COMPARAÇÕES NO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE PROTÓTIPOS DE TELHA CERÂMICA E TELHA DE CONCRETO EM PALMAS - TO

Mariela Cristina A. de Oliveira (1); Thiago Henrique Omena (2); Thayane Barreira Gonçalves (3)

(1) Doutora, Arquiteta e Urbanista, email@, Universidade Federal do Tocantins, End.: 109 Norte, Av. NS-15, ALCNO-14 (Bloco 1 – Lab. NEUCIDADES), Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090, Tel.: 99225-5523
(2) Doutor, Arquiteto e Urbanista, thomena@gmail.com, Universidade Federal do Tocantins, End.: 109 Norte, Av. NS-15, ALCNO-14 (Bloco 1 – Coordenação Arquitetura e Urbanismo), Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090, Tel.: 98109-0192
(3) Bacharel em Engenharia Civil, Engenheira Civil, thayanebarreira@hotmail.com, Universidade Federal d Tocantins, End.: 109 Norte, Av. NS-15, ALCNO-14 (Bloco 1 – Lab. NEUCIDADES), Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090, Tel.: Tel.: 98455-7292

RESUMO

Considerando que as habitações devem suprir as necessidades e as exigências do usuário, a escolha dos materiais utilizados impacta diretamente no conforto térmico (entre outros). Tendo em vista que a região de Palmas no Tocantins, é caracterizada pelo clima quente na maior parte do ano, a temática desta pesquisa referenda-se pela necessidade da discussão do conforto térmico no contexto geográfico proposto. Isto posto, a pesquisa objetivou avaliar, de forma experimental, a viabilidade do uso da telha cerâmica e da telha de concreto na região referenciada por meio do desempenho térmico destas telhas (cerâmica e concreto). Avaliação foi feita através de procedimento normativo e medições in loco de protótipos, segundo os critérios definidos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), 15.575-4 (ABNT, 2013) e 15.575-5 (ABNT, 2013) com emendas às referidas normas publicadas em março de 2021; emendas estas que não foram adotadas pelo trabalho, visto que relatam uma realidade de comparação entre um caso real e um modelo, e este trabalho avalia dois protótipos. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Tocantins, através de medições em células-testes construídas conforme recomendações normativas. A coleta de dados foi feita através de sensores de temperatura e umidade instalados no interior das células-testes, durante o período de 3 dias, no decorrer de 24 horas por dia. Concluiu-se que as ambas as telhas analisadas não atingiram o desempenho mínimo estipulado pela norma supracitada.

Palavras-chave: desempenho térmico, telha cerâmica, telha de concreto.

ABSTRACT

Considering that housing must supply the needs and requirements of the user, the choice of used materials directly impacts thermal comfort (among others). Bearing in mind that Palmas region in Tocantins, is characterized by the hot climate for most of the year, the importance of this research lies in the concern for thermal comfort in this geographical context. That said, the research aimed to evaluate, on an experimental basis, the feasibility of using ceramic tiles and concrete tiles in the referenced region through the thermal performance of these tiles (ceramic and concrete). The evaluation was made through the normative procedure and on-site measurements of prototypes, according to the criteria defined in NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), 15.575-4 (ABNT, 2013) and 15.575-5 (ABNT, 2013) with amendments to the mentioned standards published in March 2021; these amendments were not adopted by this paper, because they report a reality of comparison between a real case and a model, and this work evaluates two prototypes. The experiment was carried out at the Federal University of Tocantins, through measurements in test cells constructed according to normative recommendations. The data collection was done through temperature and humidity sensors installed inside the test cells, during the period of 3 days, during 24 hours per day. It was concluded that both analyzed tiles did not reach the minimum performance stipulated by the standard.

Keywords: thermal performance, ceramic tile, concrete tile.

1. INTRODUÇÃO

A habitação humana cumpre o papel de proteção não apenas contra os perigos externos, mas também contra a severidade do clima; uma vez que o excesso de calor, umidade, frio e ventos podem impactar diretamente na saúde e bem-estar das pessoas. Dessa forma as habitações devem possuir condições térmicas que sejam favoráveis e que consigam proporcionar aos seus usuários: conforto térmico em seu interior.

Para este estudo foram adotadas as normas brasileiras que regulamentam e fornecem diretrizes para auxiliar a concepção de projetos de edificações residenciais: a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) que estabelece exigências de conforto e segurança para as edificações habitacionais, a NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) que trata dos requisitos dos sistemas de vedação externa e interna; a NBR 15.575-5 (ABNT, 2013) sobre os requisitos para os sistemas de coberturas e, a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) que dispõe a respeito do desempenho térmico para edificações e recomenda as estratégias para elaboração de projeto arquitetônico de acordo com o local em que será implantado, sendo dessa forma as estratégias especificas para cada zona bioclimática do Brasil. Menezes e Oliveira (2020), em seu estudo sobre o ano climático de referência apontam como estratégias para o mês de junho segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) ações como ventilação, alta inércia e resfriamento evaporativo (27,17%, principalmente em junho).

Para avaliação de desempenho térmico de sistema de vedações verticais e cobertura a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) apresenta dois procedimentos. O procedimento 1 feito por meio de cálculos, e deve ser feito ainda na etapa de projeto, admitindo-se também nesse caso a utilização do *software* EnergyPlus. O procedimento 2 deve ser feito em edificações existentes ou protótipos, também chamados de células-teste, através de medições de temperatura de bulbo seco.

O município escolhido como referência neste estudo, foi a cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins, que apresenta na maior parte do ano, clima quente e as altas temperaturas, que não favorecem o conforto térmico por diversos fatores. Como a cidade em estudo é alocada, pela norma 15.220-3 (ABNT, 2005), dentro da zona bioclimática 7; as recomendações construtivas para esta zona bioclimática são: o uso de coberturas e paredes pesadas, pequenas aberturas para a ventilação, sombreadas o ano todo; e como estratégia de condicionamento térmico é recomendado o uso de ventilação cruzada, conforme apontamentos da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005).

O mapa climatológico simplificado do Brasil classifica a região onde se insere o estado do Tocantins como quente semiúmido, apresentando verão quente e chuvoso e inverno seco e quente. Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro, feita por Maurício Roriz, para ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (RORIZ, 2012; OLIVEIRA; SILVA, 2019) - indica que a cidade de Palmas pertence a uma das três zonas mais quentes do Brasil e, com a elevação da temperatura global, tem-se experimentado temperaturas cada vez mais elevadas, onde o uso de sistemas de refrigeração se tornam indispensáveis à medida que as edificações não correspondem às necessidades climatológicas da região.

Se a tendência das mudanças climáticas é intensificar o aumento da temperatura do planeta, é imperativo que as edificações – lugar de abrigo, trabalho, permanência e proteção do homem – respondam às demandas de conforto térmico das regiões em que se inserem, preocupando-se com a diminuição do uso de energia proveniente de fontes não renováveis, responsáveis pelo agravamento do aquecimento global, dentre outros fatores inseridos no contexto das mudanças climáticas. (ROAF; CRICHTON; NICOL; 2009; OLIVEIRA; SILVA, 2019).

Neste contexto, a cobertura em edificações térreas é o sistema mais significante quando se trata de desempenho térmico, devido a exposição à radiação solar zenital durante todo o dia. Em habitações de interesse social fica mais evidente a importância da cobertura, devido a simplicidade construtiva, especialmente no que tange a cobertura, muitas vezes, sem forro e, onde a proteção contra o excesso de calor, fica a cargo apenas da telha (PERALTA, 2006).

No Brasil uma das mais antigas opções de cobertura é a telha cerâmica, difundida em virtude da fácil disponibilidade no mercado além da tradição de uso na construção civil (COSTA, 2017). A principal desvantagem associada a este tipo de cobertura, relaciona-se com a sua produção que, durante o processo de fabricação, pode ocorrer danos ao meio ambiente devido a poluição do ar decorrente da queima destas telhas. Outro aspecto negativo (quando comparado com as telhas de concreto) é a baixa resistência a impactos.

Por outro lado, a telha de concreto, que se popularizou no mercado brasileiro nos últimos anos devido à alta impermeabilidade; possuí ainda uma diversidade de cores e a maior resistência a impactos (DAMASCENO *et al*., 2015). Sua desvantagem reside na transferência de calor para o interior da edificação, que por hipótese, é maior que o transferido por telhas cerâmicas.

A justificativa da pesquisa reside no fato de que a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) estabelece requisitos e critérios para o desempenho térmico mínimo da edificação como um todo, e foi elaborada baseada nas

normativas: NBR 15.220-2 (ABNT, 2005), NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e NBR 15.220-4 (ABNT, 2005). Entretanto, a norma não trata da prescrição de materiais a serem escolhidos em cada zona bioclimática e, por este motivo, os estudos do comportamento térmico de materiais são importantes para a tomada de decisão no processo de projeto de arquitetura e urbanismo, principalmente para zonas bioclimáticas como a escolhida pela presente pesquisa.

A referida normativa está em vigor desde 19 de julho de 2013 e, portanto, todos os projetos residenciais aprovados após essa data precisam obrigatoriamente estar em conformidade com esta norma de desempenho supracitada. Corroborando este raciocínio, a Portaria Nº 660 (2018) do Ministério das Cidades, que dispõem sobre as diretrizes para a elaboração de projetos do Programa Minha Casa Minha Vida, reforça que, qualquer empreendimento destinado a habitações de interesse social deverá atender a Norma 15.575 (ABNT, 2013).

Especificamente para as habitações destinadas a população de baixa renda, que visam rapidez construtiva e baixo custo, a cobertura passa a ser um dos principais responsáveis pelo desempenho térmico da edificação; uma vez que é a parte mais exposta à radiação solar zenital, recebendo assim, uma considerável parcela de ganho e, consequente transferência de calor para o ambiente.

É preciso ressaltar mais uma vez, que a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013); NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15.575-5 (ABNT, 2013) possuem emendas publicadas em março de 2021, que não foram utilizadas na elaboração desta pesquisa, visto que, a discussão do trabalho antecede a publicação das emendas e, também, porque o escopo destas referidas emendas tratam de uma comparação entre um ambiente real e um modelo onde são levadas em consideração, por exemplo, a quantidade de horas de ocupação do ambiente dentro de uma faixa de temperatura operativa estabelecida; e que claramente não são os objetivos discutidos neste trabalho ora presentado.

A justificativa científica e de difusão do conhecimento, reside no fato de que existem produções acadêmicas escassas sobre conforto térmico no estado do Tocantins e, principalmente, no município de Palmas (SILVA, 2018), o que evidencia a necessidade de pesquisas sobre o desempenho térmico material passíveis de serem prescritos durantes os processos de projeto em Arquitetura e Urbanismo e, executados na construção civil regional.

Neste sentido, Silva (2018) argumenta que todo o estado sofre com a escassez de estudos relacionados a conforto térmico e clima. Essas características corroboram para deficiência no conforto térmico das edificações na região.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o desempenho térmico de dois tipos de telhas: cerâmica e de concreto, em células-teste localizadas na região de Palmas-TO, seguindo os critérios da NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), NBR 15.575-4 (ABNT, 2013), NBR 15.575-5 (ABNT, 2013) e NBR 12.220- 2 (ABNT, 2005).

Como objetivos específicos, o trabalho buscou analisar o desempenho térmico das células testes, por meio de método teórico descrito na NBR 12.220-2 (ABNT, 2005); além de aferir o desempenho térmico das células testes, por meio de medições *in loco* no campus experimental da UFT e, por último; produzir um comparativo entre os dados obtidos por meio do método teórico e a medição *in loco*.

3. MÉTODO

Para verificar o atendimento dos critérios e requisitos mínimos de conforto e desempenho térmico, determinados pela norma NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), desenvolveram-se dois protótipos na cidade de Palmas-TO. A avaliação do desempenho térmico, foi realizada por procedimento estabelecido na NBR 15.220 (ABNT, 2005), através do cálculo de resistência térmica (RT), transmitância térmica (U) e da capacidade térmica (CT) dos elementos de vedação vertical e cobertura da célula-teste. Para melhor compressão dos elementos dos protótipos, apresenta-se a figura 1 com os detalhes esquemáticos da cobertura e parede das células teste.

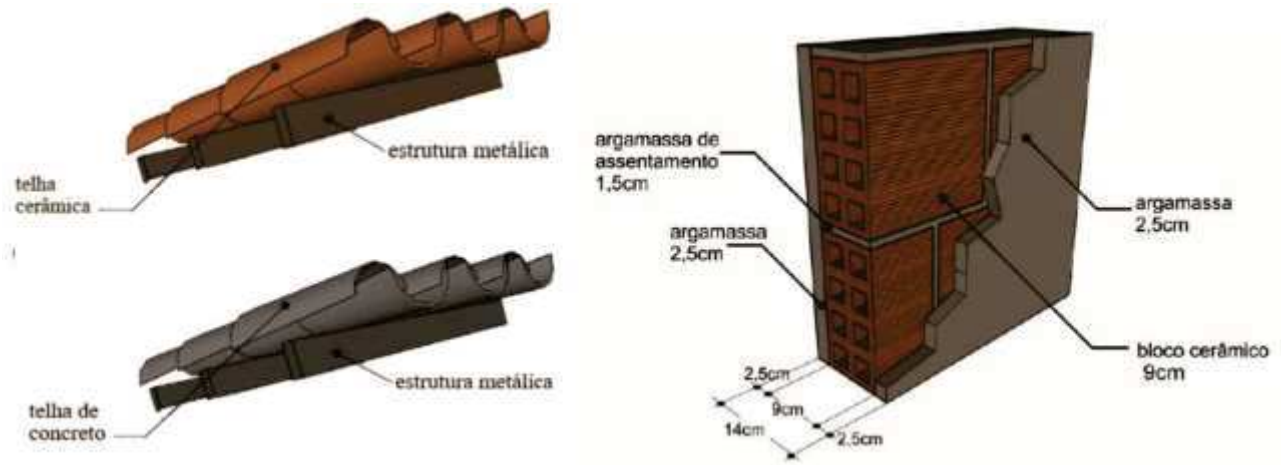


Figura 1 – Detalhes esquemáticos da cobertura e paredes dos protótipos (Fonte: Imagem baseada no modelo do livro SELO CASA AZUL, 2010).

O projeto dos protótipos possuí dimensões internas, em planta, de 1,5 x 1,50 m, (área de 2,25 m²) e altura de 1,5 m; o que resulta em um volume interno de, aproximadamente, 3,4 m³ (figura 2). As paredes foram construídas com tijolo cerâmico de oito furos de dimensões 9 x 19 x 19 cm, assentados com argamassa comum em ½ vez, revestidos em argamassas nos lados interno e externo, e com contrapiso de concreto com 5 cm de espessura.

Os dois protótipos possuem a mesma orientação solar, além de uma distância de 5 metros entre si, sem qualquer incidência de sombra, de um protótipo sobre o outro em nenhum momento do dia, ou mesmo oriunda de qualquer edificação externa à pesquisa.

As portas foram confeccionadas com madeira pinus com 60 cm de comprimento e 135 cm de altura, para facilitar a instalação do dispositivo de medição de temperatura. Na cobertura a inclinação do telhado foi orientada para o norte (visando a insolação durante todo o dia). Em ambos os protótipos foi construída uma estrutura metálica para apoiar as telhas; deste modo, a única variável da pesquisa é a telha utilizada na cobertura dos protótipos: no primeiro, telha de concreto do tipo tradição e, no segundo, telha de cerâmica tipo plan.



Figura 2 – Planta baixa, de cobertura, corte e protótipos construídos (Autores, 2021).

3.1. Equipamentos utilizados na pesquisa

Para aquisição de dados foram utilizados dois termômetros de globo digital da Highmed (figura 3A), que atendem as normativas internacionais de desempenho térmico: ISO-7243, ISO-7726. Na medição *in loco* instalou-se o *datalogger*, no centro do protótipo, a 1,10 m de altura, com o auxílio de um tripé, conforme figura 3B. Os dados da pesquisa, foram armazenados através do software *Heat Stress* WBGT *Meter* 1.0.03, cuja interface, já fornecida pelo software do próprio equipamento, pode ser visualizada na figura 3C.

A NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) estabelece que o procedimento de avaliação de desempenho térmico deve ser feito através da medição de temperatura durante o período de 3 dias consecutivos, levando em consideração os dados do 3º dia, visto que, os dias anteriores são utilizados como parâmetros de validação por semelhança (dados do primeiro e segundo dia, devem ser semelhantes aos do terceiro). Com os valores aferidos no ambiente interno e externo, foi possível comparar as temperaturas interna e externa, analisando-as quanto aos requisitos mínimos de desempenho térmico normatizados.

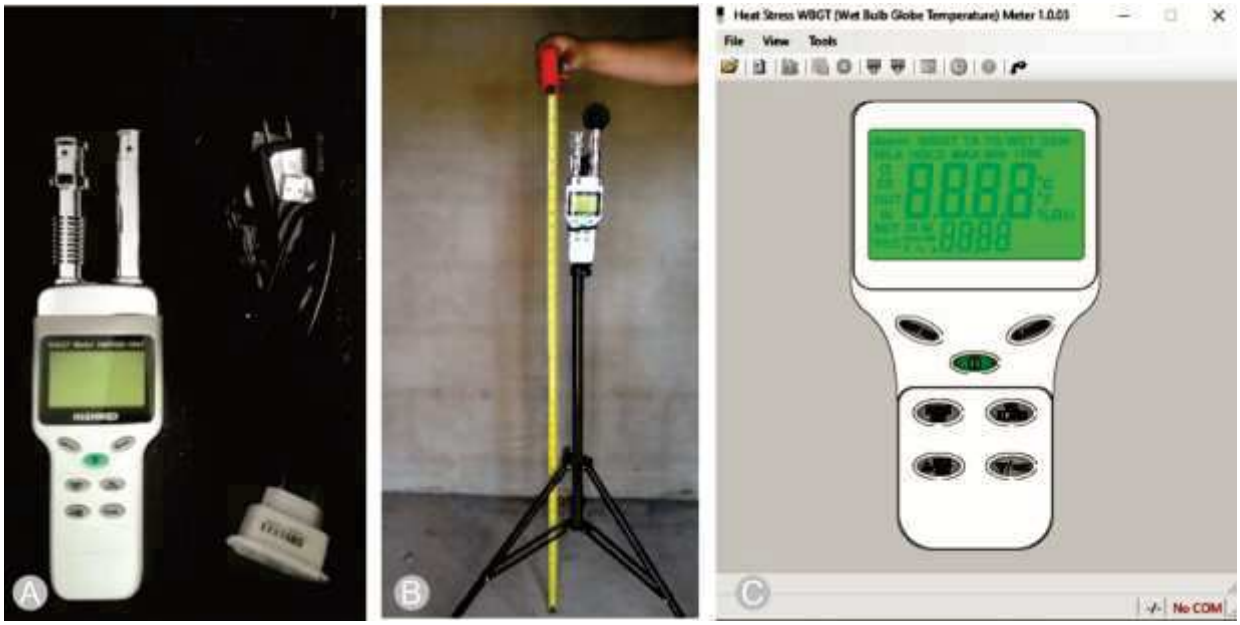


Figura 3 – Termômetro de globo, instalação no protótipo e interface de armazenamento de dados (Autores, 2021).

Como o experimento foi realizado na cidade de Palmas, no Tocantins (região que faz parte da zona bioclimática 7); a avaliação levou em conta, apenas o desempenho térmico durante o verão (excluiu-se da análise o desempenho térmico de inverno).

Isto posto, para atender o nível de desempenho mínimo normatizado, o valor máximo diário da temperatura do ar interior da edificação, deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior, conforme apontamentos do quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de desempenho térmico para as condições de verão conforme NBR 15.575- 1.

Nível de desempenho	Zonas 1 a 7	Zona 8
Mínimo	$Ti_{máx} \leq Te_{máx}$	$Ti_{máx} \leq Te_{máx}$
Intermediário	$Ti_{máx} \leq (Te_{máx} - 2°C)$	$Ti_{máx} \leq (Te_{máx} - 1°C)$
Superior	$Ti_{máx} \leq (Te_{máx} - 4°C)$	$Ti_{máx} \leq (Te_{máx} - 2°C)$ e $Ti_{mín} \leq (Te_{mín} + 1ºC)$
$Ti_{máx}$ é o valor máximo diário da temperatua do ar no interior da edificação, em graus Celsius		
$Te_{máx}$ é o valor máximo diário da temperatua do ar exterior à edificação, em graus Celsius		
$Ti_{mín}$ é o valor máximo diário da temperatua do ar no interior da edificação, em graus Celsius		
$Te_{mín}$ é o valor mínimo diário da temperatua do ar exterior à edificação, em graus Celsius		

Fonte: NBR 15.575- 1 (ABNT, 2013).

4. RESULTADOS

De acordo com o procedimento simplificado, disposto na NBR 15.220 (ABNT, 2005), adotando os materiais utilizados na construção da células-teste desta pesquisa; foi possível calcular os valores de transmitância térmica e capacidade térmica das paredes e da transmitância térmica de ambas as coberturas.

Para o sistema de vedação vertical (paredes) o valor de transmitância térmica (U) encontrado foi de 2,34 W/m².K, considerando que a NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) estabelece que, para a zona bioclimática 7 (recorte geográfico da pesquisa) o limite máximo de transmitância térmica permitido deve ser de 2,5 W/m².K. No que tange a capacidade térmica (CT), foi aferido o valor de 167,78 kJ/m², ressalta-se que a norma estabelece que o valor mínimo deste critério deve ser de 130 kJ/m².K. Portanto, o sistema de vedação vertical dos protótipos atende os critérios de desempenho térmico estabelecidos na norma supracitada.

Quanto ao sistema de cobertura, o valor de transmitância térmica calculado para o telhado foi de 2,01 W/m².K (telha cerâmica), e de 2,14 W/m². K para a telha de concerto, o que representa um incremento de 6,47%. Importante pontuar que o valor máximo estabelecido pela NBR 15.575-5 (ABNT, 2013) é de 2,3 W/m².K (especificamente para a zona bioclimática 7); assim, o desempenho térmico do sistema de cobertura (em ambos os casos) atende os critérios estabelecidos na norma. O quadro 2 sintetiza os dados apresentados.

Quadro 2 – Resultado da avaliação de transmitância e capacidade térmicas dos protótipos analisados.

Sistema Construtivo	Critério Avaliado	Valores		Desempenho
		Calculado	Exigido	
Paredes	Capacidade térmica [Kj/m².K]	167	≥ 130	mínimo
Paredes	Transmitância térmica [W/m².K]	2,3	≤ 2,5	mínimo
Cobertura com telha cerâmica	Transmitância térmica [W/m².K]	2,01	≤ 2,3	mínimo
Cobertura com telha de concreto	Transmitância térmica [W/m².K]	2,14	≤ 2,3	mínimo

4.1. Resultados das medições *in loco*

As medições ocorreram a partir das 8h do dia 23 de junho de 2020 até as 23h do dia 25 de junho de 2020 sendo que durante esse período a porta permaneceu fechada para evitar a interferência da temperatura externa. Como os dados coletados nos três dias analisados são semelhantes *(conditio sine qua non* de validação por semelhança de dados), a análise é feita com as temperaturas médias de todos os dias, ressaltando que, os valores das temperaturas externas foram disponibilizados pelo Laboratório de Meteorologia e Climatologia da Universidade.

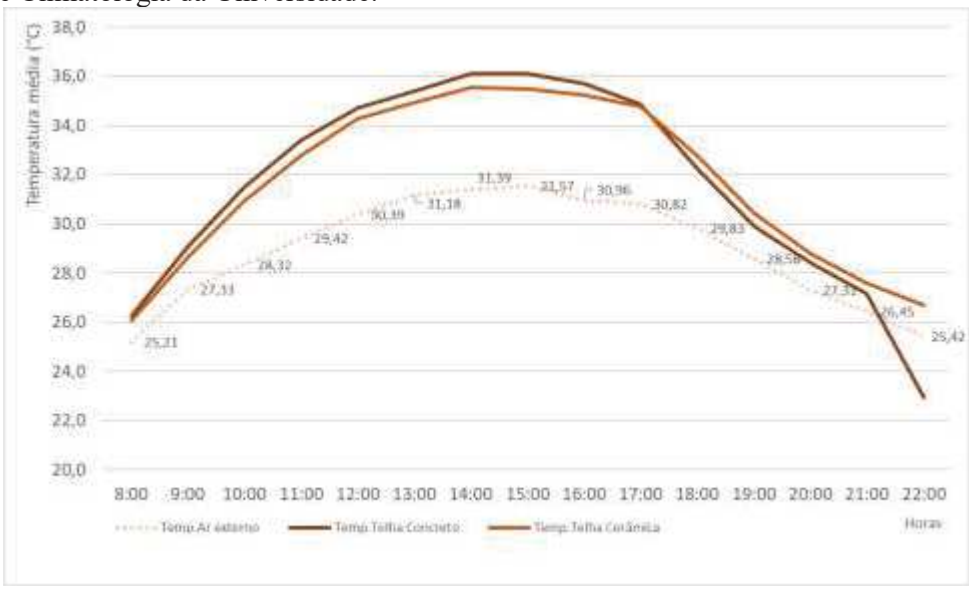


Figura 4 – Dados relativos às temperaturas médias internas dos protótipos (com telha cerâmica e telha concreto) e temperatura externa dos dias 23, 24 e 25 de junho de 2020 (Autores, 2021).

Ao analisar os dados da figura 4, a temperatura interna da cobertura com telha de concreto fica menor do que a temperatura interna do protótipo com telha cerâmica, somente apenas após às 18 horas; o que estaria em conformidade com o entendimento de que, com uma maior transmitância térmica, este protótipo (telha cimento), aqueceria mais rápido do que o protótipo com cobertura de telha cerâmica.

Outro fator avaliado foi a umidade relativa durante os três dias de análise, os resultados dessa medição são apresentados, juntos com as temperaturas máximas (ambiente interno e externo), no quadro 3. Observa-se que, o protótipo com cobertura de telha de concreto, apresentou as maiores umidades relativas e, quando comparado com a cobertura de cerâmica apresentou um incremento de 1,61% no dia 23/06; 3,42% no dia 24/06 e; 3,64% de incremento na umidade relativa do dia 25/06.

Quadro 3 – Temperatura máxima do ar e umidade relativa.

Temperatura	Data da coleta - 23 Jun.		Data da coleta - 24 Jun.		Data da coleta - 25 Jun.	
	Temp.	UR	Temp.	UR	Temp.	UR
Máxima Externa	32,8°C	58,2%	30,8°C	75,3%	31,4°C	80,20%
Máxima concreto	37,1°C	69,4%	36,9°C	84,8%	25,7°C	85,50%
Máxima Cerâmica	36,1°C	68,3%	35,8°C	82,0%	36,2ºC	82,50%

Importante ressaltar que os dados referentes à temperatura máxima (externa e interna) apresentados no quadro 3, fazem referência a todos os dados adquiridos durante o dia e, os mesmos, diferem, da figura 4, porque a temperatura, ali utilizada, é média dos três dias analisados.

A figura 5 apresenta as informações referentes às umidades relativas médias internas (U.R.T concreto e U.R.T. cerâmica); umidade relativa externa (U.R. Externa); temperatura externa (T.E.); além das temperaturas de globo das células teste (T.G. concreto e T. G. cerâmica.

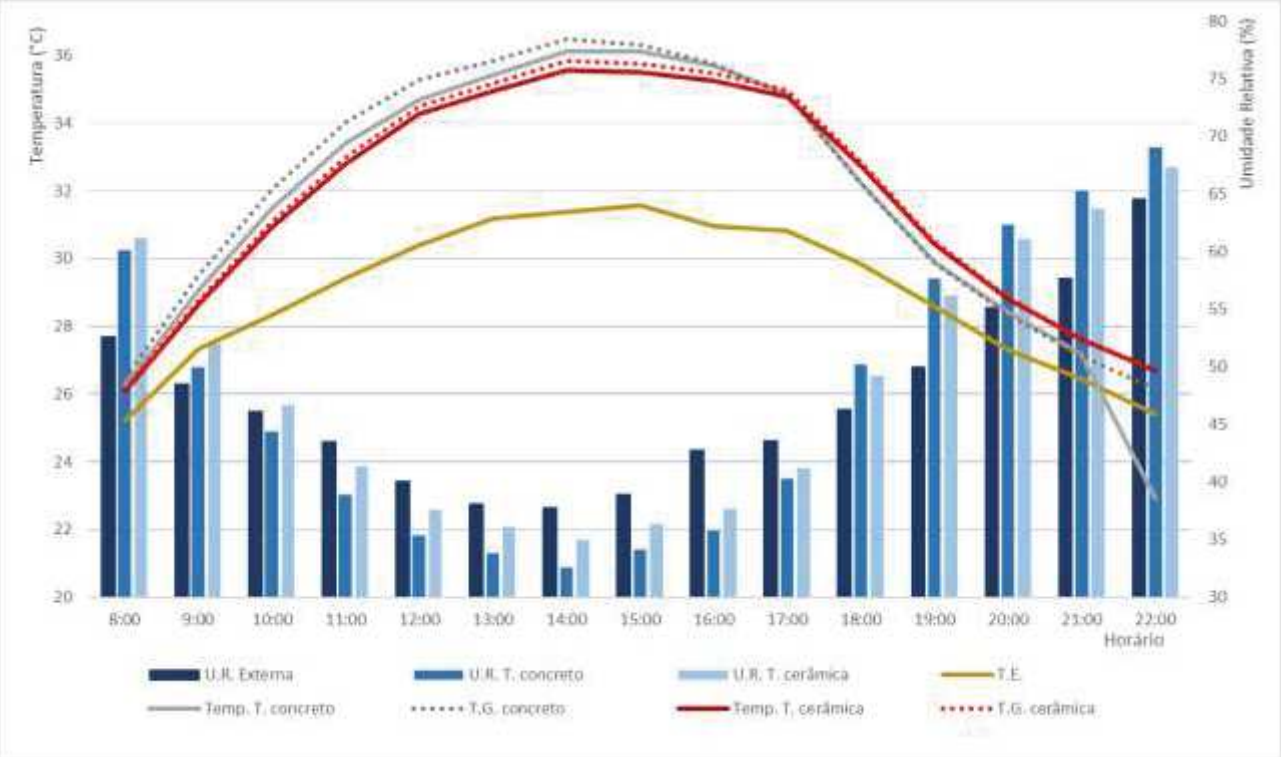


Figura 5 – Dados relativos às umidades relativa médias internas e externa, temperaturas médias internas e externas e temperaturas de globo (Autores, 2021).

Observa-se que ambas as coberturas apresentaram comportamento semelhante, com a telha de concreto com as menores Umidades Relativas até as 18 horas, quando esta configuração se inverte e, a cobertura com telha cerâmica passa a apresentar os menores valores. Importante pontuar que as 10 horas a telha de concreto passa apresentar umidade relativa menor do que o ambiente externo, enquanto a telha cerâmica apresenta o mesmo comportamento somente após as 10:30.

Em síntese as umidades relativas internas são maiores do que a do ambiente externo até, aproximadamente, 10 horas e, após as 18 horas; vale ressaltar que o protótipo com telha de concreto manteve

umidades relativas mais baixas no período diurno e mais altas no período noturno, ou seja a telha cerâmica se mantem mais estável a esta variável. É possível observar ainda, que para uma diminuição de 28,12% na U.R. Externa (entre 8 e 14 horas) houve um incremento de 37,59% na Temperatura interna no protótipo de telha de concreto e de, 36,36% na temperatura do protótipo de telha cerâmica.

4.2. Avaliação de desempenho

O quadro 4 apresenta o resumo dos resultados alcançados visando a avaliação de desempenho térmico, conforme recomendação da norma supracitada. Isto posto, como a temperatura interna de ambos os protótipos permaneceu, na maior parte do tempo, superior à externa, avaliou-se que o desempenho térmico foi insatisfatório de acordo com os critérios estabelecidos na NBR 15.575-1 (ABNT, 2013); NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15.575-5 (ABNT, 2013).

Quadro 4 – Resultado da avaliação de transmitância e capacidade térmicas dos protótipos analisados.

Sistema Construtivo	Critério Avaliado	Valores		Análise Desempenho Térmico	Medição *in loco*
		Exigido NBR 15.575	Resultado calculado		
Paredes	Capacidade térmica	**≥ 130** Kj/m².K	**167** Kj/m².K	**mínimo**	Exigência normativa para verão: $T_{i\ máx.} \leq T_{e\ máx.}$
Paredes	Transmitância térmica [W/m².K]	**≤ 2,5** W/m².K	**2,3** W/m².K	**mínimo**	
Cobertura com **telha cerâmica**	Transmitância térmica [W/m².K]	**≤ 2,3** W/m².K	**2,01** W/m².K	**mínimo**	
Cobertura com **telha de concreto**	Transmitância térmica [W/m².K]	**≤ 2,3** W/m².K	**2,14** W/m².K	**mínimo**	Avaliação para verão: **Não atendeu normativa**

5. CONCLUSÕES

A norma de desempenho foi criada para suprir a demanda dos usuários por conforto e segurança das edificações habitacionais. Neste sentido, esta pesquisa abordou conceitos de desempenho térmico e os requisitos para alcançá-los conforme a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013); NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15.575-5 (ABNT, 2013).

Ao avaliar a edificação através do procedimento simplificado, conforme NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), verificou-se que foram atendidas as exigências normatizadas, o que deveria demonstrar, em tese, que as células-testes deveriam obter resultados positivos no que tange o desempenho térmico.

Entretanto, durante a medição in loco nos protótipos, os resultados demonstram a ineficácia em ambos os sistemas de cobertura adotados em relação aos valores propostos pela norma. Com os resultados obtidos nesta pesquisa constatou-se que o uso apenas do procedimento simplificado para projetos na região de Palmas-TO é insuficiente para medir o real desempenho térmico das edificações.

Ressalta-se que, ainda que ambos os sistemas de coberturas utilizadas nos protótipos tenham sidos considerados inadequados através do método de medição in loco; estes são, também, os sistemas mais adotados em Palmas-TO (principalmente em habitações destinadas a população de baixa renda). Considerando que a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) estabelece esses critérios para qualquer tipo de edificação e está em vigor desde 2013, esse estudo enfatiza a importância de novas abordagens construtivas principalmente àquelas relacionadas as habitações de interesse social na região e, evidencia a necessidade de revisão de ambas normativas apresentadas.

O estudo prevê sua ampliação em trabalhos futuros considerando com emendas às referidas normas publicadas em março de 2021; emendas estas que não foram adotadas pelo trabalho neste momento, mas serão avaliadas e comparadas futuramente.

Ressalta-se que o município de Palmas é caracterizado, entre outros fatores, pela grande amplitude térmica, o que torna dificultoso, a tarefa de solucionar os problemas relacionados ao conforto térmico usando somente alterações na escolha de materiais.

Entende-se que, para a região analisada, faz-se necessário a combinação de diferentes medidas ativas e passivas para que, a edificação, atinja um desempenho térmico apropriado em todos os dias do ano.

Quanto as limitações da pesquisa, é preciso pontuar que, por ter utilizado células-testes na pesquisa, quando comparados os resultados aferidos neste trabalho, com outras pesquisas que avaliem edificações em tamanho real, os dados podem ser divergentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

_____. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo. Rio de Janeiro. 2005b.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. **NBR 15220-4**: Desempenho térmico de edificações – Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro, 2005d.

_____. **NBR 15.575-1**: Edificações Habitacionais — Desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro. 2013a.

_____. **NBR 15.575-4**: Edificações Habitacionais — Desempenho – parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro. 2013b.

_____. **NBR 15.575-5**: Edificações Habitacionais — Desempenho – parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura. Rio de Janeiro. 2013c.

COSTA, M. R. **Estudo comparativo entre a telha cerâmica paulista e a telha de concreto clássica**. Centro Universitário de Formiga. Formiga, p. 70. 2017.

DAMASCENO, F. A. *et al*. **Propriedades Físicas, Mecânicas e Térmicas de Telhas de Concreto Fabricadas com Adição de Diferentes Materiais Isolantes**. REVENG, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 406-417, out 2015.

MENEZES, A. M.; AYRES DE OLIVEIRA, M. C. Definição do ano climático de referência (try) para a cidade de Palmas-Tocantins. Desafios - **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. 2, p. 70-79, 31 mar. 2020.

OLIVEIRA, M. C. A.; SILVA, A. S. **Conforto térmico sustentável para edificações em Palmas**: estratégias recomendadas e análise de edificações. Capim Dourado: Diálogos em Extensão, v. 2, n. 1, p. 14-42, 3 jan. 2019.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 131. 2006.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**: um guia de sobrevivência para o século XXI. Porto Alegre: Bookman, 2009.

RORIZ, M. **Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro**. São Carlos: ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012.

SILVA, L. F. G. D. **Percepção climática e conforto térmico**: contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Pal