

---

## Comparação do desempenho térmico em vedações por alvenaria convencional e *steel frame* em Palmas - TO

### *Comparison of thermal performance in closures by conventional alvenaria and steel frame in Palmas - TO*

Thiago Henrique Omena<sup>1\*</sup>, Lorrán Michel de Paula Macedo <sup>1</sup>, Mariela Cristina Ayres de Oliveira <sup>2</sup>,

---

#### RESUMO

A cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins, é uma das cidades mais quentes do Brasil e as edificações da região enfrentam dificuldades para garantir o conforto térmico devido às características climáticas. Este estudo analisa o desempenho térmico de uma residência construída com *Steel Frame* e uma com Alvenaria Convencional em Palmas - TO, com o objetivo de determinar qual sistema construtivo proporciona melhor desempenho. A análise foi realizada através de cálculos de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica dos sistemas de vedação, bem como de medições de temperatura do ar dentro das edificações durante três dias consecutivos. O estudo concluiu que, apesar do *Steel Frame* ter materiais com alto isolamento térmico, não atendeu ao requisito de capacidade térmica, mantendo a temperatura do ar, no interior da edificação, cerca de 8 °C acima da temperatura externa. A pesquisa observou ainda que a residência de Alvenaria Convencional atendeu a todos os requisitos mínimos exigidos pela norma de desempenho.

**Palavras-chave:** Transmitância Térmica; Capacidade Térmica; *Steel Frame*; Alvenaria Convencional.

---

#### ABSTRACT

The city of Palmas, the capital of the state of Tocantins, is one of the hottest cities in Brazil, and buildings in the region face difficulties in ensuring thermal comfort due to the climatic conditions. This study analyzes the thermal performance of a residence built with *Steel Frame* and one with conventional masonry in Palmas - TO, with the aim of determining which construction system provides better performance. The analysis was carried out through calculations of Thermal Transmittance and Thermal Capacity of the sealing systems, as well as measurements of indoor air temperature within the buildings for three consecutive days. The study concluded that, despite *Steel Frame* having materials with high thermal insulation, it did not meet the thermal capacity requirement, maintaining the indoor air temperature around 8 °C higher than the external temperature. The research also observed that the conventional masonry residence met all the minimum requirements demanded by the performance standard.

**Keywords:** Thermal Transmittance; Thermal Capacity; *Steel Frame*; Conventional Mansory

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins.

\*E-mail: thomena@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A construção de edificações tem o intuito de proteger os usuários das intempéries e ataques externos, proporcionando abrigo e conforto. No Brasil, o sistema convencional de construção de casas e edifícios é a alvenaria com tijolos cerâmicos, cujo sistema foi trazido pelos portugueses para construções próprias e, em meados do século 19, a produção do setor de construção passa a atender também o mercado (TELLES, 1984).

O sistema construtivo em alvenaria utiliza materiais simples como cimento, areia, blocos cerâmicos e aço. Sua estrutura é composta por pilares de vigas em concreto armado e sua vedação interna e externa é composta com paredes de blocos cerâmicos (CASSAR, 2018).

Apesar da alvenaria ser o sistema construtivo mais utilizado no Brasil, novas tecnologias construtivas, como o *Light Steel Frame* (LSF) ou, somente, *Steel Frame*, vêm sendo implementadas no país com a premissa do ganho em produtividade e eficiência.

O *Steel Frame* é um sistema construtivo, que teve sua ascensão em 1993 nos Estados Unidos, e é viabilizado por perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não-estruturais depois de receber painéis de fechamento, tais como placas cimentícias, placas OSB ou *Drywall* e, justamente por isso, é conhecido como construção a seco, pois desconsidera o uso de concreto e cimento.

Isto posto, independente da escolha do sistema construtivo, a arquitetura de uma edificação necessita ser projetada com o intuito de possibilitar, ao usuário, condições de conforto durante dia e noite, independente das características climáticas do ambiente. Segundo Barbosa e Lima (2010), adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto.

Com isso, este estudo tem como objetivo analisar o desempenho térmico de edificações construídas em *Steel Frame* e em alvenaria convencional na cidade de Palmas – TO. Como objetivos específicos foram analisados a Transmitância Térmica (U), a Capacidade Térmica (CT) e o atendimento aos requisitos mínimos para o desempenho térmico em sistemas de vedação vertical em *Steel Frame* e alvenaria convencional de acordo com procedimento simplificado pela ABNT NBR 15.575-4:2013. Por último, compararam-se a temperatura do ar interno entre as edificações de *Steel Frame* e alvenaria convencional conforme procedimento de medição *in-loco*, estabelecido pela ABNT NBR 15.575-1:2013.

O município escolhido como referência neste estudo é a capital do Estado do Tocantins, Palmas que é considerada, conforme classificação Köppen-Geiger, uma das capitais estaduais mais quentes do Brasil na atualidade. Corroborando o exposto, o Laboratório de Meteorologia e Climatologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT) classifica o clima do município como tropical chuvoso, possuindo uma estação relativamente seca no decorrer do ano, contendo temperaturas médias anuais de 26,9 °C, máxima de 39,6 °C e mínima de 21,4 °C.

A justificativa da pesquisa encontra-se no fato de que a cidade em questão apresenta condições climáticas adversas que tornam a garantia do conforto térmico em edificações um grande desafio. A temperatura máxima diária em Palmas pode chegar a mais de 40,0°C nos meses mais quentes do ano, como apontado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Diante deste contexto, torna-se essencial projetar sistemas de vedação vertical que possibilitem condições de conforto térmico ao usuário, independentemente das características climáticas do ambiente. Outro fator que deve ser ressaltado é a escassez de estudos relacionados ao conforto térmico em edificações no estado do Tocantins, conforme destacado por Gonçalves (2020).

## FUNDAMENTAÇÃO

O termo *Steel Frame* significa estrutura de Aço, visto que a palavra *Steel* remete ao aço e o termo *Frame* é usado para definir o esqueleto estrutural composto por este tipo de material. A inclusão do vocábulo em inglês *Light* significa leve, e serve para expressar que toda a estrutura, por utilizar os perfis de aço galvanizado, possui um peso reduzido conforme apontamentos de Pedroso *et al.* (2014).

Os autores supracitados afirmam ainda que uma característica positiva e que diferencia este sistema construtivo dos demais é o menor tempo de execução e a precisão na quantidade de materiais a ser aplicado.

O *Steel Frame* pode ser associado ao *Drywall*, amplamente utilizado no Brasil, e constituído por uma estrutura de perfis galvanizados onde são fixadas placas de gesso, servindo como vedação interna ou divisão de ambientes (CRASTO, 2005). Entretanto, o *Drywall* não possui função estrutural. Já o *Steel Frame*, trata-se de um sistema construtivo composto por vários subsistemas que, além de compor a parte estrutural, envolvem a

fundação, o isolamento, o fechamento interno e externo e as instalações complementares como elétrica e hidrossanitário.

Por outro lado, a alvenaria convencional é produzida em alvenaria e segundo Sabbatini (1989), o termo define um elemento construído em obra e formado pela união de tijolos, blocos e argamassa, gerando como resultado um conjunto resistente, firme e coeso. Este sistema de construção, é composto por uma estrutura reticulada em concreto armado e vedação externa em alvenaria de blocos cerâmicos. (CASSAR, 2018).

Isto posto, a alvenaria convencional ou de vedação, é destinada a compartimentar espaços em uma edificação, e preencher os vãos estruturais e realizar o fechamento da edificação. Este fechamento, é também um dos principais fatores relacionados ao conforto térmico, visto que a envoltória da edificação recebe durante todo o dia a incidência dos raios solares e transmite o calor adquirido para o interior do ambiente.

De acordo com Lamberts *et al.* (2016) é possível definir comportamento térmico através das respostas da edificação, as fontes de calor internas devido ao uso e a ação climática pelo lado externo. Segundo Frota e Schiffer (2001), as variáveis climáticas que caracterizam uma região ou um ambiente e que impactam o conforto térmico são a temperatura do ar, também conhecida como Temperatura de Bulbo Seco (TBS), a velocidade do ar, umidade relativa do ar e radiação solar.

O conforto térmico se refere, segundo Lamberts *et al.* (2016), ao estado em que um indivíduo expressa satisfação com o ambiente térmico. Já a não satisfação pode estar relacionada com a sensação de desconforto (por calor ou frio) quando o balanço térmico não é estável.

Neste sentido a ASHRAE STANDARD (2010), define o conforto térmico como *that condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment* ou aquela condição de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico (tradução nossa). Entretanto, em relação a condição humana, o conforto está relacionado não só com fatores físicos, mas fisiológicos e psicológicos.

Ainda sobre o exposto, os fatores físicos estão relacionados com as trocas de calor do corpo humano com o meio ambiente, enquanto os fatores fisiológicos referem-se a alterações no organismo humano, após a exposição por um determinado período a uma condição térmica específica. Já os fatores psicológicos são aqueles que reagem às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais do corpo conforme apontamentos de Lamberts *et al.* (2016).

Com isso, o equilíbrio térmico é uma condição necessária, porém não suficiente, para que um indivíduo esteja em conforto térmico devido à variação biológica entre as pessoas, como pontuaram os autores supracitados.

## CARACTERIZAÇÃO DE PALMAS – TO

A cidade de Palmas foi planejada para ser a capital do Tocantins e foi criada em 20 de maio de 1989, logo após a criação do Estado pela constituição em 1988. A cidade está localizada no centro do Estado às margens do Rio Tocantins, a 10° 10' de latitude sul e 48° 20' de longitude oeste, elevada a 260 m do nível do mar.

Segundo o IBGE (2022) o município possui área de 2.227,329 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 313.349 pessoas com densidade demográfica de 102,90 hab/km<sup>2</sup>. A região caracteriza-se pelo bioma do Cerrado de clima úmido, com vegetação em formações savânicas e presença de áreas de formações florestais e de pastagens.

Quanto a caracterização das médias mensais de radiação solar, precipitação, umidade relativa e velocidade dos ventos, a pesquisa utilizou os dados publicados no ano de 2016 por serem os dados consistidos mais próximos ao Ano Climático de Referência (TRY) definido como 2015 por Ferraz e Oliveira (2020) que realizaram um estudo através das séries históricas de temperaturas médias mensais entre o ano de 2008 e 2017.

Assim os dados de 2016, foram utilizados por esta pesquisa para caracterizar as médias mensais e, estes dados foram definidos através das séries históricas do INMET (2016), pelo Projeto de Eficiência Energética em Edificações (Projeteee), do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O ano hidrológico de Palmas é bem definido, tendo os meses de outubro a abril a maior precipitação, com média acima dos 160 mm. Já os demais meses, apresentam média abaixo dos 80 mm, chegando a estiar nos meses de junho a agosto.

Quanto a avaliação da umidade relativa do ar, ela se mantém com uma média acima dos 70 % nos meses chuvosos, chegando a 30 % nos meses de estiagem.

Silva e Souza (2016), caracterizaram a direção predominante e a velocidade dos ventos na cidade de Palmas - TO, com dados levantados pelo INMET entre os anos de 2005 e 2015. Deste modo, a velocidade média mensal dos ventos, sendo que as maiores médias estão entre os meses de maio a novembro, podendo chegar a quase 2,50 m/s. Nos

demais meses, mantem-se uma média na faixa de 1,30 m/s, sem a ocorrência de grandes variações.

Em relação as direções dos ventos, há uma predominância na direção Leste em 22,5% dos dados, seguido da direção Norte com 13,37 %; restando Nordeste e Sudeste com 11,58 % e 10,75 % respectivamente.

Quanto a Zona Bioclimática a qual Palmas pertence, a ABNT NBR 15220-3:2005, define zonas climáticas como “a região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano”. Um estudo elaborado por Ferraz e Oliveira (2020), estabeleceu a zona bioclimática 7, devido a caracterização climática da região. Como diretrizes construtivas, a ABNT NBR 15220-3:2005 recomenda aberturas pequenas para ventilação, e que sejam sombreadas.

## METODOLOGIA

A fim de analisar o desempenho térmico nas edificações de *Steel Frame* e Alvenaria Convencional segundo a NBR 15575:2013, foi necessário caracterizar as edificações que seriam comparadas para em seguida realizar os cálculos do procedimento simplificado da mesma norma supracitada, posteriormente, foram realizadas medições *in-loco* nas residências.

Isto posto, a edificação de *Steel Frame* localiza-se na cidade de Palmas-TO no Plano Diretor Sul, Quadra 507 Sul (Arso 53). No lote existem duas residências geminadas que recebem radiação solar direta entre 8 h e 11 h da manhã e os estudos foram realizados na casa 1.

Esta edificação possui fachada de entrada para o leste, os ambientes que recebem radiação solar são a sala de estar no pavimento térreo e a suíte no pavimento superior. A edificação utiliza telhas isotérmicas (telhas sanduíche), no fechamento vertical e horizontal, a edificação utiliza placas cimentícias, painel OSB, lã de vidro e gesso acartonado.

Como na cidade de Palmas-TO as residências de *Steel Frame* não são tão comuns quanto as de Alvenaria Convencional, as edificações selecionadas para a pesquisa tiveram a fachada virada para o leste, mas com uma das paredes viradas para o norte.

A outra edificação analisada com vedação em Alvenaria Convencional fica localizada no Plano Diretor Sul, na Quadra 110 Sul (Arse 14). No lote há quatro residências que recebem radiação solar direta entre 8 h e 11 h da manhã, os estudos foram realizados na casa 1.

Com a fachada para leste, os ambientes que recebem radiação solar são a sala de estar no pavimento térreo e a suíte no pavimento superior. A edificação utiliza telhas cerâmicas na cobertura, laje treliçada no fechamento horizontal, e no fechamento vertical, as paredes de 13 cm são compostas por blocos cerâmicos de 8 furos e reboco.

A análise do desempenho térmico das edificações em *Steel Frame* e Alvenaria Convencional pelo método simplificado, seguiu a metodologia de cálculo conforme a ABNT NBR 15220-2:2005. Neste procedimento foram realizados os cálculos da Transmitância Térmica (U) e da Capacidade Térmica (CT) dos sistemas de vedação vertical das residências, assim como o levantamento das aberturas de ventilação da sala de estar, local este onde foi realizado o levantamento in-loco da pesquisa.

Para iniciar o procedimento normatizado realizou-se o levantamento dos materiais utilizados nos fechamentos verticais de cada residência e suas respectivas espessuras.

Com o levantamento realizado procedeu-se para delimitação das seções ou partes do fechamento vertical, com camadas constituídas com diferentes tipos de materiais, da face interna até a face externa.

Com isso foram realizados os cálculos da Resistência Térmica ( $R_t$ ) de cada material (equação 1), da resistência térmica da parede (equação 2) e da resistência térmica total (equação 3), para então calcular a transmitância térmica (U), conforme a equação 4.

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

$$R_t = \frac{A_{S1} + A_{S2} + \dots + A_n}{\frac{A_{S1}}{R_{S1}} + \frac{A_{S2}}{R_{S2}} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad (2)$$

$$R_t = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (3)$$

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (4)$$

Os valores referentes a condutividade térmica, calor específico e densidade de massa aparente de cada material, foram definidos de acordo com a ABNT NBR 15220-2:2005, conforme tabela 1

**Tabela 1** - Condutividade térmica, calor específico e densidade de massa aparente

Material	Condutividade Térmica W/(m.k)	Calor Específico kJ/(kg.K)	Densidade de Massa Aparente kg/m <sup>3</sup>
	$\lambda$	c	$\rho$
Placa Cimentícia	0,650	0,840	1800
Painel OSB	0,120	2,300	700
Aço Galvanizado	55,000	0,460	7800
Lã de Vidro	0,045	0,700	55
Gesso Acartonado	0,350	0,840	1000
Argamassa Reboco	1,150	1,000	2000
Argamassa Assentamento	1,150	1,000	2000
Bloco Cerâmico	0,900	0,920	1600

Fonte: Autores (2023), adaptado da NBR 15220 (2005).

Em relação aos cálculos das resistências das câmaras de ar, os valores utilizados foram tabelados conforme a ABNT NBR 15220-2:2005.

**Tabela 2** - Resistência térmica de câmara de ar não ventiladas

Resistência Térmica de Câmara de Ar não Ventiladas (m <sup>2</sup> .K) /W				
Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar (cm)	Direção do Fluxo de Calor		
		Horizontal   ⇔	Ascendente ⇑	Descendente ⇓
Superfície de alta emissividade $\epsilon > 0,8$	1,0 ≤ e ≤ 2,0	0,14	0,13	0,15
	2,0 ≤ e ≤ 5,0	0,16	0,14	0,18
	e > 5,0	0,17	0,14	0,21
	1,0 ≤ e ≤ 2,0	0,29	0,23	0,29
	2,0 ≤ e ≤ 5,0	0,37	0,25	0,43

Superfície de baixa emissividade $\varepsilon > 0,2$	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61
---	-----------	------	------	------

Fonte: Autores (2023), adaptado da ABNT NBR 15220-2:2005.

Para calcular a Capacidade Térmica (CT) do fechamento vertical das edificações, também foi calculado a capacidade térmica de cada material (equação 5), a fim de obter a capacidade térmica total, conforma a equação 6:

$$C_t = \sum_{i=1}^n e \cdot c \cdot \rho \quad (5)$$

$$C_T = \frac{A_{S1} + A_{S2} + \dots + A_n}{\frac{A_{S1}}{c_{tS1}} + \frac{A_{S2}}{c_{tS2}} + \dots + \frac{A_n}{c_{tn}}} \quad (6)$$

Após calcular a transmitância térmica e a capacidade térmica das paredes de vedação externa das edificações, os valores foram analisados de acordo com a ABNT NBR 15575-4:2013, conforme a tabela 3.

**Tabela 3** – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica (U) W/ (m <sup>2</sup> . k)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	
$U \leq 2,50$	$\alpha \leq 0,60$	$\alpha > 0,60$
	$U \leq 3,70$	$U \leq 2,50$
$\alpha$ é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: Autores (2023), adaptado da ABNT NBR 15575-4:2013.

Os dados foram analisados ainda conforme a tabela 4 quanto a capacidade térmica das paredes externas.

**Tabela 4** - Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade Térmica (C <sub>T</sub> ) kJ/ (m <sup>2</sup> . K)	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7	Zona 8
$\geq 130$	Sem requisito

Fonte: Autores (2023), adaptado da ABNT NBR 15575-4:2013.

Os valores de absorvância à radiação utilizados a fim de analisar a transmitância térmica, foram adotados conforme o Quadro 1.

**Quadro 1** – Valores de absorvância à radiação das edificações

Edificação	Pintura da Superfície		Absorvância à Radiação
<i>Steel Frame</i>	Caramelo	RGB (227, 195, 136)	$\alpha = 0,30$
Alvenaria	Marrom Médio	RGB (182, 174, 153)	$\alpha = 0,50$

Fonte: Autores (2023), adaptado da ABNT NBR 15575-1:2013.

Em virtude das medições *in-loco* desta pesquisa terem sido realizadas no pavimento térreo e a troca de calor pela cobertura não influenciar consideravelmente na temperatura do ar na sala de estar, não foi calculado a transmitância térmica do sistema de cobertura.

Para a análise da área mínima de ventilação da sala de estar da residência de *Steel Frame* e de Alvenaria Convencional, foram levantadas as medidas das portas e janelas, assim como a área do ambiente. O quadro 2, apresenta a área efetiva de ventilação das salas de estar de ambas as edificações.

**Quadro 2** - Área efetiva de ventilação na sala de estar

Ambiente	L (m)	C (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Abertura	L (m)	H (m)	Área total (m <sup>2</sup> )	Área efetiva (m <sup>2</sup> )
<i>Steel Frame</i> (Sala de estar)	3,60	4,20	15,12	Porta	0,90	2,10	1,89	2,89
				Janela	2,00	1,50	3,00	
Alvenaria (Sala de estar)	2,75	5,00	13,75	Porta	0,90	2,10	1,89	3,17
				Janela	1,70	1,50	2,55	

Fonte: Autores (2023).

Para as medições de temperatura nas residências de *Steel Frame* e Alvenaria Convencional, foram utilizados dois Termômetro de Globo Digital com Datalogger da Highmed, modelo HMTGD-1800, que atendem as normativas internacionais de desempenho térmico ISO 7243:2017 e ISO 7726:1998.

O Termômetro de Globo com Datalogger, conhecido também como medidor de stress, é capaz de registrar o índice de stress térmico (IBUTG) tanto interno quanto

externo, temperatura ambiente, temperatura do globo, umidade relativa do ar, ponto de orvalho e índice de bulbo úmido.

As medições in-loco para o estudo de desempenho térmico foram realizadas em abril de 2022, entre os dias 06 e 08, das 6 h da manhã às 22 h da noite, em intervalos de 1 h, tendo sido analisados os dados referentes ao terceiro dia. Devido à época chuvosa, as medições foram realizadas na segunda semana após o verão, onde houve maior predominância solar, visto que nas últimas semanas do verão, não foram observados três dias consecutivos com as mesmas características climáticas.

Seguindo os requisitos da ABNT NBR 15575-1:2013, foi priorizado a residência e o ambiente com o maior número de paredes expostas e cujas orientações das janelas eram mais próximas da orientação especificada. Seguindo também a ISO 7726:1998 e em relação as características climáticas da cidade de Palmas - TO, o termômetro de globo foi posicionado no centro da sala de estar, no pavimento térreo (recinto que recebe radiação solar direta), tendo este sido fixado ao tripé e ajustado a 1,10 m de altura do nível do piso.

Os dados armazenados nos termômetros foram coletados através do *software Heat Stress* WBGT Meter 1.0.03, fornecido junto com o equipamento. Após a coleta, os valores obtidos nas medições foram organizados no software Excel e gráficos foram produzidos para análises.

Quanto ao desempenho térmico nas edificações, os dados coletados pelos termômetros foram comparados com os valores da temperatura externa horária, levantadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados foram analisados conforme as condições de verão (Tabela 5), estipulada pela ABNT NBR 15575-1:2013, pelo fato da cidade de Palmas-TO estar situada na zona bioclimática 7.

**Tabela 5** - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critérios	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_i, T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1 \text{ } ^\circ\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$

$T_{i,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em  $^\circ\text{C}$ .

$T_{e, máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em  $^\circ\text{C}$ .

NOTA - Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3:2005.

Fonte: Autores (2023), adaptado da ABNT NBR 15575-1:2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto ao procedimento simplificado, o Quadro 3 apresenta os valores dos cálculos de transmitância térmica e capacidade térmica da residência em *Steel Frame* e em Alvenaria Convencional, bem como os valores mínimos estipulados pela ABNT NBR 15575-4:2013, conforme a zona bioclimática 7 (na qual Palmas se encontra).

**Quadro 3** - Resultados da transmitância térmica e capacidade térmica

Residência	Critério Avaliado	Valores		Nível de Desempenho
		Requisito Mínimo	Calculado	
Steel Frame	Transmitância Térmica W/(m <sup>2</sup> .k)	$U \leq 3,27$	0,472	Mínimo
	Capacidade Térmica kJ/(m <sup>2</sup> .K)	$CT \geq 130,00$	48,726	Não atende
Alvenaria Convencional	Transmitância Térmica W/(m <sup>2</sup> .k)	$U \leq 3,27$	2,497	Mínimo
	Capacidade Térmica kJ/(m <sup>2</sup> .K)	$CT \geq 130,00$	132,427	Mínimo

Fonte: Autores (2023).

No sistema de vedação vertical em *Steel Frame*, foi calculado uma transmitância térmica de 0,47 W/(m<sup>2</sup>.k). Considerando que a norma estabelece uma transmitância menor ou igual a 3,27 W/(m<sup>2</sup>.k), o valor calculado atende o requisito mínimo. Já a capacidade térmica, a norma estabelece que o valor seja maior ou igual a 130,00 kJ/(m<sup>2</sup>.K), porém a edificação apresentou somente 48,73 kJ/(m<sup>2</sup>.K).

Já o sistema de vedação vertical em Alvenaria convencional, foi calculado uma transmitância térmica de 2,49 W/(m<sup>2</sup>.k). Considerando que a norma estabelece uma transmitância menor ou igual a 3,27 W/(m<sup>2</sup>.k), o valor calculado atende o requisito mínimo. Referente a capacidade térmica, a edificação apresentou 132,43 kJ/(m<sup>2</sup>.K), valor superior ao mínimo exigido de 130,00 kJ/(m<sup>2</sup>.K).

O Quadro 4, apresenta os valores dos cálculos da abertura mínima de ventilação do ambiente onde foi executado a medição in-loco, assim como os valores mínimos estipulados pela ABNT NBR 15575-4:2013 e o Código de Obras do Município de Palmas-TO.

**Quadro 4 - Resultados das aberturas mínimas**

Residência	Área do piso do ambiente	Requisitos Mínimos		Aberturas existentes	Nível de Desempenho
		Lei Municipal nº45/90	NBR 15575-4:2013		
		1/6 da área de piso	7 % da área de piso		
<i>Steel Frame</i> (Sala de estar)	15,12 m <sup>2</sup>	2,52 m <sup>2</sup>	1,06 m <sup>2</sup>	2,89 m <sup>2</sup>	Mínimo
Alvenaria Convencional (Sala de estar)	13,75 m <sup>2</sup>	2,29 m <sup>2</sup>	0,96 m <sup>2</sup>	3,16 m <sup>2</sup>	Mínimo

Fonte: Autor (2022).

A sala de estar na residência em *Steel Frame* possui uma área de piso de 15,12 m<sup>2</sup>. Referente a esta área, o Código de Obras do município (Lei Municipal nº 45/90), estabelece 2,52 m<sup>2</sup> de aberturas para ventilação e a ABNT NBR 15575-4:2013 estabelece 1,06 m<sup>2</sup>. A edificação possui 2,89 m<sup>2</sup> de aberturas, valor acima do mínimo de ambas as referências.

Já a sala de estar na residência de Alvenaria Convencional, possui uma área de piso de 13,75 m<sup>2</sup>. Referente a essa área, o Código de Obras do município estabelece 2,29 m<sup>2</sup> de aberturas para ventilação e a ABNT NBR 15575-4:2013 estabelece 0,96 m<sup>2</sup>. A edificação possui 3,16 m<sup>2</sup> de aberturas, valor acima do mínimo de ambas as referências.

O Quadro 5 apresenta os resultados da medição in-loco dos três dias consecutivos, na residência em *Steel Frame*, em Alvenaria Convencional e, também, a temperatura externa conforme ABNT NBR 15575-1:2013.

**Quadro 5 - Resultados da medição in-loco dos três dias consecutivos**

Ambiente	06/04/2022		07/04/2022		08/04/2022	
	Horário	Temp.	Horário	Temp.	Horário	Temp.
<i>Steel Frame</i>	15 h	38,7 °C	17 h	39,1 °C	15 h	39,8 °C
Alvenaria Convencional	9 h	30,8 °C	9 h	31,4 °C	9 h	32,5 °C
Externo	17 h	31,4 °C	18 h	33,1 °C	18 h	33,1 °C

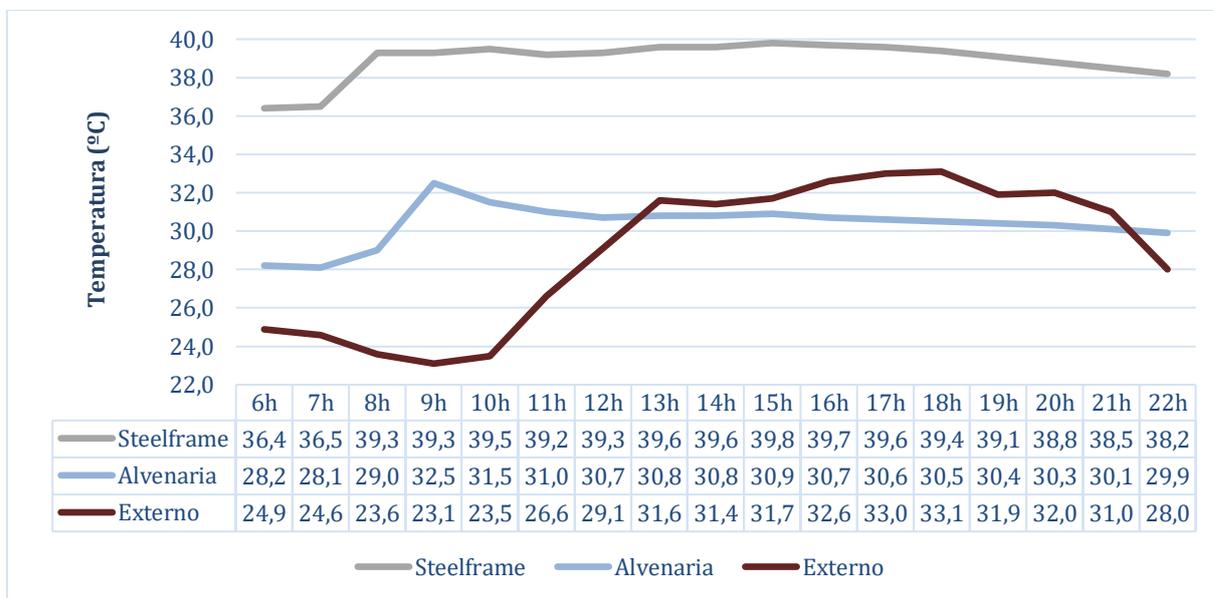
Fonte: Autores (2023).

Conforme o quadro 6, a temperatura máxima do ar externo ocorreu no final do dia, entre as 17 h e 18 h. A temperatura do ar na edificação de *Steel Frame*, também teve sua máxima na parte da tarde, entre as 15 h e 17 h. Já a temperatura máxima do ar na edificação de Alvenaria Convencional, diferentemente das outras temperaturas, ocorreu pela parte da manhã às 9h.

A figura 1 apresenta um gráfico com a comparação das temperaturas do ar, medidas em intervalos de uma hora, no terceiro dia. Nota-se que as temperaturas medidas nas edificações possuem a mesma tendência, entretanto as temperaturas na edificação em *Steel Frame* são superiores às temperaturas da edificação de Alvenaria Convencional. Referente a temperatura do ar externo, percebe-se que durante o dia ela aumenta gradativamente devido ao movimento do sol, mas ao pôr do sol, ela também diminui gradativamente.

Observa-se ainda (figura 1) que as temperaturas do ar nas edificações possuem um aumento significativo a partir das 7h da manhã, acompanhando o intervalo de tempo em que o sol incide diretamente nas fachadas. Como as fachadas das residências analisadas em Palmas - TO são orientadas para o leste, a incidência solar direta ocorre entre 8h e 11h da manhã.

**Figura 1-** Resultados das temperaturas do ar no terceiro dia

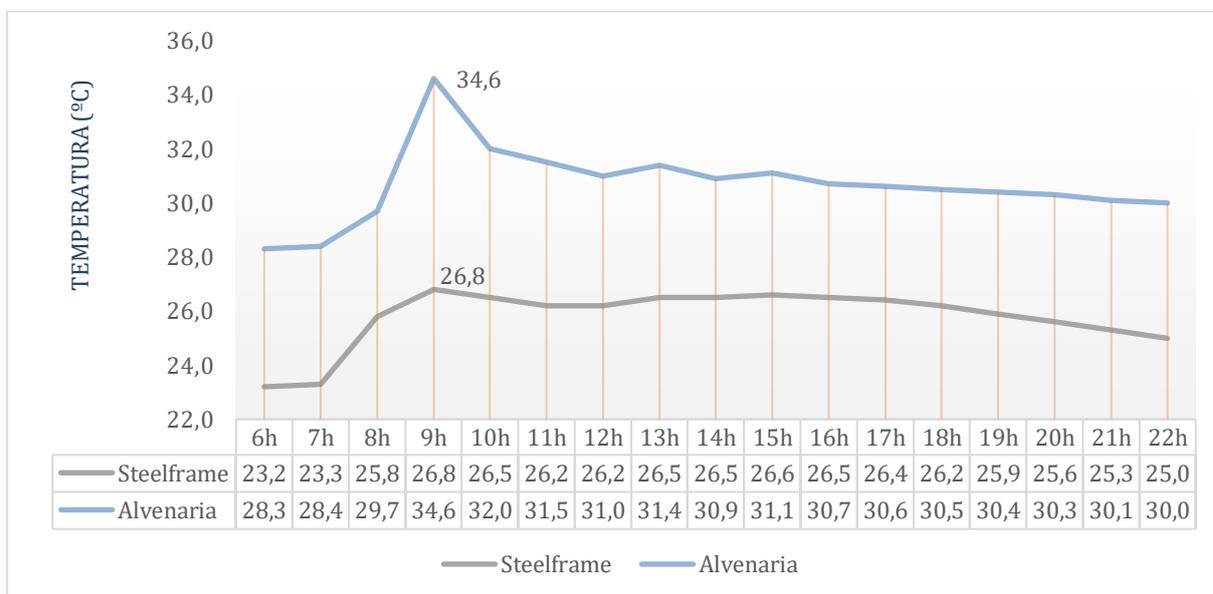


Fonte: Autores (2023).

Neste intervalo de tempo, também é possível analisar a temperatura de globo. Essa temperatura é referente a radiação solar que é emitida diretamente no ambiente através

das aberturas de ventilação, e no caso das residências analisadas, também pelos vidros. Isto posto, a figura 2 apresenta as medições das temperaturas de globo em ambas as edificações.

**Figura 2** - Resultados das temperaturas de globo preto no terceiro dia



Fonte: Autores (2023).

Apenas neste caso, no intervalo de incidência solar direta, nota-se que a temperatura de globo na edificação em *Steel Frame* foi menor que a temperatura na edificação em Alvenaria Convencional. Isso ocorreu devido a área de abertura na edificação em Alvenaria ser maior que a área de abertura na edificação em *Steel Frame*, conforme os resultados já apresentados no quadro 4.

A ABNT NBR 15.575-1:2013, determina como requisito mínimo, que a temperatura máxima do ar no interior das edificações seja menor ou igual a temperatura máxima do ar externo.

Isto posto, ao observar o quadro 6, é possível notar que a edificação de Alvenaria Convencional possui o nível de desempenho térmico mínimo. Já a edificação em *Steel Frame* possui a temperatura máxima do ar superior a temperatura do ar externo e, por isso, não atende aos critérios que poderiam aferir o desempenho a referida edificação.

**Quadro 6** - Resultado da medição in-loco do terceiro dia

Ambiente	Temp. Medida	Temp. Externa	Nível de Desempenho
<i>Steel Frame</i>	39,8 °C	33,1 °C	Não atende
Alvenaria Convencional	32,5 °C		Mínimo

Fonte: Autor (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo principal analisar o desempenho térmico em edificações em *Steel Frame* e em Alvenaria Convencional em Palmas-TO, verificando qual sistema construtivo proporciona melhor desempenho, conforme os requisitos mínimos estabelecidos na ABNT NBR 15575:2013.

Ao analisar a transmitância térmica e a capacidade térmica dos sistemas de vedação vertical em *Steel Frame* e Alvenaria Convencional, verificou-se que a edificação em Alvenaria atendeu os requisitos mínimos estipulados na ABNT NBR 15575:2013, por outro lado, o sistema construtivo *Steel Frame* presente na edificação analisada, não atendeu os requisitos.

Na análise do desempenho segundo o procedimento simplificado, notou-se que a edificação em *Steel Frame* atende a área mínima de aberturas para ventilação, mas o sistema de vedação vertical atende apenas quanto a transmitância térmica.

Já a edificação em Alvenaria Convencional, atende a área mínima de aberturas para ventilação, e o sistema de vedação vertical atende os valores de transmitância térmica e capacidade térmica. Isto posto, é possível dizer que a edificação em Alvenaria Convencional atende aos critérios de desempenho térmico estabelecidos na norma.

Referente a análise do desempenho segundo o procedimento de medição in-loco, verificou-se que a edificação de Alvenaria analisada também atendeu os requisitos mínimos estipulados na ABNT NBR 15575:2013, porém a temperatura do ar na edificação de *Steel Frame* foi muito superior a temperatura do ar externo, fazendo com que o sistema de vedação não atendesse os requisitos mínimos conforme a norma.

Mesmo que o objetivo do estudo não englobava a determinação das causas que impediram o sistema de vedação vertical em *Steel Frame* de não atender os requisitos da norma de desempenho, acredita-se que os materiais utilizados na vedação vertical podem ser a causa dos resultados obtidos.

A transmitância térmica está relacionada com a condução térmica, que basicamente é a quantidade de calor que passa da face quente para a face fria. Sendo assim, se um sistema de vedação vertical possui uma baixa transmitância térmica, significa que passa pouca quantidade de calor de uma face para a outra. Logo, sistemas que possuem baixa transmitância, possuem um alto isolamento térmico.

A capacidade térmica também está relacionada ao ganho de calor do material, onde um material ganha muito calor quando possui uma baixa capacidade térmica. Portanto, o fato de o *Steel Frame* possuir uma baixa transmitância térmica e uma baixa capacidade térmica, pode fazer com que ele não libere o calor interno para o externo no decorrer da noite, fazendo com que a temperatura do ar durante o dia seja muito maior que a temperatura do ar externo.

Concluiu-se assim que em referência aos sistemas construtivos analisados, a edificação em Alvenaria Convencional proporcionou um melhor desempenho térmico quando comparado à edificação em *Steel Frame*. Isto posto, é possível afirmar que o sistema construtivo em *Steel Frame* não é termicamente viável para o município de Palmas-TO ou demais cidades inseridas na zona bioclimática 7, por outro lado, o mesmo sistema também não é contraindicado para esta referida zona bioclimática.

Ressalta-se que o município de Palmas - TO possui uma grande amplitude térmica entre o dia e a noite, portanto, solucionar os problemas relacionados ao conforto térmico somente através dos materiais utilizados nos sistemas de vedação pode não ser o suficiente, fazendo necessário a combinação de diferentes medidas construtivas e estratégias bioclimáticas.

## REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. \_\_\_\_\_. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações: 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.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais - Desempenho: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **ISO 7243**: *Ergonomie des environnements thermiques — Estimation de la contrainte thermique basée sur l'indice WBGT (temperature humide et de globe noir)*. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **ISO 7726**: *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*. Rio de Janeiro, 1998.

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2010.

BARBOSA, D. C.; LIMA, M. B. **Arquitetura bioclimática: Recomendações apropriadas para Palmas-TO**. Palmas, TO: IFTO, 2010.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: Alvenaria convencional x Light Steel Frame**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2018.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Frame**. Ouro Preto, MG: UFOP, 2005.

FERRAZ, A. M. M.; OLIVEIRA, M. C. A. Definição do ano climático de referência (TRY) para a cidade de Palmas-TO. **Revista Desafios**. Palmas, v. 7, n. 2, nov. 2020.

FREITAS, Y.; LORENZO, R. Análise de desempenho térmico de edificações: Um estudo de caso na cidade de Palmas-TO. **Revista Desafios**. Palmas, v. 3, n. 2, nov. 2016.

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

GDSUL. **O que é Steel Frame**. Disponível em: <https://gdsul.com/o-que-e-steel-frame/>. Acesso em: 21 mai. 2022.

GONÇALVES, T. B. **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**. Palmas, TO: UFT, 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Palmas**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>. Acesso em: 5 jan. 2022.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. INMET, 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO **Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013**. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001961.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.

LAMBERTS, R et al. **LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações: desempenho térmico de edificações**. PROJETEEE/MMA, 2016. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf). Acesso em: 12 jan. 2022.

PEDROSO, P. S. *Steel Frame* na construção civil. In: ENCONTRO CIENTÍFICO-CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, 12. ed. 2014, Cascavel. **Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**. Cascavel, PR: FAG, 2014.

PROJETEEE, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Projetando edificações energeticamente eficientes: Dados climáticos de Palmas-TO**. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=TO+-+Palmas&id\\_cidade=bra\\_to\\_palmas.866070\\_inmet](http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=TO+-+Palmas&id_cidade=bra_to_palmas.866070_inmet). Acesso em: 12 jan. 2022.

**SABBATINI, F. H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo: USP, 1989.

**SILVA, L. F. G.; SOUZA, L. B. Caracterização da direção predominante e velocidade do vento em Palmas-TO.** Goiânia, GO: UFG, 2016.

**TELLES, P. C. S. História da engenharia no Brasil – Século XVI ao XIX.** 1. ed. Rio de Janeiro: LCT, 1984