



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

KHELVYN YHASLEY NASCIMENTO MARTINS

**CONFORTO TÉRMICO EM MÉTODOS CONSTRUTIVOS CLÁSSICOS DE
EDIFICAÇÕES POPULARES**

CAMPINA GRANDE – PB

2022

KHELVYN YHASLEY NASCIMENTO MARTINS

**CONFORTO TÉRMICO EM MÉTODOS CONSTRUTIVOS CLÁSSICOS DE
EDIFICAÇÕES POPULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à o departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Área de Concentração: Conforto Ambiental

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

CAMPINA GRANDE – PB

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M386c Martins, Khelvyn Yhasley Nascimento.
Conforto térmico em métodos construtivos clássicos de edificações populares [manuscrito] / Khelvyn Yhasley Nascimento Martins. - 2022.
40 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Conforto ambiental. 2. Métodos construtivos. 3. Temperatura de ambientes. 4. Termologia. 5. Clima ambiental.
I. Título

21. ed. CDD 551.6

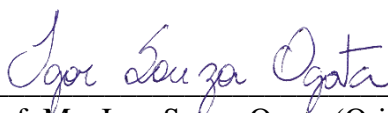
KHELVYN YHASLEY NASCIMENTO MARTINS

**CONFORTO TÉRMICO EM MÉTODOS CONSTRUTIVOS CLÁSSICOS DE
EDIFICAÇÕES POPULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 19/07/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ruth Silveira do Nascimento
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Rodolfo Ramos Castelo Branco
Universidade Estadual Da Paraíba (UEPB-NUTES)

Aos meus pais Jose Martins e Núbia Martins,
minha esposa Jessica Faustino e meu
primognito Khelvyn Filho pela dedicação,
companheirismo e força, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Neyliane Costa de Souza, coordenadora do curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, por seu empenho.

Ao professor Igor de Souza Ogata pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação, pela dedicação e pela paciência.

A minha mãe, Núbia do Nascimento Martins, que tanto se esforçou para que eu tivesse um estudo de qualidade.

À professora Celeide Maria Belmont Sabino Meira, por ter me trazido para o curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e ter apostado no meu potencial como aluno do curso.

Aos professores do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, em especial, Rui de Oliveira, Ruth Silveira e João Damasceno que contribuíram ao longo do curso, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários da UEPB, da coordenação do curso e o pessoal da limpeza/manutenção do prédio, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio.

RESUMO

A busca pelo bem-estar físico, fisiológico e psicológico do homem é um assunto recorrente, entretanto, nas últimas décadas têm se intensificado os estudos sobre os efeitos do conforto térmico em ambientes internos sobre a saúde das pessoas, tendo em vista que todos os seres humanos apresentam respostas comportamentais e fisiológicas diferentes diante das variações térmicas do ambiente. Diante disso e com o objetivo de avaliar a capacidade termo isolante de materiais alternativos na construção civil, esta pesquisa usou como elementos a serem estudados os tijolos de adobe, madeira e cerâmica, esse último sendo o mais comumente utilizado nas construções civis em geral. Em seguida os protótipos habitacionais foram projetados e confeccionados. Utilizando dados bioclimáticos da Zona 8 presentes na NBR 15.575/2021, e fazendo uso das grandezas de temperatura do ar, temperatura do globo preto, umidade, índice de bulbo úmido e temperatura de globo, o conforto térmico foi medido tanto no interior quanto no exterior dos protótipos por 24 horas corridas. Com base nos dados obtidos durante o ensaio, foi possível constatar a eficiência quanto ao desempenho térmico dos métodos construtivos utilizados na fabricação dos protótipos, tendo como objetivo atenuar as variações de temperatura dentro do ambiente. Ao final, comparando os dados entre si, vemos que todos os protótipos obtiveram resultados próximos, concluindo assim que os métodos utilizados possuem capacidade termo isolante semelhantes, ou seja, mesma eficiência no conforto térmico em uma habitação de interesse social.

Palavras-Chave: Conforto ambiental, Conforto térmico, Métodos construtivos.

ABSTRACT

The search for the physical, physiological and psychological well-being of man is a recurring subject, however, in recent decades studies on the effects of thermal comfort in indoor environments on people's health have intensified, given that all beings humans have different behavioral and physiological responses to environmental temperature variations. In view of this and with the objective of evaluating the thermal insulating capacity of alternative materials in civil construction, this research used adobe, wood and ceramic bricks as elements to be studied, the latter being the most commonly used in civil construction in general. Then the housing prototypes were designed and made. Using bioclimatic data from Zone 8 present in NBR 15.575/2021, and making use of air temperature, black globe temperature, humidity, wet bulb index and globe temperature, thermal comfort was measured both indoors and outdoors. of the prototypes for 24 running hours. Based on the data obtained during the test, it was possible to verify the efficiency regarding the thermal performance of the constructive methods used in the manufacture of the prototypes, aiming to attenuate the temperature variations within the environment. In the end, comparing the data with each other, we see that all the prototypes obtained similar results, thus concluding that the methods used have similar thermal insulating capacity, that is, the same efficiency in thermal comfort in a social housing.

Keywords: Environmental comfort, Thermal comfort, Constructive methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas.....	22
Figura 2 - Processo construtivo do protótipo de tijolos cerâmicos.....	25
Figura 3 - Processo construtivo do protótipo de madeira.....	25
Figura 4 - Perfil horário da Temperatura do Ar (°C).....	28
Figura 5 - Perfil horário da Temperatura de Globo.....	29
Figura 6 - Perfil horário da Umidade (%) no interior.....	29
Figura 7 - Perfil horário do Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (°C) no interior e exterior dos protótipos	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores que influenciam em troca de energia	20
Quadro 2 - Critérios para avaliação do desempenho	31'
Quadro 3 - Resultado da variação entre os ambientes internos e externos quanto a temperatura máxima e mínima do IBUTG registradas.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivo Especifico	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 Conforto Térmico	13
3.2 Comportamento térmico dos materiais.....	18
3.3 Sistemas construtivos	18
3.3.1 Alvenaria convencional	19
3.3.2 Wood frame.....	19
4 METODOLOGIA.....	20
5. Revisão bibliográfica.....	20
5.2 Seleção de materiais	21
5.3 Aplicação de estratégias bioclimáticas	21
5.4 Confeção de protótipos de habitação popular.....	22
5.5 Ensaio de conforto térmico.....	24
5.6 Análise dos resultados	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7 REFERÊNCIAS	32
ANEXO A – Mapa de zoneamento bioclimático brasileiro	37
APÊNDICE A – Planta baixa do protótipo de residência popular	38

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, existe um percentual alto de famílias sem moradia. Devido a isso foram feitos projetos governamentais de cunho social para financiar ou doar casas para essa população. Dessa forma, foi criado projetos de casas populares a fim de fornecer dignidade e conforto para uma população já vulnerável.

De acordo com os dados revisados pela Fundação João Pinheiro, ano base de 2019, o déficit habitacional em todo o Brasil era de 5,8 milhões de moradias. O estudo também apresenta uma tendência de aumento no déficit. Uma das causas para esse crescimento é a taxa de imóveis urbanos desocupados por causa do ônus com aluguel urbano. Nos quatro anos considerados pelo estudo, o número de casas desocupadas por conta do valor alto do aluguel saltou de 2,814 milhões em 2016 para 3,035 milhões em 2019 (PANET et al, 2020).

Sendo assim, as moradias que vem sendo fornecidas pelo estado devem buscar o bem-estar físico, fisiológico e psicológico do homem, é um assunto recorrente, assunto este que, nas últimas décadas, têm se intensificado no sentido de relacionar os efeitos do conforto térmico de ambientes internos sobre a saúde das pessoas, pois segundo Baltz et al. (2009), todos os seres humanos apresentam respostas comportamentais e fisiológicas diante das variações térmicas do ambiente.

Dessa forma, as residências quando não atingem o conforto necessário para os seus habitantes, proporcionam vários problemas nas vidas dos mesmos, como por exemplo, redução da performance humana, gastos excessivos com energia elétrica e problemas de saúde como dor de cabeça, fraqueza, estresse térmico e lesões neurológicas muito graves (DONIDA, 2002; LAMBERTS; XAVIER, 2002; NDMAIS, 2019).

Em geral, o conforto térmico humano, pode ser definido como o conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação são mínimos ou como a área delimitada por limiares térmicos em que o maior número de pessoas afirma sentir-se bem (GARCÍA, 1996). Quando as condições de neutralidade são alteradas, o organismo humano responde rapidamente a partir de processos internos como a vasoconstrição, vasodilatação, termogênese e sudação, visando reestabelecer o equilíbrio em torno de 37°C (BESANCENOT, 2001; FROTA, SCHIFFER, 2001; CARVALHO, 2006; GARCÍA, 1996).

Vale ressaltar que todas as pessoas sentem o conforto ambiental de uma forma ou de outra, sentem a falta dele quando estão em um local abafado, mal iluminado e com uma péssima

acústica e são beneficiados desse conforto quando ele é bem elaborado para que se tenha uma boa experiência e não cause estresse na pessoa que desse ambiente irá usufruir.

O conforto ambiental pode ser subdividido em algumas partes, como conforto térmico, conforto acústico e conforto lumínico. Para isto, existem normas que regem e dão o direcionamento para implementação correta desses conceitos na prática. As normas em questão são as NBR 15.575/2021 e NBR 16.401/2008 que trata do conforto térmico, a NBR 10.152/1987 que trata do conforto acústico e a NBR 5.413/1992 e NBR 15.575/2021 que tratam sobre conforto lumínico.

A NBR 15220-3/2005 foi o primeiro documento normativo a tratar sobre o tema do desempenho térmico de habitações no Brasil, ao trazer diretrizes construtivas para habitações de interesse social de até três pavimentos, conforme o zoneamento bioclimático. As diretrizes construtivas, segundo a norma, são definidas de acordo com as características climáticas do local, com base na Carta Bioclimática adaptada do diagrama de Givoni (1992). A norma ainda na introdução, a NBR 15220-3/2005 recomenda a avaliação do projeto por meio de simulação computacional, mesmo não estabelecendo um procedimento para isso.

Diante do exposto, o emprego de materiais da construção civil não adequados ao clima local também tem contribuído para ocasionar grandes efeitos sobre o desempenho térmico, pois são empregados, na maioria das vezes, sem a verificação da sua capacidade térmica, ocasionando os problemas associados à falta de conforto térmico (SANTOS, 2018).

Em vista disso, essa pesquisa buscou testar métodos construtivos clássicos de habitações de interesse social, com a finalidade de verificar o conforto térmico que estes métodos proporcionam aos seus moradores

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho de métodos construtivos clássicos de habitações de interesse social em relação ao conforto térmico.

2.2 Objetivo Especifico

- Confeccionar protótipos de habitações de interesse social, utilizando métodos construtivos clássicos.
- Avaliar o desempenho térmico dos protótipos construídos com base no índice de bulbo úmido termômetro de globo.
- Comparar os resultados entre os protótipos, em relação as formas de transferência de calor.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Conforto Térmico

O conforto térmico tem grande influência no desempenho e na satisfação das pessoas que se utilizam dos mais diversos tipos de edificação, uma vez que essa grandeza melhora o rendimento energético e o bem-estar dos usuários. Este é um termo difícil de ser mensurado pois lida com a sensação térmica de pessoas, sendo essas de diferentes idades, culturas, localidades e gostos, logo possui também um aspecto subjetivo.

Sendo assim, de acordo com a American National Standard Institute (ANSI) (2010, p. 3), “conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”, de maneira semelhante, a Norma Técnica ABNT NBR 15.220/2005 define conforto térmico como sendo a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente” (ABNT 2005, p. 5). Igualmente, a Sociedade de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado dos Estados Unidos (ASHRAE 2013) define conforto térmico como a condição mental na qual a satisfação com o ambiente térmico é expressa por uma avaliação subjetiva.

Um aspecto importante relacionado ao conforto térmico é a alteração da temperatura do ambiente causada por mudanças no clima, o que ocasiona fadiga térmica, que por sua vez acarreta uma série de problemas, tais como, queda de rendimento no trabalho e agravos a saúde (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Vários autores apontam que o conforto térmico é resultado da interação de variáveis físicas ou de projeto, que são a temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e temperatura radiante, e as individuais, que tratam da taxa metabólica e das vestimentas de um ser humano.

O conforto térmico, obviamente, está totalmente interligado a temperatura local do ambiente, que, para climas quentes, considera uma temperatura ótima de 25°C, variando entre 23°C e 27°C.

Existem diversas variáveis que interferem no conforto térmico, caracterizados por serem de caráter humano (metabolismo e vestimenta) e ambiental (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) e que geram desconfortos localizados no espaço construído como a radiação assimétrica, correntes de ar, diferenças na temperatura do ar no sentido vertical e nos sistemas construtivos como paredes, vidros ou pisos (LAMBERTS, 2017; ASHARE, 2015; BUSTOS, 2010).

O balanço energético entre o calor ganho e perdido é influenciado pelas fontes de calor, que algumas vezes, para alcançar o conforto térmico precisam ser mitigadas. Estas fontes são o calor útil gerado pelo aparelho de calefação ou refrigeração, calor gerado pelos aparelhos eletrônicos (lâmpadas, computador, entre outros) e ocupantes, radiação solar absorvida pelas janelas (facilmente percebido pelo usuário), os sistemas construtivos (dificilmente é percebido pelo usuário) e as condições climáticas.

Para atingir o conforto térmico é fundamental examinar os possíveis problemas do ambiente construído, e como produzir ou perder calor da forma mais eficiente. A produção ou perda de calor está influenciada pelo valor da fonte de energia (combustível, elétrica, entre outras), o rendimento da fonte de energia, custo dos aparelhos utilizados e custo da manutenção dos mesmos (FRENOT, SAWAYA 1979; PIRONDI, 1988).

Como vemos a algum tempo, o calor absorvido pelos sistemas construtivos e as janelas são as variáveis que mais influenciam no conforto térmico, em conjunto com as condições climáticas, determinando a transmissão de calor ao espaço construído (FRENOT, 1979; PIRONDI, 1988).

3.1.1. Variáveis que influenciam o conforto térmico

Para compreender como funciona o conforto térmico é preciso entender quais fatores influenciam suas variações, á depender da atividade física, resistência térmica e dos parâmetros ambientais.

A temperatura do ar é a característica do clima que causa sensação térmica diretamente à sentimentos, se está quente ou frio, seco ou úmido, e é assim que sentimentos a temperatura no ambiente. Esta é medida a partir dos termômetros e os boletins meteorológicos costumam indicar as temperaturas máximas e mínimas para um determinado período.

Em relação a umidade do ar ou atmosférica, esta é a quantidade de água existente no ar na forma de vapor. Trata-se, dessa forma, de um dos mais relevantes elementos que atuam na atmosfera, pois a sua presença em maior ou menor grau influencia nas temperaturas, no regime de chuvas, na sensação térmica e até mesmo na nossa saúde. Existem diferentes técnicas para medir a umidade do ar, sendo a mais comum através de dois termômetro, onde o primeiro mede a temperatura ambiente, chamado de termômetro de bulbo seco, e o segundo mede a temperatura de saturação, termômetro de bulbo úmido, sendo esse último envolvido com uma cobertura umedecida.

Por sua vez, a velocidade do ar é a forma como as massas de ar se deslocam e causam efeito na temperatura, na umidade e na sensação térmica das pessoas. Sua medição é feita a partir de anemômetros, aparelhos semelhantes a cata-ventos, onde a velocidade é medida pelo número de voltas que suas pás dão em determinado intervalo de tempo.

Quanto a temperatura radiante, esta é definida como “a temperatura uniforme de um invólucro imaginário no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no invólucro não uniforme real” (ISO 7.726, 1998). Essa variável pode ser medida por dois métodos indiretos, seja pela obtenção a partir do fator de forma e das temperaturas superficiais (T_s), ou pela obtenção a partir do termômetro de globo (ISO, 1998).

O método utilizando termômetro de globo é o mais usado (RUIZ et al., 2017) e é um procedimento relativamente simples e de menor custo em relação aos demais métodos recomendados pela ISO 7.726/1998 (ISO, 1998). Segundo essa norma, o termômetro de globo consiste em um globo negro em cujo centro é colocado um sensor de temperatura. O globo pode ter diâmetros variados, pois as fórmulas usadas no cálculo da T_{rm} incluem a variável diâmetro, possibilitando o ajuste. Quanto menor o diâmetro, menor a precisão, devido à maior influência dos efeitos da temperatura do ar e da velocidade do ar (ISO, 1998).

Outro parâmetro que influencia no conforto térmico é a taxa metabólica basal, medida a partir do equivalente metabólico (MET), onde é utilizado o gasto de energético de um indivíduo que se encontra em repouso, quando seu consumo de oxigênio é de aproximadamente 3,5 ml/kg/min, quando se calcula o gasto de energia em MTS é calculado quantas vezes o metabolismo de repouso foi multiplicado durante uma atividade física.

Outro aspecto pessoal, está relacionado a vestimenta utilizada, que pode causar isolamento térmico ou não, influenciando no conforto térmico do ambiente, chamado de CLO. Essa variável é avaliada pela ISO 9.920/2007 e medida com base no Índice de Isolamento Térmico de Vestimenta.

3.1.2 Legislação sobre conforto térmico

Com a recente vigência da Norma de Desempenho NBR 15.575/2021, a preocupação com o conforto térmico dos usuários de habitações ganhou maior destaque e preocupação por parte tanto de projetistas e tanto de incorporadores quanto de construtores. Esta norma reflete em um impacto de conscientização dos profissionais envolvidos na fase projetual, objetivando uma melhora da qualidade de projetos, modificando a concepção inicial de projetos habitacionais. Portanto, o projeto de arquitetura para uma habitação deve, então, incorporar as

novas exigências e requisitos normativos da NBR 15.575/2021, desde sua etapa inicial, no estudo preliminar (LAMBERT, 2017).

É importante relatar que desde 2005, com a NBR 15.220/2005, orientações e diretrizes construtivas já guiavam os projetistas quanto ao desempenho térmico, mas apenas a nível orientativo. No entanto, com a NBR 15.575/2021, na sua primeira versão, em 2013, isto se tornou normativo, ou seja, obrigatório.

Além disso, na NBR 15.220/2005 foi apresentado um conjunto de recomendações fornecidas pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro, que indica diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixadas (ABNT, 2005).

Para a formulação das diretrizes construtivas de cada Zona Bioclimática Brasileira e estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo foram considerados na norma os seguintes parâmetros e condições de contorno:

- a) Tamanho das aberturas para ventilação;
- b) Proteção das aberturas;
- c) Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- d) Estratégias de condicionamento térmico passivo.

Em contrapartida, a NBR 15.575/2021 estabelece parâmetros para o estabelecimento de resultados de um dado sistema na sua fase de utilização delimitada a partir do estabelecimento da sua vida útil, e não somente ao longo do processo de concepção e elaboração desse sistema. Dessa forma, a ênfase é no resultado final que, independentemente do percurso que foi seguido, dado sistema deve apresentar níveis consideráveis de desempenho pré-estabelecidos pela Norma (ABNT, 2008).

Nesse sentido, a sua aplicação é para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independente dos materiais e sistemas construtivos empregados. Entretanto, alguns requisitos são também aplicados a edificações com mais de cinco pavimentos. Estes sistemas podem ser avaliados de forma isolada ou de forma integrada para um ou mais sistemas específicos, sendo composta pelas seguintes partes:

- a) Parte 1: Requisitos gerais;
- b) Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;

- c) Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos;
- d) Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- e) Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- f) Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

O estabelecimento dos requisitos e critérios se dá a partir das exigências dos usuários quanto a segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Os requisitos e critérios estão distribuídos segundo o Desempenho estrutural; Segurança contra incêndio, Segurança no uso e na operação; Estanqueidade; Desempenho Acústico; Desempenho Lumínico; Durabilidade e Manutenibilidade; Saúde, higiene e qualidade do ar; Funcionalidade e Acessibilidade; e Conforto tátil e antropodinâmico (ABNT, 2008).

Quanto à classificação, essa se dá em função de padrões mínimos de segurança, saúde, higiene e economia. Apresenta três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S). Para todos os diversos sistemas são estabelecidos níveis mínimos de desempenho (M) a serem cumpridos, e para outros os demais níveis.

Conforme a ABNT (2008), são três os procedimentos possíveis de se utilizar na avaliação de desempenho:

- Procedimento 1 – Simplificado (normativo): verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos nas NBR 15.575-4/2013 (ABNT, 2008) e NBR 15.575-5/2013 (ABNT, 2008), para os sistemas de vedação e para os sistemas de cobertura, respectivamente;
- Procedimento 2 – Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta NBR 15.575-1/2013 (ABNT, 2008), por meio de simulação computacional do desempenho térmico do edifício;
- Procedimento 3 – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15.575-1/2013 (ABNT, 2008), por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

3.2 Comportamento térmico dos materiais

Os materiais construtivos possuem grande influência no desempenho térmico e energético de uma edificação. Devido a isto, torna-se necessário conhecer as trocas de energia da edificação com o meio ambiente. A intensidade das trocas de energia ocorre através dos fechamentos (opacos ou transparentes) em função de fatores como: temperaturas internas e externas das edificações, absorvância, emissividade, transmitância, intensidade da radiação solar e propriedades térmicas dos materiais construtivos (LAMBERT, 2005; SATTLER, 2005).

Quadro 1 – Fatores que influenciam na troca de energia

Absorvância	A absorvância (α) é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação incidente sobre esta mesma superfície.
Emissividade	A emissividade (ε) é o quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura.
Transmitância	A transmitância (τ) é definida como o quociente da taxa de radiação transmitida, isto é, que atravessa um elemento pela taxa de radiação incidente sobre este mesmo elemento.
Radiação Solar	A energia radiante que incide sobre um corpo opaco é em parte absorvida e em parte refletida. A energia radiante absorvida se transforma em energia térmica ou calor e a refletida não sofre modificação alguma.

Fonte: ABNT,2003; LAMBERT,2005.

3.3 Sistemas construtivos

Sistemas construtivos podem ser definidos como o conjunto de técnicas e tecnologias utilizadas para a construção de um edifício. Dessa maneira, os métodos construtivos correspondem à estrutura de uma casa ou prédio e servem para dar sustentação ao mesmo (GOULART et al., 1994).

Optar pelo sistema construtivo adequado tem muitas vantagens, incluindo um processo de construção mais simples, melhor controle de qualidade e redução de desperdício.

Além disso, ainda é possível reduzir custos e tornar um edifício de alta qualidade mais acessível.

3.3.1 Alvenaria convencional

Para Thomaz e Helene (2009) as alvenarias convencionais, são aquelas que possuem a função de determinar espaços, completando os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas. Devem resistir ao peso próprio e não possuem função estrutural.

Segundo Bimbon (2015) a construção convencional tem como principal função vedar, separando ambientes e fachadas, sendo assim, a mesma não possui função estrutural, sustentando apenas o próprio peso.

No sistema convencional, as paredes servem exclusivamente para fechamentos e separações de ambientes, sendo que os esforços são absorvidos pelo sistema: pilares, lajes e vigas (FERREIRA, 2015). Os tijolos utilizados na vedação podem ser de variados tipos, entre eles o tijolo cerâmico, proveniente da queima da argila e sua cor pode ser clara ou escura, dependendo de quantas vezes passou por esse processo, outro material utilizado é o tijolo de adobe, um dos materiais de construção mais antigos do mundo, feito a partir de terra crua, água, palha e fibras naturais, esses tijolos são moldados artesanalmente e colocados ao sol para cozinhar.

3.3.2 Wood frame

O *wood frame* é um dos sistemas construtivos mais populares em outros países, como Estados Unidos e Canadá. Aqui no Brasil, a técnica ainda é pouco utilizada, mas vem crescendo nos últimos anos. Por isso, é importante entender como funciona.

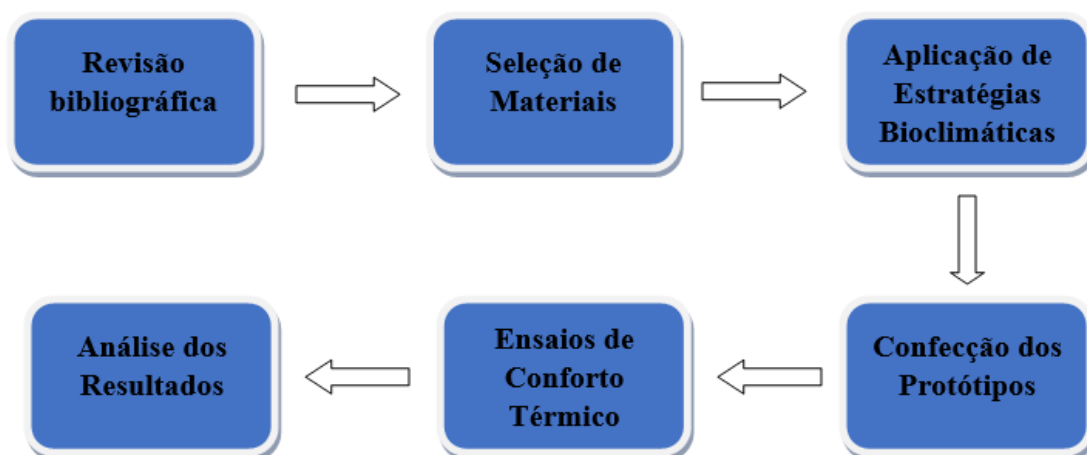
De maneira geral, o método construtivo *wood frame* é composto por perfis de madeira – geralmente de reflorestamento, como o pinus. A madeira maciça é coberta por um sistema de proteção contra o vento que, normalmente, é feito com *drywall* (ou gesso acartonado), placas cimentícias ou chapas de OSB (um painel com tiras de madeira).

Para garantir maior durabilidade e proteger contra cupins e umidade, é importante que a estrutura de madeira seja autoclavada. Além disso, os componentes da construção devem receber um tratamento específico para garantir que estrutura resista ao fogo.

4 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa foi dividida em 6 (seis) etapas, apresentadas na Figura 1. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica visando ampliar os conhecimentos técnicos do tema em estudo, o que subsidiou a seleção de materiais alternativos e estratégias bioclimáticas que orientaram a confecção dos protótipos de habitação popular, em que serão realizados os ensaios de conforto térmico. Em seguida, os dados obtidos pelos ensaios foram analisados, para posterior comparação entre os materiais alternativos selecionados, a fim de avaliar seu desempenho no conforto térmico.

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1 Revisão bibliográfica

Visando aprimorar o conhecimento do tema em estudo, foram analisados livros, artigos científicos, legislações e normas técnicas sobre conforto térmico, aspectos bioclimáticos, materiais alternativos na construção civil e métodos construtivos, a fim de indicar quais materiais construtivos e estratégia bioclimática deveriam ser adotados na confecção dos protótipos de habitação popular. Foi dado um destaque as regulamentações ABNT NBR 15.220/2005, ABNT NBR 15.575/2021 e Portaria N° 660/2018, pois são as atuais regras nacionais para construção civil associadas ao conforto térmico.

4.2 Seleção de materiais

Sob a perspectiva das variáveis climáticas e arquitetônicas, Weiller (2008) observa em seu trabalho que os materiais usados na envoltória das residências – paredes externas e cobertura – são determinantes na troca de calor, pois sua capacidade de absorver, armazenar e emitir energia afetam diretamente a temperatura interna dos ambientes.

O processo de seleção dos materiais ocorreu com base nos trabalhos de Araujo (2009), Brasil (2016), Cordeiro et al. (2017), Moreschi (2014), Santos et al. (2015) e Silva (2019), que relataram bons resultados para o uso de tijolos de adobe e madeira na etapa construtiva de vedação, pois, esses materiais possuem baixa capacidade de transmissão de calor, e absorção da radiação solar, além de possuir baixo custo e alta durabilidade.

Sendo assim, com o objetivo de comparar a eficiência térmica desses materiais alternativos com processos construtivos convencionais, foi selecionado também o tijolo cerâmico, uma vez que este é o material historicamente mais utilizado pela construção civil brasileira no processo de vedação de edifícios (SILVA et al., 2021; VETORAZZI, 1996)

4.3 Aplicação de estratégias bioclimáticas

Donida (2002) em seu trabalho, afirma que para a edificação ser erigida em um determinado local, ela deverá promover a seleção e correção dos fatores climáticos locais, para que gere um abrigo com satisfatório nível de desempenho.

Nesse contexto, visando promover harmonia entre o ambiente interno e externo do protótipo, foram adotadas estratégias bioclimáticas que irão conferir a residência conforto térmico. Para isto, as considerações sobre tais estratégias foram as mesmas apresentadas nos trabalhos de Assis et al. (2007), Bogo et al. (2016), Donida (2002), Lanham et al. (2004), Ribeiro (2008) e Serafim et al. (2018), que consideram aspectos construtivos de orientação solar, direção dos ventos e forma.

Obviamente, pela pesquisa ser executada na cidade de Pocinhos – PB, as estratégias selecionadas são apresentadas para a zona bioclimática Z8, segundo mapa da ABNT NBR 15.220/2005 apresentado no Anexo A.

4.4 Confeção de protótipos de habitação popular

Após a definição dos materiais, dos métodos construtivos e da estratégia bioclimática a serem utilizados, iniciou-se a construção dos protótipos segundo as dimensões da Figura 2, sendo um de tijolo convencional, um de tijolo adobe e outro de madeira. Vale ressaltar que os protótipos tiveram a mesma base e cobertura para as medições, utilizando madeira e telhas de fibrocimento.

Na construção dos protótipos com blocos, foram utilizados cimento Portland para assentamento dos tijolos cerâmicos e de adobe e posteriormente feito os acabamentos para ficarem com a espessura de 15 centímetros para simular a parede de uma casa normal. No caso dos tijolos de Adobe foram utilizadas orientações da NBR 16.814/2020 que versa sobre a construção de casas em adobe e indica o uso de tijolos de argila prensados sem cozimento. De forma similar foi realizado a construção do protótipo de tijolo cerâmico.

O outro protótipo foi o de madeira e utilizou o método Wood Frame para construção, no qual, para construir cada parede, são utilizadas duas chapas paralelas de madeira com uma estrutura para dar sustentação entre elas e uma manta de fibra de vidro para garantir o isolamento térmico e acústico (Figura 3).

Por fim, todos os protótipos foram posicionados segundo as estratégias bioclimáticas adotadas, com a fachada voltada para o norte e com a direção dos ventos predominantemente transversal, em local plano, com incidência solar direta e sem sombreamento.

Os protótipos foram construídos em área aberta do sítio Geraldo Claudino, na cidade de Pocinhos – PB (Figura 2 e 3).

Figura 2 - Processo construtivo do protótipo de tijolos cerâmicos



Fonte: Autor próprio (2022)

Figura 3 - Processo construtivo do protótipo de madeira



Fonte: Autor próprio (2022)

As dimensões e especificações técnicas utilizadas na construção dos protótipos tiveram como base o modelo de uma habitação popular do Programa Minha Casa Minha Vida proposto pela Caixa Econômica Federal (2006).

Por serem protótipos, estes foram construídos em escala reduzida, de 1:46, em relação ao modelo de residência supracitado, totalizando uma área de 0,8 m². A planta baixa com as dimensões dos protótipos esta apresentada no Apêndice A.

4.5 Ensaio de conforto térmico

Os ensaios de conforto térmico ocorreram entre os dias 24 e 25 de abril de 2021, com medições horarias, em ambiente externo e interno aos protótipos, que permitiram a definição de um perfil de 24 horas, conforme metodologia apresentada por Chagas *et al.* (2018).

Neste sentido, as grandezas de temperatura do ar (TA), umidade (UR) e temperatura de globo preto foram aferidas a cada hora, em ambiente interno e externo ao protótipo, a fim de calcular o Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG) (Equações 1 e 2). Essas grandezas foram selecionadas por representarem as possíveis formas de transferência de calor – TA, UR e IBUTG, representam a transferência de calor por convecção, condução e radiação, respectivamente.

$$\text{IBUTG}_{\text{interno}} = 0,7 \text{ TBn} + 0,3 \text{ TG} \quad (1)$$

$$\text{IBUTG}_{\text{externo}} = 0,7\text{TBn} + 0,1\text{TBs} + 0,2 \text{ TG} \quad (2)$$

Onde:

$\text{IBUTG}_{\text{interno}}$ = Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo para ambientes internos.

$\text{IBUTG}_{\text{externo}}$ = Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo para ambientes externos.

TBn = Temperatura de Bulbo Úmido natural.

TBs = Temperatura de Bulbo Úmido seco

TG = Temperatura de Globo.

Para a realização dos ensaios supracitados foi utilizado o termômetro de globo, modelo ITWTG-2000 da Instrutemp, fornecido pelo Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba.

4.6 Análise dos resultados

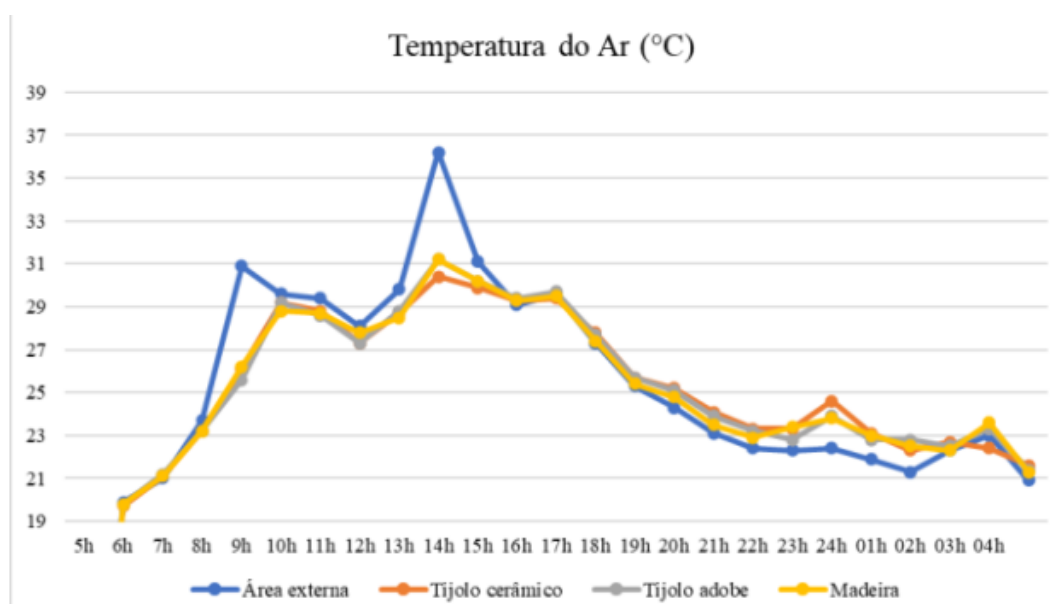
Os resultados obtidos a partir dos ensaios de conforto térmico foram analisados e, em seguida, comparados a fim de verificar a eficiência na garantia do conforto térmico de cada método construtivo selecionado. Analisando os resultados, é possível verificar que não há variação marcante do conforto térmico entre os protótipos, ou seja, os materiais produziram o mesmo nível de conforto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizado o processo metodológico, os resultados das medições foram apresentados na forma de gráficos que representam o perfil horário das grandezas medidas (Figura 4, 5, 6 e 7).

O gráfico da Figura 4 exhibe o perfil horário para a temperatura do ar em graus célsius, entre as 5h do dia 24 às 4h do dia 25 de abril de 2021.

Figura 4 - Perfil horário da Temperatura do Ar (°C)



Fonte: Autor próprio (2022)

Nesse perfil é possível observar que há variações significativas entre as TA no interior e no exterior dos protótipos, principalmente entre os horários de 8h e 14h e 19h e 1h. Por outro lado, não houve variações entre os protótipos.

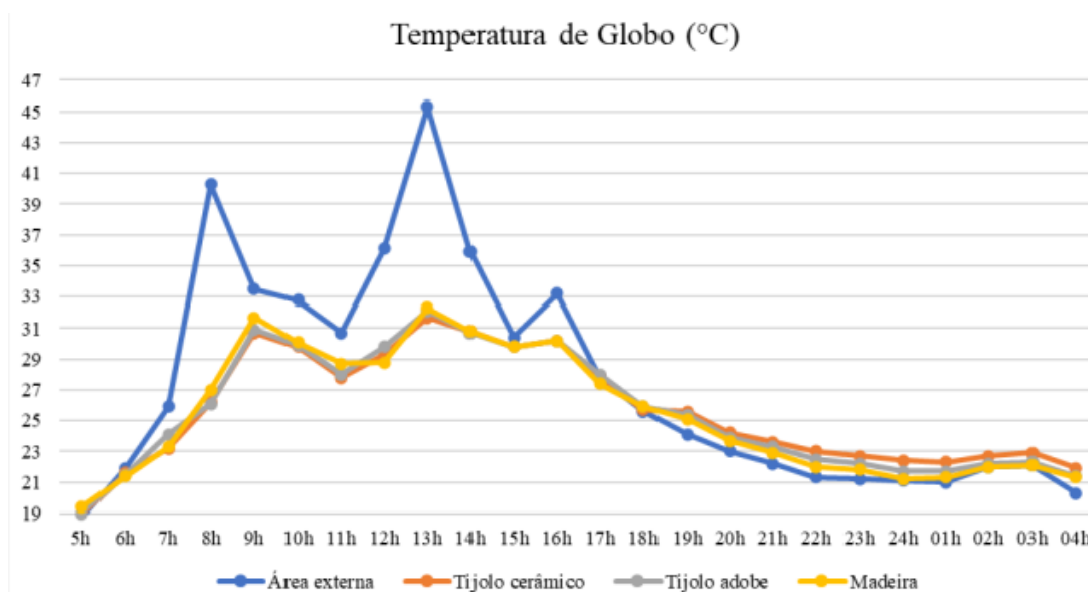
Ocorre também que o período de maior temperatura é aquele que apresenta maior variação entre o ambiente interno e externo, alcançando até 6°C de diferença, enquanto o período mais frio registrou apenas 2°C.

Em relação a TG, o perfil apresentado na Figura 5, mostra que o comportamento foi semelhante a TA, com maiores variações no período mais quente – 13°C – e menores no período mais frio – 1°C.

Contudo, o horário de variação de temperatura mudou, sendo entre 7h e 16h e entre 19h e 23h. Outra mudança importante é que no período mais

frio foi verificada variações entre a TG dos protótipos, com valores mais altos para o protótipo de tijolos cerâmicos.

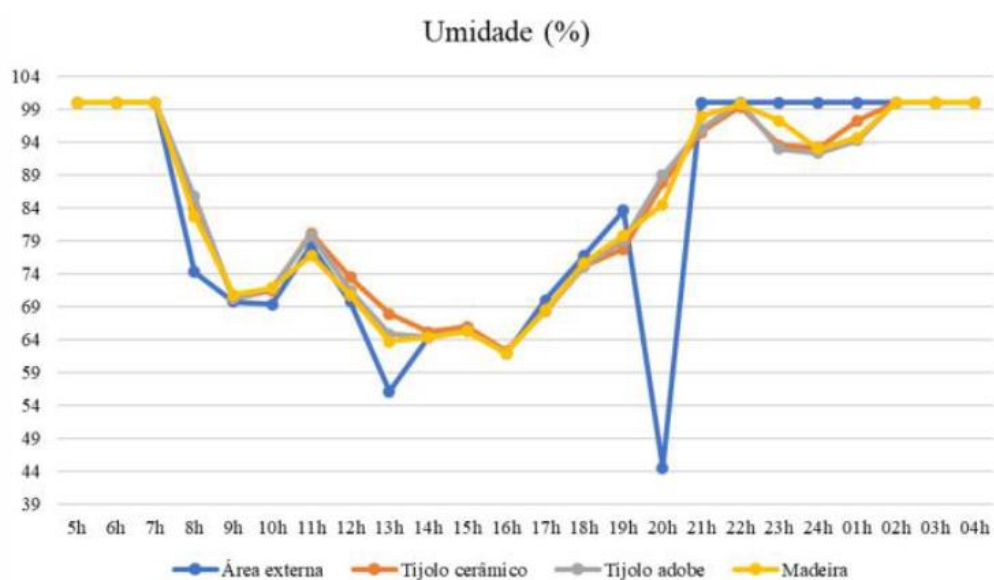
Figura 5 - Perfil horário da Temperatura de Globo



Fonte: Autor próprio (2022)

Quanto ao perfil da UR (Figura 6), a variação entre os ambientes internos e externo praticamente não ocorreu, exceto entre o período de 21h a 1h e por alguns outliers registrados nas medições de 13h e 20h.

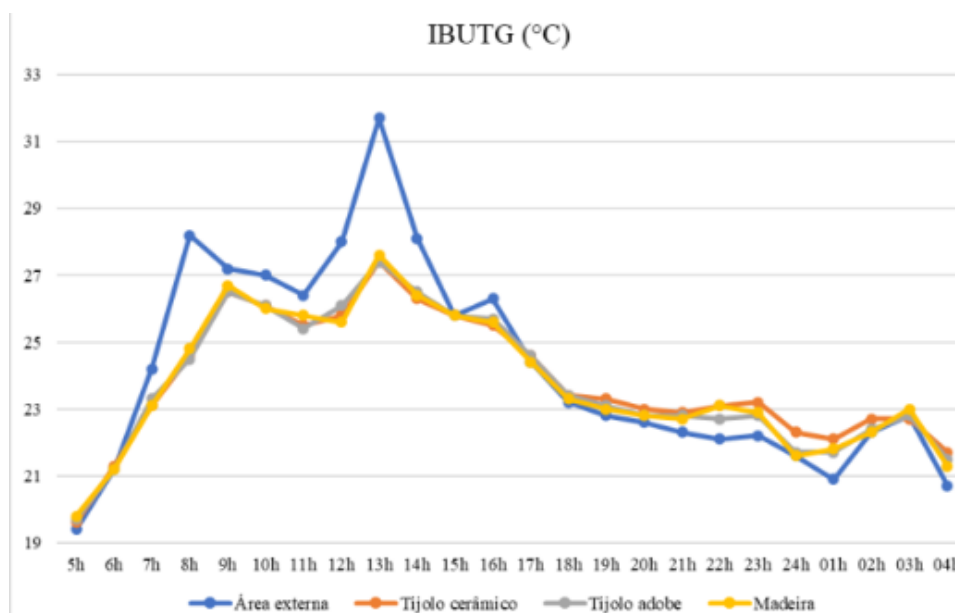
Figura 6 - Perfil horário da Umidade (%) no interior



Fonte: Autor próprio (2022)

Por sua vez, o perfil do IBUTG (Figura 7) apresentou resultado semelhante as TA e TG. De maneira que houve maior variação no período de maior temperatura – 4°C – registrado entre as 7h e 16h, e menor variação no período mais frio – 2°C – que ocorreu entre 22h e 01h.

Figura 7 - Perfil horário do Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (°C) no interior e exterior dos protótipos



Fonte: Autor próprio (2022)

Analisando-se os resultados, é possível verificar que não há variação marcante do conforto térmico entre os protótipos, ou seja, os materiais produziram o mesmo nível de conforto. Essa afirmação pode ser confirmada pelo perfil horário do IBUTG (Figura 8), pois essa medida representa a sensação térmica que o residente experencia, e para todos os protótipos o comportamento foi semelhante ao longo do dia.

Entretanto, para o protótipo de tijolos cerâmicos, no período em que o ambiente externo esteve mais frio – entre 22h e 01h – o ambiente interno esteve mais quente, com uma variação em torno de 1°C para os demais protótipos, podendo indicar que os tijolos cerâmicos transmitem o calor de forma mais paulatina.

Esse fenômeno pode ser explicado pela transferência de calor por radiação, uma vez que dentre as grandezas medidas apenas a TG apresentou diferença de valores entre os protótipos, inclusive com os tijolos cerâmicos apresentando maior temperatura nos horários mais frios.

No que se refere ao papel dos protótipos em proteger o ambiente interno das variações de temperatura ao longo do dia, o resultado foi excelente, pois nos períodos de maior temperatura, os protótipos resfriaram o ambiente interno e nos períodos de menor temperatura, os protótipos mantiveram a temperatura mais alta, garantindo uma oscilação mais suave aos moradores.

Levando em consideração que a NBR 15.575/2013 classifica o desempenho térmico de um recinto de permanência prolongada nos níveis mínimo intermediário e superior, para a zona bioclimática 8, no período de verão, segundo as regras do Quadro 2, constata-se que todos os protótipos obtiveram desempenho superior, justamente por resfriar o ambiente interno em mais de 2°C no período mais quente do dia e manter a temperatura no período mais frio do dia, aumentando em pelo menos 1°C a temperatura interna (Quadro 3).

Quadro 1 - Critérios para avaliação do desempenho

Classificação	Critério
Mínima	$T_{m\acute{a}x} \leq T_{em\acute{a}x}$
Intermediária	$T_{m\acute{a}x} \leq (T_{em\acute{a}x} - 1^{\circ}\text{C})$
Superior	$T_{m\acute{a}x} \leq (T_{em\acute{a}x} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{m\acute{i}n} \leq (T_{em\acute{i}n} + 1^{\circ}\text{C})$

Fonte: Autor próprio (2022)

Quadro 2 - Resultado da variação entre os ambientes internos e externos quanto a temperatura máxima e mínima do IBUTG registradas

	T_{máx} (°C)	T_{mín} (°C)
Tijolo cerâmico	30,4	19,7
Tijolo adobe	31,2	19,8
Madeira	31,2	19,8
Externo	34,2	20,9

Fonte: Autor próprio (2022)

De toda maneira, alguns aspectos metodológicos precisam ser esclarecidos, primeiramente o fato de que durante a medição, o tempo estava instável, havendo momentos nublados e de incidência solar intensa, o que pode ter gerado a presença de

outliers nos resultados das grandezas e a uniformidade dos protótipos, mesmo sendo construídos com materiais distintos.

Outro aspecto que pode ter influenciado o resultado é o fato das janelas e portas dos protótipos estarem sempre abertas, favorecendo a troca de ar e conseqüentemente de calor, tanto que resultados de TA e UR praticamente não obtiveram variações entre os protótipos.

Sendo assim, sugere-se que posteriormente outros ensaios sejam realizados em dias com clima ensolarado e com janelas e portas fechadas, a fim de verificar a influência desses fatores no conforto térmico dos protótipos

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos desenvolvidos é possível concluir que os métodos construtivos utilizados na confecção dos protótipos têm influência semelhante no conforto térmico, apesar de o modelo de construção convencional – com tijolos cerâmicos – possuir uma qualidade térmica um pouco melhor nos períodos mais frios do dia.

Embora ocorram pequenas variações na sensação térmica, vale a pena ressaltar que todos os protótipos apresentaram classificação superior de desempenho térmico, segundo a NBR 15.575/2013.

Nesse sentido, sugere-se que mais parâmetros construtivos sejam analisados quanto a sua influência no conforto térmico, a exemplo de outros materiais de vedação e outros tipos de cobertura.

7 REFERÊNCIAS

ABNT, **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Projeto 02: 135.07-001 - Desempenho Térmico de Edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

ASHARE. American National Standard 55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Estados Unidos: ASHARE, 2013.

BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Environmental Comfort in School Buildings: A Case Study of Awareness and Participation of Users. Environment and Behavior**, Amsterdam, v. 38, n. 2, p. 155-172, 2006.

BESANCENOT, J. P. **Climat et Santé**. 1. ed. Paris: Dépôt legal: 2001. BIMBON. Versão online. Disponível em: http://www.bimbon.com.br/arquitetura/entenda_a_diferenca_entre_construcao_convencional_e_alvenaria_estrutural.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022.

BUSTOS, R. M. A. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Editorial UNB, 2000.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma NBR15575/2013**. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CARVALHO, V. F. M. **Contributos bioclimáticos para o planejamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas**. 2006. 336 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Projecto do Ambiente Urbano) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2006.

Coelho-Ravagnani, C. F.; Melo, F. C. L.; Ravagnani, F. C. P.; Burini, F. H. P.; Burini, R. C.; Estimativa do equivalente metabólico (MET) de um protocolo de exercícios físicos baseada na calorimetria indireta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Cuíaba v. 19, p. 2, 2013.

COSTA, E. C. **Construção: Conforto Térmico**. São Paulo: Blucher, 1974.

DOS SANTOS, T. L.; PORTO, F. H. F. dos S.; SILVA, A. S. Análise da correlação entre conforto e desempenho térmico em habitações de interesse social por simulação computacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 211-229, 2020.

FANTE, K. P.; DUBREUIL, Vincent; SANT'ANNA NETO, J. L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao contexto tropical. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 21, n. 13, p. 588 – 612, 2017.

Fernandes L. C.; Krüger E. L.; Temperatura Radiante média obtida via termômetro de globo: análise crítica de dados de um estudo de campo **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 8, n. 1, p. 147-163, Janeiro-Junho, 2019 - ISSN 2318-1109.

Fernandes, M. E., & Masiero, E. (2020). Relação entre conforto térmico urbano e Zonas Climáticas Locais. *urbe*. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 12, e20190247. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190247>.

FERREIRA, B. L. O.; POMPEU JUNIOR, L. G. C. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto – método executivo, vantagens e desvantagens de seu uso**. 2010. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal da Amazônia, Belém, 2010.

FRANCO, L. S. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Martinelli, 2004.

FRENOT, M, SAWAYA, N. **O isolamento térmico. Guia das soluções práticas para melhoria das condições térmicas das habitações existentes**. Coleção Novas energias. 1979.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel. 2001.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. 1. re. Madrid: Editorial Sintesis, 1996.

GOULART, S.; BARBOSA, M.; PIETROBON, C. E.; BOGO, A.; PITTA, T., **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994.

KALIL, S. M. B. **Alvenaria Estrutural**. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2007

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **CONFORTO TÉRMICO E STRESS TÉRMICO**. Florianópolis: UFSC, 2002.

MOURA, L. F.; Xavier, A. A. P.; Abordagem sobre as vestimentas e a eficiência das normas regulamentadoras brasileiras e da ISO 9920: 2007 na promoção do conforto térmico ao trabalhador. **Espacios**. Paraná, V. 34, n. 3, P. 7, 2013.

NDMAIS. **ESPECIALISTAS FALAM SOBRE “DESCONFORTO TÉRMICO” E OS PERIGOS DO CALOR EXCESSIVO**. 2019. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/noticias/especialistas-falam-sobre-desconforto-termico-e-os-perigos-do-calor-excessivo/>>. Acesso em: 05 de julho de 2022.

PANET, M. F.; ARAÚJO, V. M. D. ; ARAÚJO, E. H. S. No calor da idade: parâmetros de conforto térmico para idosos residentes em localidade do semiárido paraibano. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 135-149, 2020.

PIRONDI, Z. **Manual prático da impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo: Pini.1988.

ROMAN, H. R.; ARAÚJO, H. N.; MUTTI, C. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: editora da UFSC, 1999.

SANTOS, G. D. AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (IDT) EM ESCOLAS DE TEMPO INTEGRAL EM UMA CIDADE DO NORDESTE BRASILEIRO. **Environmental Smoke**, João Pessoa, v. 1, n. 2, p. 86-109, 2018.

Soto-Estrada E.; Álvarez-Carrascal F.; Gómez-Lizarazo J.; Valencia-Montoya D. Confort térmico en viviendas de Medellín. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, Medellín, v. 18, n. 35, p. 51-68, 2019.

THOMAZ, Ercio. **Requisitos técnicos e operacionais visando a qualidade na construção de edifícios**. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GIVONI, B. **Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines**. *Energy and Buildings*, v.18, n.1, p.11-23, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152: **Níveis de ruído para conforto acústico**, Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.413: **Iluminância de interiores**, Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.401-2: **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico**, Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220: **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**, Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-1: **Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**, Rio de Janeiro. 2021

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 3 ed., Rio de Janeiro

DONIDA, M. M. **AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO E INSOLAÇÃO EM EDIFICAÇÕES NA REGIÃO DE BAURU – SP.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Projeto padrão – casas populares.** Vitória: GIDUR, 2006.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **CONFORTO TÉRMICO E STRESS TÉRMICO.** Florianópolis: UFSC, 2002.

WEILLER, G. C. B. **A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS DE ENTORNO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

VETORAZZI, A. M. B. O tijolo cerâmico na construção civil, um estudo de caso. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, n. 17, p. 64-81, 1996.

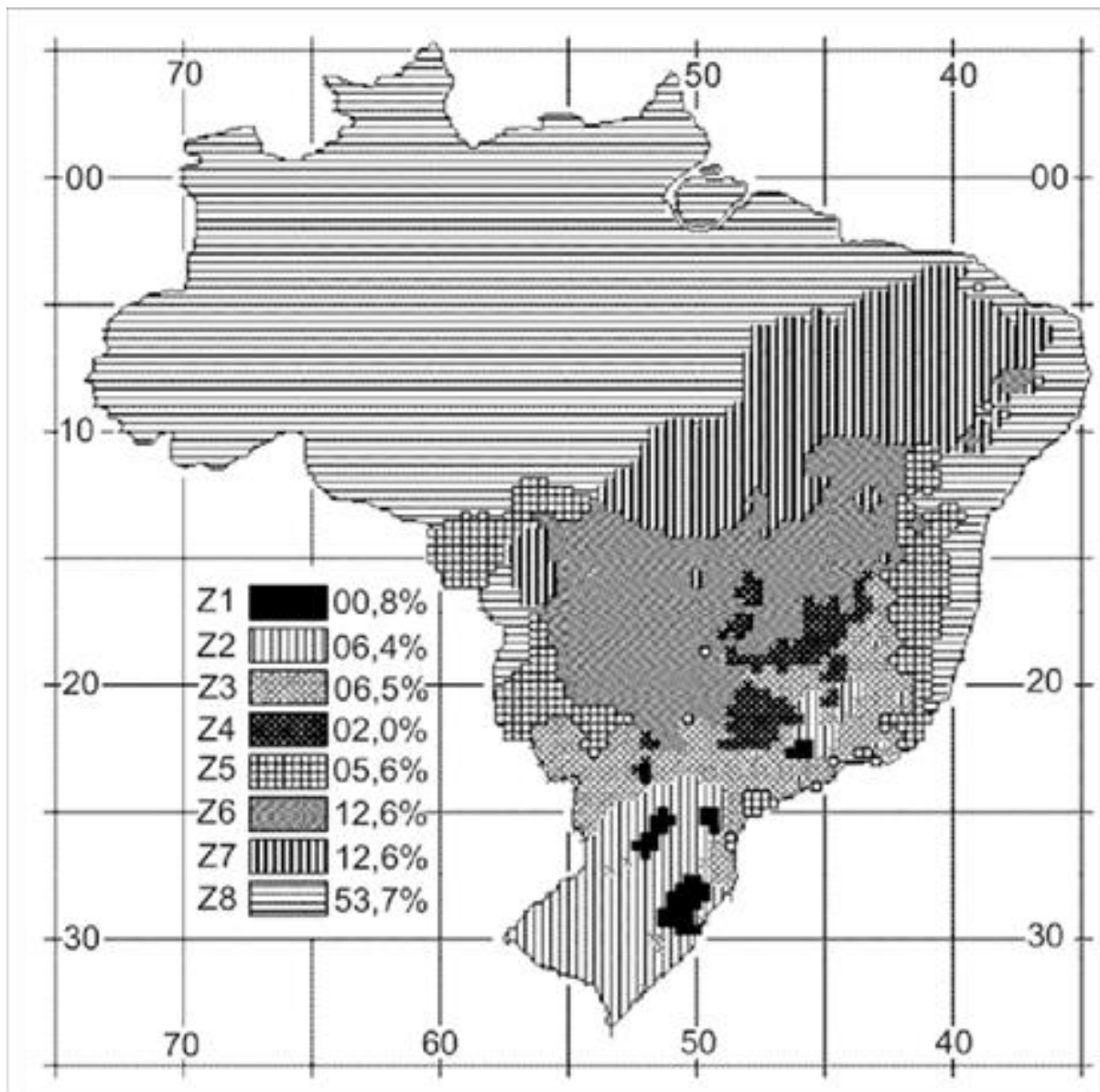
ASSIS, E. S.; PEREIRA, E. M. D.; SOUZA, R. V. G.; DINIZ, A. S. A. C. **HABITAÇÃO SOCIAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM PROTÓTIPO PARA O CLIMA DE BELO HORIZONTE.** *In*: Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2., 2007, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: CBEE, 2007.

BOGO, A. J.; PEIXER, K. T.; KOBALL, D. **ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO COM ENFOQUE AMBIENTAL: A EXPERIÊNCIA DE UMA DISCIPLINA DE PROJETO INTEGRADO DE ARQUITETURA E CONFORTO TÉRMICO.** **Revista Habitat Sustentable**, Casilla, v. 6, n. 2, p. 80-87, 2016.

SERAFIM, G.; REMOR, R.; FENATO, C. S. P. M. **ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA PROJETO ARQUITETÔNICO NA CIDADE DE UMUARAMA – PR. Akrópolis - Revista de Ciências Humanas da Unipar**, Umuarama, v. 25, n. 2, p. 91-101, 2018.

CHAGAS, G. R. S.; MACÊDO, A. S.; CAVALCANTI, A. B.; OGATA, I. S. CONFORTO TÉRMICO EM PROTÓTIPOS RESIDENCIAIS DE MADEIRA UTILIZANDO TELHADO VERDE. *In*: Congresso Nacional de Construção de Edifícios, 3., 2018, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: CONACED, 2018

ANEXO A – Mapa de zoneamento bioclimático brasileiro



APÊNDICE A – Planta baixa do protótipo de residência popular