâmetro da capacidade térmica e abertura, foi utilizado os valores de referência exigidos pela norma, para a zona bioclimática 7, conforme a Tabela 18, em que Palmas está inserida. O cálculo da capacidade térmica foi realizado, de acordo com a ABNT NBR 15220:2005.

Tabela 18: Valores de capacidade térmica de paredes

Capacidade térmica de paredes (CT)	
kJ/ (m <sup>2</sup> .K).	
Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zona bioclimática 8
CT ≥ 130	Sem requisito

Fonte: ABNT NBR 15575:2021.

Já para a proporção dos elementos transparentes e a abertura de ventilação, conforme Tabela 19 e Tabela 20. Foi utilizado a área de piso do recinto em relação, a área de abertura de ventilação e a área envidraçada da janela.

Tabela 19: Aberturas para ventilação

Norma	Área de abertura de ventilação	Área de piso do recinto	Porcentagem da abertura em relação à área de piso
ABNT NBR 15575:2021	0,8 m <sup>2</sup>	7,88 m <sup>2</sup>	10%

Fonte: autor (2022).

Tabela 20: Proporção de referência dos elementos transparentes

Norma	Área envidraçada	Área de piso do recinto	Porcentagem da área envidraçada em relação à área de piso
ABNT NBR 15575:2021	0,65 m <sup>2</sup>	7,88 m <sup>2</sup>	9%

Fonte: autor (2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos a partir dos ensaios de desempenho térmico, conforme a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021, realizados na edificação estudada, construída em parede de concreto armado.

### 4.1 ABNT NBR 15220:2005

Conforme a ABNT NBR 15220-2:2005, foram calculados os valores de transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar para o sistema de vedação vertical em paredes de concreto. O valor de transmitância térmica (U) foi de 4,40 W/m<sup>2</sup>.K, a capacidade térmica de 240 kJ/(m<sup>2</sup>.k) , o atraso térmico alcançou 5,3 (horas) e o fator solar encontrado foi de 11,44%.

A ABNT NBR 15220-3:2005 estabelece valores admissíveis para a transmitância térmica, atraso térmico e fator solar, conforme as diretrizes construtivas para sistemas de vedações na cidade de Palmas. A Tabela 21 mostra o resultado, conforme os valores normativos.

Tabela 21: Resultados da avaliação

Sistema Construtivo	Critério Avaliado	Valores		Desempenho
		Calculado	Exigido	
Parede Pesada	Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]	4,40	≤ 2,20	Reprovado
Parede Pesada	Atraso Térmico Horas	5,3	≥ 6,5	Reprovado
Parede Pesada	Fator solar -FS <sub>o</sub> [%]	11,44	≤ 3,5	Reprovado

Fonte: autor (2022).

A edificação analisada apresentou resultados insatisfatórios nos três itens verificados. O valor da transmitância térmica atingiu o dobro do especificado pela norma. O atraso térmico

ficou próximo do especificado pela norma, porém não alcançou o nível mínimo. Já o fator solar foi três vezes maior.

Esses resultados corroboram para que a edificação apresente baixo desempenho térmico e ocorra aumento da temperatura no interior da habitação. De acordo Frota e Schiffer (2001), a radiação solar, que incide nas paredes externas da edificação, ocasiona um ganho de calor. Essa absorção de temperatura será em função da intensidade da radiação solar e das características térmicas dos materiais do sistema de vedação.

No item de abertura de ventilação, a edificação apresentou resultado satisfatório, porém dentro do limite, conforme a Tabela 22.

Tabela 22: Análise das aberturas para ventilação

Norma	Porcentagem das aberturas em relação à área de piso	Exigido para aberturas pequenas	Situação
ABNT NBR 15220:2005	10%	$10\% < A < 15\%$	Aprovado

Fonte: autor (2022).

Segundo Fransozo (2003), a movimentação do ar, nos ambientes de uma habitação, sobretudo em locais de permanência de pessoas, é uma das variáveis mais relevantes para proporcionar o conforto térmico das edificações.

No item de sombreamento das aberturas, não há sombreamento nas aberturas da edificação, conforme Tabela 23.

Tabela 23: Análise do sombreamento das aberturas

Norma	Sombreamento das aberturas	Há sombreamento	Situação
ABNT NBR 15220:2005	Sobrear	Não possui	Reprovado

Fonte: autor (2022).

O projetista deve levar em conta o sombreamento das aberturas como janelas e portas, pois contribui na diminuição da radiação solar no interior da habitação, favorecendo o conforto térmico da edificação

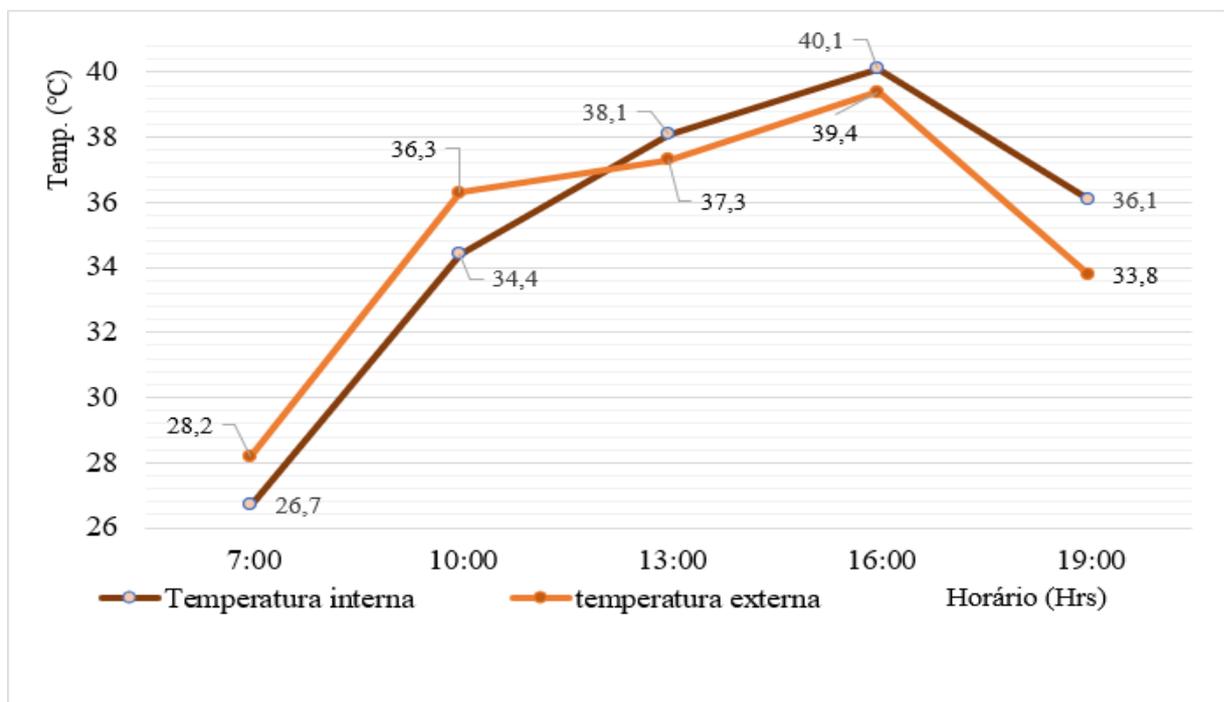
## 4.2 ABNT NBR 15575:2021

### 4.2.1 Medição *in loco*

De acordo com a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2021, deve ser verificado se os dias que antecederam a data da medição apresentaram características semelhantes. Observou-se que esse requisito foi atendido, como demonstrado pelos valores máximos e mínimos de temperatura, para os dias em questão, que foram aproximados. Os dados históricos de temperatura interna e externa para os dias analisados encontram-se no Apêndice B.

A medição ocorreu no dia 23/9/2021, das 7h às 19h, com intervalo de 3h entre uma medição e outra. Durante esse período, a porta permaneceu fechada para evitar a interferência da temperatura externa. A medição foi feita nessa parte do dia, porque era o período em que o proprietário estava fora da residência. Sendo assim, não ocorreu interferência na análise do resultado, pois os dados utilizados são as temperaturas máximas durante o dia. A Figura 22 mostra o gráfico das temperaturas interna e externa na data da medição.

Figura 22: Temperatura do ar no dia 23/9/2021



Fonte: autor (2022).

Para que a edificação apresente desempenho térmico satisfatório, o requisito mínimo, exigido pela ABNT NBR 15575:2021 é que a temperatura interna máxima do dia seja menor

ou igual à temperatura máxima externa. Na medição, verificou-se que a temperatura máxima ocorreu às 16h aproximadamente, em que a temperatura interna foi de 40,1 °C, enquanto a temperatura externa máxima foi de 39,4 °C. A temperatura interna passou a ser maior do que a externa entre 5h e 6 horas, depois do nascer do sol. Diante disso, a edificação não apresentou desempenho térmico satisfatório, chegando a uma temperatura 0,7 °C superior à externa. Corroborando com esse raciocínio, Baltokoski (2015) afirma que a parede de concreto moldada no local possui maior transmitância térmica, conforme foi demonstrado pela ABNT NBR 15220:2005, ocasionando maior variação da temperatura ao longo do tempo.

#### 4.2.2 Procedimento simplificado

Para a análise do critério de transmitância térmica, foi calculado o valor de absorptância à radiação solar de 0,66, para paredes externas e a zona bioclimática 7, em que Palmas está inserida, conforme a ABNT NBR 15220:2005. Já o parâmetro da capacidade térmica considerou somente a região bioclimática da capital.

De acordo com o método teórico da ABNT NBR 15220:2005, para o sistema de vedação vertical (SVVE), o valor de transmitância térmica (U) encontrado foi de 4,40 W/m<sup>2</sup>.K, a capacidade térmica (CT) obtida foi de 240,00 kJ/m<sup>2</sup>. A Tabela 24 mostra a análise dos valores de (U) e (CT), em relação às exigências da ABNT NBR 15575:2021, conforme a Tabela 24.

Tabela 24: Valores de transmitância térmica e capacidade térmica

Critério	Calculado	Exigido	Situação
Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]	4,40	U ≤ 2,5	Reprovado
Capacidade Térmica kJ/[m <sup>2</sup> . K]	240	CT ≥ 130	Aprovado

Fonte: autor (2022).

O valor da transmitância térmica foi inadequado aos parâmetros normativos. O elevado valor de transmitância térmica contribuiu para os ganhos indesejáveis de calor do ambiente externo.

Já o resultado da capacidade térmica foi aprovado. Ela é a propriedade física que indica a capacidade de um corpo para armazenar calor e dissipar ao longo do dia. Contudo a edificação não atingiu valores satisfatórios, em relação à transmitância térmica, atraso térmico e fator solar,

conforme verificado pela ABNT NBR 15220:2005, corroborando para que a temperatura interna seja maior do que a externa, como mostrou a análise da medição *in loco* da ABNT NBR 15575:2021.

Já a abertura de ventilação atendeu o requisito mínimo, conforme Tabela 25.

Tabela 25: Aberturas para ventilação

Norma	Porcentagem das aberturas em relação à área de piso	Exigido para aberturas pequenas	Situação
ABNT NBR 15575:2021	10%	$\geq 7\%$	Aprovado

Fonte: autor (2022).

As paredes de concreto possuem um baixo desempenho térmico, quando aplicadas a edificações, em razão de o concreto possuir alta transmitância térmica, isto é, possui alta transmissão de calor por unidade de tempo. Aliado a essa característica do material, outros fatores podem ter influenciado na residência para que os requisitos de desempenho térmico não fossem atendidos, como atraso térmico e fator solares, por não terem atingido níveis adequados.

A proporção dos elementos transparentes atendeu o requisito mínimo, conforme Tabela 26.

Tabela 26: Proporção dos elementos transparentes

Norma	Porcentagem da área envidraçada em relação a área de piso	Exigido para recintos com área $\leq 20,0 \text{ m}^2$	Situação
ABNT NBR 15575:2021	9 %	$\leq 20 \%$	Aprovado

Fonte: autor (2022).

O critério de área envidraçada foi atendido, contudo uma hipótese é de que o vidro da janela do ambiente medido tenha contribuído para a incidência de calor, para o interior da edificação, a partir da radiação solar. Segundo Omar (2011), os vidros permitem boa visibilidade, porém transmitem grandes proporções de radiações solares para o interior do ambiente.

O vidro comum transparente são os mais usados na construção civil, por maior disponibilidade no mercado e seu menor custo. A janela do quarto recebeu a radiação solar direta na parte da tarde até o pôr do sol. Dessa forma, no período em que o imóvel alcançou a maior temperatura, por volta das 16h, o sol estava atingindo diretamente a janela de vidro. Conforme verificado pela ABNT NBR 15220:2005, a edificação não possui sombreamento das aberturas, o que pode ter contribuído para o não atendimento do desempenho térmico.

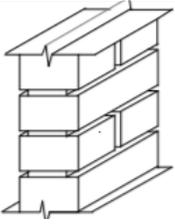
Outro elemento que pode ter influenciado no não atendimento dos requisitos mínimos de temperatura, no interior da edificação, foi que tanto a porta quanto a janela permaneceram fechados durante todo o período de medição. Isso foi necessário para atender à metodologia determinada pela norma de desempenho.

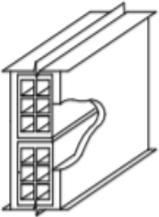
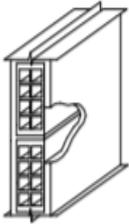
Entretanto tal medida fez com que não houvesse troca de ar, no interior do quarto, contribuindo para o aumento de temperatura. Em situação de uso real, provavelmente, o morador iria manter a janela aberta, para preservar uma temperatura mais agradável, advinda da renovação do ar do ambiente, caso não utilizasse nenhum aparelho condicionador de ar no local.

### 4.3 Materiais alternativos à parede de concreto

Vale ressaltar que a ABNT NBR 15220:2021 apresenta alguns tipos de materiais empregados em sistemas de vedação, além do sistema de parede de concreto, que atendem os parâmetros mínimos de transmitância térmica e atraso térmico da ABNT BR 15220:2005 e o critério de capacidade térmica da ABNT NBR 15575:2021, conforme a Tabela 27.

Tabela 27: Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes

Parede	Descrição	U [W/ (m <sup>2</sup> .K)]	CT [kJ/ (m <sup>2</sup> .K)]	$\varphi$ [horas]
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm	3,70	149	2,4

	<p>Espessura total da parede: 10,0 cm.</p>			
	<p>Parede de tijolos seis furos quadrados, assentados na menor dimensão.</p> <p>Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm.</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm.</p> <p>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm.</p> <p>Espessura total da parede: 14,0 cm.</p>	2,48	159	3,3
	<p>Parede de tijolos oito furos quadrados, assentados na menor dimensão.</p> <p>Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm.</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm.</p> <p>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm.</p> <p>Espessura total da parede: 14,0 cm.</p>	2,49	158	3,3

Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

Uma medida que deve ser tomada por moradores do residencial Araras 2, para amenizar a temperatura, é a arborização do quintal. Favorecendo esse raciocínio, Camargo, Fernandes e Holanda (2020) relatam que a adoção de jardins e vegetação proporciona umedecimento do ar, exercendo considerável influência no conforto térmico do ambiente construído.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados do estudo realizado, verificou-se que a edificação construída em paredes de concreto, na cidade de Palmas/TO, não obteve desempenho térmico satisfatório, conforme a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021.

No procedimento de cálculo da ABNT NBR 15220:2005, não foram atendidos os requisitos de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar, não atingindo o desempenho mínimo, conforme os parâmetros preconizados na referida norma. A abertura de ventilação foi aprovada, porém está no limite de 15%. Também não há proteção das aberturas, conforme estabelece a norma. Todos esses aspectos corroboram para que a edificação não ofereça o conforto térmico adequado ao usuário.

Já na medição *in loco*, conforme a ABNT NBR 15575:2021, a edificação apresentou a temperatura interna 0,7 °C mais elevada do que a externa, quando a temperatura ambiente atingiu sua máxima temperatura, por volta das 16 horas. Para que o desempenho mínimo fosse atingido, a edificação deveria ter apresentado a temperatura interna inferior à externa durante todo o dia.

No procedimento simplificado, a transmitância térmica também não atendeu aos critérios exigidos. Contudo vale ressaltar que construir edificações com desempenho térmico confortáveis, na cidade de Palmas/TO, é uma tarefa complexa, em razão das altas médias de temperatura recorrentes na capital. Dessa forma, faz-se necessária a utilização de alternativas construtivas que ajudem na melhoria do desempenho térmico, em relação a locais com temperaturas elevadas.

Por esse motivo, a pesquisa abordou conceitos de desempenho térmico e os requisitos para alcançá-los, conforme a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2021.

Com os resultados obtidos nesta pesquisa, constatou-se que o uso apenas do procedimento teórico, a medição *in loco* e o procedimento simplificado para projetos na região de Palmas/TO são suficientes para medir o real desempenho térmico das edificações.

Ainda que o sistema de parede de concreto utilizado no objeto de estudo desta pesquisa não atingiu níveis mínimos de desempenho em relação ao conforto térmico por meio da ABNT NBR 15220:2005 e da ABNT NBR 15575:2021, esse é um dos sistemas mais adotados em Palmas/TO, sobretudo em habitações destinadas a habitações de interesse social. Com isso, faz-se necessária a realização de mais estudos acerca do conforto térmico, para que as construções proporcionem um padrão adequado de conforto e segurança a seus usuários.

## REFERÊNCIAS

- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Paredes de concreto**: coletânea de ativos 2009/2010. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://abcp.org.br/download/?search=Parede%20de%20Concreto#Dload>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2021.
- BALIZA, Caio Gonçalves. **Análise do desempenho térmico e acústico de uma edificação de alvenaria estrutural no município de Palmas/TO**: Estudo de caso. 2021. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2021.
- BALTOKOSKI, Patrick Luan Cardoso. **Comparativo térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local**. 2015. 55 f. Monografia (Curso de Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. UTFPR, Pato Branco, PR, 2015.
- BAZOLLI, João Aparecido. **Os efeitos dos vazios urbanos no custo de urbanização da cidade de Palmas - TO**. 2007. 154 f. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Ciência do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2007.
- BELLO, Luiza Guerra. **Análise do desempenho de conforto térmico de projetos de habitações unifamiliares em Pato Branco/PR**. 2013. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Senado Federal, Secretaria especial de editoração e publicações subsecretaria de edições técnicas, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/>. Acesso em: 16 fev. 2022.

BRASIL. Lei n. 11.977, 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nºs 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória nº 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, de 8 de julho, 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/111977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111977.htm). Acesso em 13 jan. 2022

BRASIL. Lei n. 14.118, 12 de janeiro de 2021. Legislação Informatizada - Dados da Norma. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, de 13 de janeiro, 2021. Seção 1, p1. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2021/lei-14118-12-janeiro-2021-790986-norma-pl.html>. Acesso em: 30 set. 2021.

BRASIL. Portaria n. 959, de 14 de maio de 2021. Dispõe sobre os requisitos para a implementação de empreendimentos habitacionais no âmbito da linha de atendimento Aquisição subsidiada de imóveis novos em áreas urbanas, integrante do Programa Casa Verde e Amarela. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 maio. 2021. Seção 1, p.155. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-959-de-18-de-maio-de-2021-320687425>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CAIXA. Caixa Econômica Federal. **Demanda habitacional no Brasil**. 170p. Brasília, 2011. ISBN 978-85-86836-33-6.

CAMARGO, Maína Seviolo de; FERNANDES, Isabela Maria Martins; HOLANDA, Elisa Sayure Tanima de. **Utilização de jardim vertical para conforto térmico e harmonia paisagística no Bloco de Salas de Aula Sul da Universidade de Brasília**. 2020. 60 f. Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS, Universidade de Brasília, DF, 2020.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Parede de Concreto. **Concreto e execução**. 2010. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/concreto/execucao/33/concreto.html>. Acesso em: 7 dez. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Parede de Concreto. **Armação e execução**. 2010. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/armacao/execucao/32/armacao.html>. Acesso em: 16 jan. 2021.

COSTA, Lucas Jaques Dias da. **Paredes de concreto moldada *in loco* em condomínios horizontais**: avaliação de desempenho pelos usuários. 2013. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

FRANSOZO, Hélder Luís. **Avaliação de desempenho de habitações de baixo custo estruturadas em aço**. 2003. 244 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil. Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2003.

FREITAS, Ygor; LORENZO, Raydel. Análise de desempenho térmico de edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas-TO. In: **Revista Desafios**, Palmas, vol. 03, n. 02, p.28, novembro, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311916902>. Análise de desempenho térmico de edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas/TO Acesso em: 13 jan. 2022.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. **Déficit habitacional no Brasil 2013-2014**, 92 p. Belo Horizonte, 2016.

GÓES, Bruno Pereira. **Paredes de concreto moldadas “in loco”, estudo do sistema adotado em habitações populares**. 2013. 42 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

GONÇALVES, Thayane. Barreira. **Análise de desempenho térmico segundo a NBR 15.575/2013 em protótipos em Palmas-TO**: Comparação entre a telha cerâmica e a telha de concreto. 2020. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2020.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-10.34123597,-48.25999133,266.14007585a,824.36249737d,35y,43.21904181h,1.67972395t,-0r>. Acesso em: 14 dez. 2021.

HIGHMED (São Paulo-SP). **Termômetro de Globo Digital com Datalogger – HMTGD 1800**. São Paulo-SP: Highmed, 2021. Disponível em: <https://www.highmed.com.br/hmtgd1800-termometro-de-globo-digital-com-datalogger/p>. Acesso em: 21 ago. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/palmas.html>. Acesso em: 20 fev. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 7730**. Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

KERN, Andrea Parisi; SILVA, Adriana; KAZMIERCZAK, Claudio de Souza. O Processo de Implantação de Normas de Desempenho na Construção: Um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-102,2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/89989>. Acesso em: 19 fev. 2022.

LAY, Maria Cristina Dias; REIS, Antônio Tarcísio da Luz. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, jul/set. 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/140062>. Acesso em: 13 jan. 2022.

LUCINI, Andréia Cristina Guimarães Cantuária. **O Espaço das Construtoras e o Programa Minha Casa Minha Vida em Palmas – TO: O Estado e a Sociedade Criando um Mercado.** 2013. 165f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2013.

LUCINI, A. C. G. C.; PEDROSO NETO, A. J. Políticas públicas e desenvolvimento: uma análise de programas habitacionais em Palmas - TO (1998-2012). **Revista Interface**, Palmas, Edição n. 12, p. 84-102, dezembro de 2016.

MACÊDO, Julianne Simões de. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local.** 2016. 77 f. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao conselho do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MORAIS, Híder Cordeiro de. **Avaliação da aplicabilidade da norma ABNT NBR 15575/2013 em uma edificação no município de Palmas – TO.** 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2017.

NEOFORMAS. **Governo publica novas regras para o Minha Casa Minha Vida.** 2022. Disponível em: <https://www.neoformas.com.br/passo-a-passo-paredes-de-concreto-projetos>. Acesso: 18 jan. 2022.

O JORNAL. **Prefeitura realiza audiência pública para apresentar rito da revisão do Plano Diretor de Palmas.** 2016. Disponível em: <http://www.ojornal.net/noticia-39343-prefeitura-realiza-audiencia-p-blica-para-apresentar-rito-da-revis-o-do-plano-diretor-de-palmas>. Acesso em: 16 out. 2021.

OLIVEIRA, Mariela Cristina Ayres de. Um relato sobre as primeiras habitações sociais em Palmas-TO. Ambiente construído e sustentabilidade. **1ª Edição ANAP Tupã – SP.** v. 1, 2016. Cap. 9, p. 195-215.

OLIVEIRA, Roberta Bastos de; ALVES, Camila dos Reis. Análise do desempenho térmico de habitação de interesse social com paredes de concreto em Uberlândia-MG. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, n. 00, p. e 021006, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index>. Acesso em: 18 fev. 2022.

OMAR, Luciana Girardi. **Influência dos vidros no desempenho térmico e conforto ambiental em edificações de escritórios: Um estudo de caso.** Orientador: Bismarck Castillo Carvalho. 2011. 187p. Dissertação (Mestrado em engenharia de edificações e ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2011.

PCVA. Programa casa verde e amarela. **Casa Verde e Amarela – Habitação Urbana.** 2020. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/casa-verde-e-amarela/urbana>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PINHO, Dino de Tarso Pinheiro e. **Sistema construtivo parede de concreto: um estudo de caso.** 2010. 43 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2010.

PMCMV. Programa minha casa minha vida. **Minha Casa Minha Vida** – Habitação Urbana. 2009. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SALVINO, Thayana Helen Batista. **Sistema construtivo em parede de concreto**: uma solução para déficit habitacional no Brasil. 2020. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2020.

SANTOS, M. B; Gouveia F. P. Análise do desempenho térmico de habitações de interesse social construídas em paredes de concreto: Um estudo de caso em Tucuruí – PA. Tucuruí, **Revista de Engenharia Civil**. n. 55, p. 5-18, Julho, 2018. Disponível em: <https://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.5-18.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2022.

SILVA, Josivaldo Alves da. Atuação parlamentar: uma análise do desempenho dos vereadores na câmara municipal de Palmas, Tocantins. **Contemporânea** – Revista de Ética e Filosofia Política, Palmas, v. 1, n. 2, p. 45, jul./dez. 2021. Disponível em: <https://www.revistacontemporanea.com/index.php/home/article/view/21>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SILVA, Kalinne Fernanda Freire Pimentel; NOGUEIRA, Maria Fernanda Tenório **Estudo de caso**: análise e implementação da norma de desempenho 15575/2013. 2017. 42f. TCC (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário CESMAC, Maceió, AL, 2017.

TOCANTINS. Secretaria de Habitação. **PEHIS** – Plano de Habitação de Interesse Social do Estado do Tocantins. Contrato – Pregão Presencial N° 052/2010 Produto 12: Relatório Final do Plano de Ação 2012 Plano de Habitação de Interesse Social do Estado do Tocantins. Palmas, TO, 2012.

VIANA, Camila Pôssas Paglioni. **Paredes de concreto armado para edifícios verticais**. 2018. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, TO, 2018.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – MÉMORIAL DE CÁLCULO DE ACORDO COM A ABNT NBR  
15220:2005**

**Cálculo da transmitância e da capacidade térmica**

A parede é composta por uma camada de concreto armado, a condutividade térmica desses materiais.

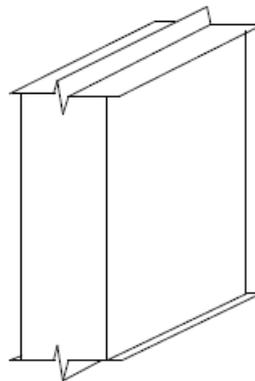
Tabela de condutividade térmica dos materiais da parede de fachada

Materiais	$\lambda$ (W/m.K)
Concreto Armado	1,75

Fonte: ABNT NBR 15220:2005.

Para efeito de cálculo a parede é um elemento composto por uma camada homogênea de concreto com 10 cm de largura.

Figura da parede da fachada em vista com camada única de 10 cm de concreto armado.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15.220-3/2005.

- Cálculo da resistência térmica das camadas.

$$R = \frac{e \text{ concreto}}{\lambda \text{ concreto}}$$

$$R = \frac{0,1}{1,75} = 0,0572 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

- Cálculo da resistência térmica total.

$$RT = R_{se} + R_t + R_{si}$$

$$RT = 0,04 + 0,0572 + 0,13 = 0,2272 \text{ m}^2 \cdot \text{k/w}$$

- Cálculo da transmitância térmica.

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{0,2272} = 4,40 \text{ w}/(m^2 \cdot k)$$

- Cálculo da capacidade térmica do componente parede.

$$Ct = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot P_i$$

$$Ct = 0,1 \cdot 1 \cdot 2400 = 240 \text{ kj}/(m^2 \cdot k)$$

- Atraso térmico

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_t \cdot Ct}$$

$$\varphi = 0,7284 \sqrt{0,2272 \cdot 240} = 5,3 \text{ Horas}$$

- Fator Solar

$$F_s = 4 \cdot U \cdot \varphi$$

$$F_s = 4 \cdot 4,40 \cdot 0,65 = 11,44\%$$

### APÊNDICE B – RESULTADOS DO DIA 23/09/2020

Tabela com os valores máximos e mínimos da temperatura interna.

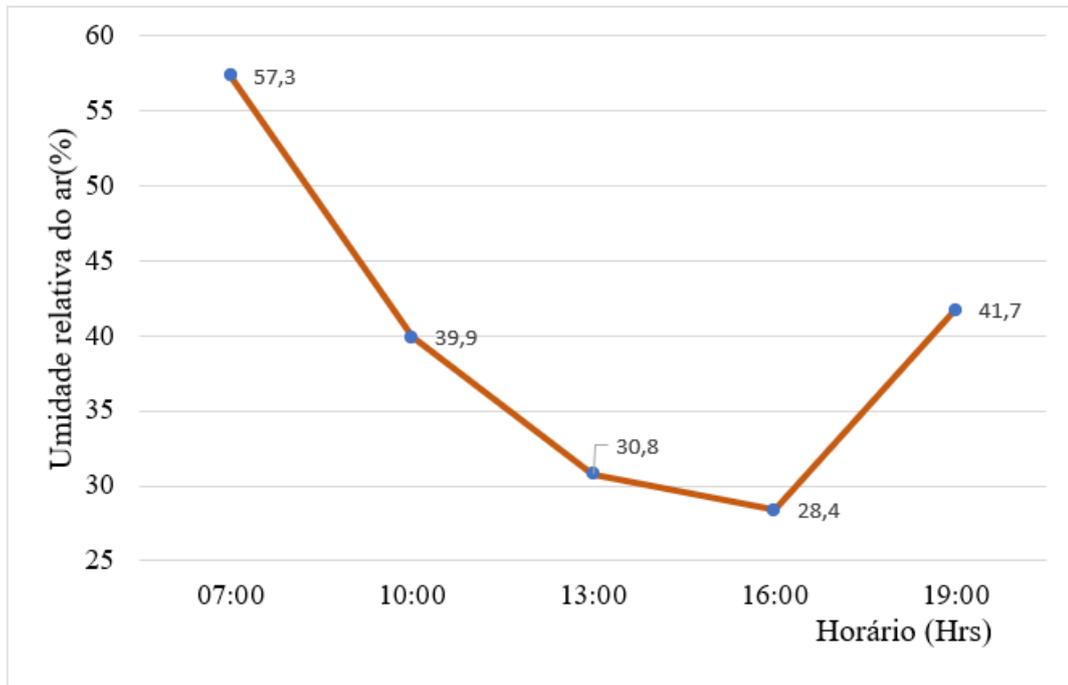
Dia	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
21/09/2021	27,2 °C	41,1 °C
22/09/2021	27,5 °C	40,5 °C
23/09/2021 (Data da medição)	26,9 °C	40,1 °C

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Tabela com os valores máximos e mínimos da temperatura externa.

Dia	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
21/09/2021	28,5 °C	38,3 °C
22/09/2021	28,3 °C	38,7 °C
23/09/2021 (Data da medição)	28,2 °C	39,4 °C

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

**APÊNDICE C – GRÁFICO DE UMIDADE RELATIVA DO AR NO DIA 23/09/2020**

Fonte: elaborada pelo autor (2021).