Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS SUSTENTÁVEIS PARA HABITAÇÕES RIBEIRINHAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Sustainable Bioclimatic Strategies for Riverside Dwellings in the Brazilian Amazon

Estrategias bioclimáticas sostenibles para viviendas ribereñas en la Amazônia brasileña

Maria Cristina Celuppi
Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie – FAU UPM
mariaceluppi@hotmail.com

Célia Regina Moretti Meirelles
Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie – FAU UPM
morettimeirelles@gmail.com

João Paulo Assis Gobo
Docente do curso de Geografia da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho, RO, Brasil
joao.gobo@unir.br

Resumo: A presente pesquisa apresenta um estudo inédito, que verificou estratégias bioclimáticas para a região ribeirinha da Amazônia brasileira, através da análise da literatura internacional, coleta de dados e análise qualitativa da situação microclimática de uma habitação local da tipologia palafita e a simulação termoenergética das estratégias apresentadas na literatura. Os resultados mostram que a habitação analisada apresenta valores internos de temperatura do ar e umidade relativa constantemente altos, assim como baixos valores de velocidade do vento. Por outro lado, as simulações apontaram estratégias eficientes e economicamente viáveis para melhorar as condições de conforto da habitação analisada e também forneceram uma análise da situação microclimática interna da mesma habitação, caso fosse construída com outra tipologia. Conclui-se que as condições de conforto humano podem ser melhoradas com a adoção de soluções viáveis e de fácil implementação.

Palavras-chave: Sustentabilidade, conforto térmico, estratégias bioclimáticas, Amazônia.

Abstract: The present research presents an unprecedented study, which verified bioclimatic strategies for the riverside region of the Brazilian Amazon, through the analysis of the international literature, data collection and qualitative analysis of the microclimatic situation of a local stilt house and the thermoenergetic simulation of the strategies presented in the literature. The results show that the dwelling analyzed presents internal values of air temperature and relative humidity that are constantly high, as well as low values of wind speed. On the other hand, the simulations pointed out efficient and economically feasible strategies to improve the comfort conditions of the analyzed dwelling and also provided an analysis of the internal microclimatic situation of the same dwelling if it were built with another typology. We conclude that human comfort conditions can be improved with the adoption of viable and easily implemented solutions.
Keywords: Sustainability, thermal comfort, bioclimatic strategies, Amazon**.**

Resumen: La presente investigación presenta un estudio inédito, que verificó estrategias bioclimáticas para la región ribereña de la Amazonia brasileña, a través del análisis de la literatura internacional, la recolección de datos y el análisis cualitativo de la situación microclimática de un zancudo local y la simulación termoenergética de las estrategias presentadas en la literatura. Los resultados muestran que la vivienda analizada presenta valores internos de temperatura del aire y humedad relativa constantemente elevados, así como valores bajos de velocidad del viento. Por otro lado, las simulaciones señalaron estrategias eficientes y económicamente viables para mejorar las condiciones de confort de la vivienda analizada y también proporcionaron un análisis de la situación microclimática interna de la misma vivienda, si se construyera con otra tipología. Se puede concluir que las condiciones de confort humano pueden mejorarse adoptando soluciones factibles y fáciles de aplicar.
Palabras clave: Sostenibilidad, confort térmico, estrategias bioclimáticas, Amazonas.

Submetido em: 31/03/2022
Aceito para publicação em: 27/07/2022
Publicado em: 01/12/2022

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura vernacular que fundamenta a moradia ribeirinha do estado do Amazonas, no Brasil, se dá na construção de diversos fatores, que têm origem na cultura cabocla, no ciclo das águas, nos materiais disponíveis na região e pelas condições climáticas locais. Nas áreas mais isoladas é possível encontrar casas construídas em madeira com a cobertura em palha, reflexo da influência indígena, entretanto nas regiões próximas aos centros urbanos percebe-se a influência de materiais industrializados.

Com base nisso, as habitações da região amazônica devem ser compatíveis com a variação anual do curso das águas e neste contexto, três tipos de casa são predominantes: a palafita (A), a flutuante (B) e a casa apoiada no solo (C), conforme Figura 1. Ambas as tipologias são constituídas basicamente de madeira de espécies locais com paredes finas, coberturas de telha metálica e sem a utilização de forro.

Figura 1: Tipologias construtivas da região.



Fonte: Dos autores.

Nesta região, valores elevados de temperatura e umidade do ar, bem como baixa velocidade do ar, típicos de regiões de clima quente e úmido, são fatores impactantes na rotina diária de moradores ribeirinhos, especialmente nas condições internas das habitações. Diante disso, a literatura internacional sugere algumas estratégias que podem ser eficientes para regiões de mesmo tipo climático.

Yldiz e Arsan (2011) apontam a importância da área das aberturas e orientação das fachadas visando o melhor aproveitamento dos ventos predominantes. Já Cheng, Ng e Givoni (2005) afirmam que a composição das paredes, orientação da habitação e aberturas, assim como o efeito da cor dos fechamentos externos pode impactar diretamente na temperatura do ar interno das habitações. Para os autores a cor um dos meios mais efetivos e econômicos na redução da temperatura interna em regiões de clima quente e úmido, corroborando com as pesquisas de Givoni (1994) e Synnefa, Santamouris a Akbari (2007), quando afirmam que o efeito da refletância do telhado por meio da cor, reduz as cargas internas de resfriamento, horas de desconforto e picos de temperatura.

Chungloo e Limmeechokchai (2007), verificaram o desempenho do efeito chaminé aliado a pulverização de água no telhado e indicaram estas estratégias como positivas, na redução de temperaturas internas na Tailândia, região de mesmo tipo climático que Manacapuru-AM. Outra estratégia bioclimática eficaz para as regiões de clima quente e úmido é a geotermia, que utiliza de tubos enterrados no subsolo, fazendo com que o solo se torne um dissipador do ar ambiente por meio da condução do tubo enterrado (SANUSI, SHAO E IBRAHIM, 2013).

Os elevados valores de umidade relativa do ar interno, são influenciados por diversos fatores, como presença e atividade humana no local, equipamentos eletrônicos, taxa de mudança e fluxo do ar nos cômodos, liberação e absorção da umidade por meio das superfícies higroscópicas dos materiais e obviamente, do teor de umidade do ar externo (WOLOSZYN et al 2009). Por vezes, altos valores de umidade em ambientes internos, acabam por ser negligenciados e algumas pesquisas, mesmo tendo consequências importantes na saúde dos ocupantes: crescimento de microrganismos (mofo, bactérias e fungos), qualidade do ar, durabilidade do edifício e implicações sobre consumo de energia (SIMONSON; SALONVAARA; OJANEN, 2002; WOLOSZYN et al., 2009; DOE; KUBOTA, 2015).

SIMONSON; SALONVAARA; OJANEN, (2002), apontam que ventiladores, ar condicionado e aquecimento, podem auxiliar no controle da umidade interna, no entanto em climas quentes e úmidos, tais mecanismos podem não ser capazes de controlar a carga latente e a umidade acaba por exceder os limites recomendados de 60% a 70% (ASHRAE Standard 55, 2010). Nematchoua (2015), afirma que revestimentos internos permeáveis como madeira e gesso apresentam uma notável melhoria no ambiente interno, quando comparado com ambientes com revestimentos impermeáveis como a pintura e o plástico. Os revestimentos permeáveis das paredes proporcionam a absorção da umidade, quando ela estiver muito elevada, bem como a sua liberação quando esta encontra-se baixa (NEMATCHOUA, 2015). Simonson, Salonvaara e Ojanen (2004) afirmam que o uso de materiais higroscópicos, além de melhorar os níveis de umidade interna, colabora com a difusão de gases poluentes através do envelope, reduzindo a concentração interna de contaminantes.

Outra forma de controle da umidade relativa do ar interno foi averiguada por Woloszyn et al. (2009) que afirma que o uso da capacidade de amortecimento da umidade dos materiais de construção, mais especificamente da madeira, combinado ao efeito da ventilação são formas eficazes na redução da amplitude diária e das variações de umidade. Lucas et al. (2001) corrobora com a importância da ventilação no uso de estruturas higroscópcicas, apontando seu potencial de minimizar a condensação em locais muito úmidos.

Quanto a velocidade do ar, Lobo e Bittencourt (2003), afirma que o movimento do ar no interior é aceitável entre de 0,5 m/s à 2,0 m/s e que limites superiores poderiam causar problemas de turbulência ao invés das condições de conforto. Entretanto, destacam que para climas quentes e úmidos, velocidades maiores podem promover conforto térmico, compensando tais desvantagens. Do mesmo modo, ao analisar os limites de velocidade para climas quentes e úmidos estabelecidos nas normas ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005), Cândido et al (2010 a) sugere alterações nos limites máximos de velocidade do vento interno, tendo em vista que o movimento do ar que é considerado desconfortável nos demais tipos de clima, pode ser tido como confortável em climas quentes e úmidos. A pesquisa feita pelos autores encontrou valores de aceitação na casa dos 0,80m/s e até 1,60 m/s, dados estes diretamente relacionados a questão da percepção térmica, onde a expectativa climática interior do usuário, varia de acordo com o contexto em que se insere a habitação (DE DEAR, LEOW, FOO; 1991).

Wong et al. (2002), observou que o movimento do ar tem influência na sensação de conforto dos moradores de Singapura, aliviando os efeitos da alta temperatura e melhora na sensação de conforto dos habitantes, tendo em vista que os ocupantes preferem tomar primeiramente medidas adaptativas de controle ambiental (janela, ventilador, ar condicionado) para posteriormente recorrerem a ajustes pessoais que envolvam termorregulação (roupa, banho, bebidas), o que corrobora com a abordagem adaptativa, onde o usuário de um ambiente ventilado naturalmente é considerado um sujeito dinâmico, que interage com o seu entorno ajustando-se à temperatura interna e não um ocupante passivo, sujeito apenas as condições internas (DJAMILA; CHU; KUMARESAN, 2013), fatores esses que são favoráveis à aplicação de estratégias de ventilação natural. Por outro lado, Nguyen, Singh e Reiter (2012) afirmam que em situações de temperatura e umidade bastante elevados, as ações adaptativas podem não ser tão efetivas, o que pode indicar a necessidade da associação de estratégias bioclimáticas a sistemas de HVAC.

Outra estratégia com positivo potencial é a analisada por Kubota, Chyee e Ahmad (2009), que analisaram o potencial da ventilação noturna na Malásia, região de clima quente e umido, e observaram que esta estratégia proporciona melhores condições de conforto térmico para casas geminadas em comparação a outras estratégias de ventilação, apresentando-se com um grande potencial na eliminação do uso noturno do ar condicionado - AC. Evidentemente, o desempenho da ventilação noturna depende das condições climáticas ambientais, bem como os parâmetros físicos da habitação, no entanto trata-se de uma técnica de refrigeração passiva, de baixo custo, que pode vir a contribuir na redução da carga de resfriamento da habitação além de melhorar o conforto térmico dos ocupantes (KUBOTA; CHYEE; AHMAD, 2009).

Toe e Kubota (2015), também ressaltam o potencial da ventilação noturna para resfriamento do ambiente interno e sugerem o uso de exaustores e átrios para aumentar a taxa de ventilação em toda a habitação no período noturno, lembrando que as aberturas próximas ao teto favorecem a liberação do ar quente.

Em edifícios naturalmente ventilados, a fachada acaba por tomar maior importância no desempenho térmico, deixando em segundo lugar as condições climáticas, fazendo com que o aumento da relação entre parede e janela apresente-se favorável na melhora do conforto quando aliado à dispositivos horizontais de sombreamento nas quatro fachadas

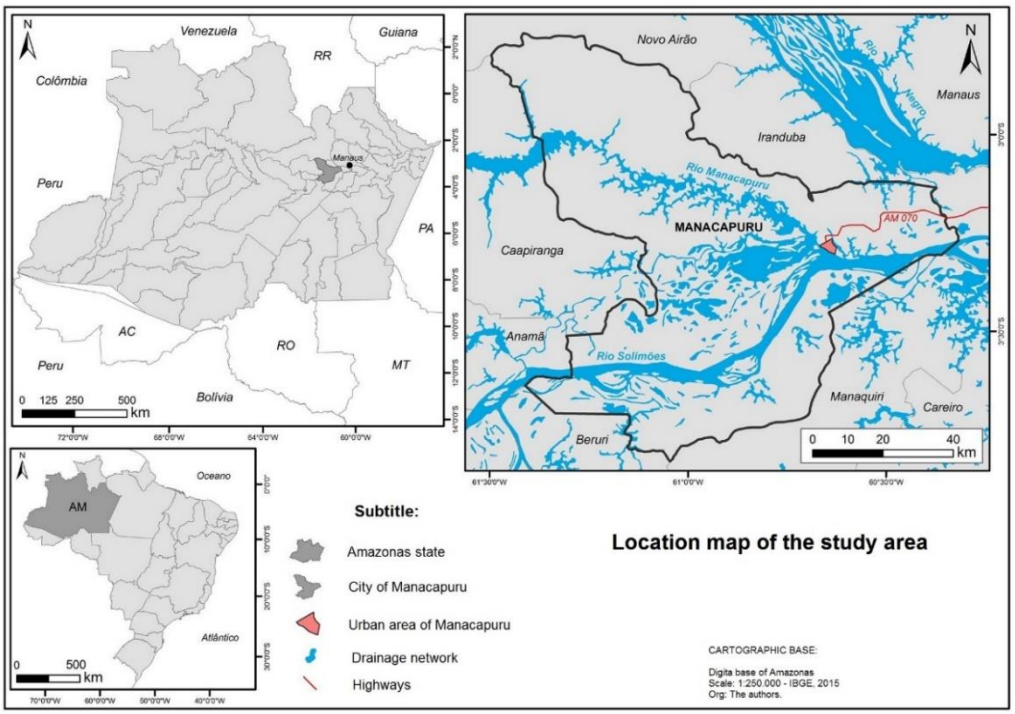
(LIPING; HIEN, 2007; YILDIZ; ARSAN, 2011). Givoni (1994) sugere ainda que fachadas orientadas em ângulos de 30º a 120º oblíquas aos ventos dominantes, aliados ao uso de aberturas nas paredes de barlavento e sotavento, podem fornecer uma ventilação cruzada efetiva.

Partindo desses apontamentos, esta pesquisa tem por objetivo analisar qualitativamente o cenário microclimático das habitações ribeirinhas da região amazônica por meio da coleta de dados meteorológicos indoor de uma habitação, assim como analisar a efetividade de algumas das estratégias apontadas na literatura, por meio de simulações termoenergéticas, com a finalidade de discutir, compreender e indicar estratégias bioclimáticas passíveis de aplicação, para habitações ribeirinhas da tipologia palafita (construída sobre pilotis) e casa apoiada no chão, da região amazônica.

1.1 Localização da área de estudo e caracterização climática da região

A área de estudo compreende o município de Manacapuru, Amazonas, localizado às margens do Rio Solimões, onde a pesquisa foi desenvolvida em duas comunidades ribeirinhas do município, “Pesqueiro” e “Rei Davi – Calado” (Figura 2).

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Celuppi *et al.* (2019).

A região da Amazônia brasileira a qual pertence a área de estudo classifica-se, segundo Alvares et al. (2013) como “zona tropical sem estação seca”, o que significa médias anuais de temperatura do ar na faixa dos 26.7ºC, com pouca variação sazonal, bem como precipitação anual de 2.420 mm, sendo agosto o mês mais seco, em que a precipitação mensal está na faixa dos 80 mm, enquanto Dubreuil et al. (2018) classificam o clima da região de Manacapuru como “Am” (clima quente de monções).

Quanto a circulação atmosférica em grande escala e os padrões de vento predominantes na região de estudo, Paccini et al. (2018) apontam que os ventos diários de baixo nível, de acordo com o período de 1979 a 2014, são predominantemente de direção norte-nordeste, oriundos do nordeste do Atlântico.

2. Método

2.1 Coleta de dados meteorológicos

Para a coleta dos dados meteorológicos internos esta pesquisa baseou-se no trabalho de Hwang et al., (2009) que verificaram a correlação entre sensação térmica e insatisfação térmica para regiões de clima tropical. Para tal coleta utilizou-se uma estação meteorológica automática portátil (Figura 3), equipamento este, que foi exclusivamente desenvolvido para a presente pesquisa, que conta com os seguintes sensores:

- Sensores de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, para obtenção de dados de temperatura e umidade relativa do ar, que coletaram dados em intervalos de 10 minutos.
- Anemômetro, para a obtenção de dados de velocidade e direção do vento, que coletará dados em intervalos de 10 minutos;
- Termômetro de globo negro para a obtenção da temperatura radiante média (TRM), que coletará dados em intervalos de 10 minutos.

Figura 3: Estação meteorológica automática portátil utilizada na pesquisa.



Fonte: Dos autores.

A instrumentação supracitada foi conectada a um sistema de leitura e coleta dos dados em cartão de memória SD. Optou-se por instalar a referida estação em uma única casa da tipologia palafita. Para tanto, buscou-se uma palafita construída em madeira, com cobertura de telha metálica e sem forro, tipologia esta, característica da localidade analisada.

A estação meteorológica portátil automática foi instalada na comunidade Ribeirinha "Pesqueiro", no município de Manacapuru, no estado do Amazonas, medindo 48 horas ininterruptas, entre os dias 15 a 17 de agosto de 2017. Instalou-se a estação meteorológica em um cômodo na área central da residência, que coletou dados no intervalo de 1 em 1 minuto. A coleta de dados meteorológicos deu-se das 10:00h do dia 15 de agosto de 2017 até as 10:50h, do dia 17 de agosto de 2017.

Os dados da estação meteorológica do INMET na cidade de Manacapuru, localizada a 9 km da área analisada, foram utilizados para coletar dados externos referentes à temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. A utilização dos dados desta estação meteorológica foi considerada, visto que os diferentes microclimas desta região são diretamente influenciados pelo clima local, que segundo Ribeiro (1993), considera entre 15 a 150 km, como uma escala espacial apropriada para o clima local. Consequentemente, como

não há influência urbana neste local, o clima local é fortemente influenciado pelo clima regional (MONTEIRO, 1976; RIBEIRO, 1993; OKE, 2004; GOBO, GALVANI, WOLLMANN et al. 2018) e esta transferência de informações de escalas mais altas para escalas mais baixas do clima pode ser vista através dos trabalhos de Palus (2014), Groth e Ghil (2011, 2015) e Jajcay et al. (2016).

Para a análise dos dados coletados no campo durante os três dias de medição, eles foram tabulados e consolidados em uma folha de trabalho do Microsoft Excel® para tratamento gráfico e foram posteriormente discutidos.

Para a construção da rosa dos ventos, apresentada na figura 16, utilizou-se o WRPLOT View - Versão 8.0.2 - Wind Rose Plots for Meteorological Data Software.

2.1 Simulações termoenergéticas

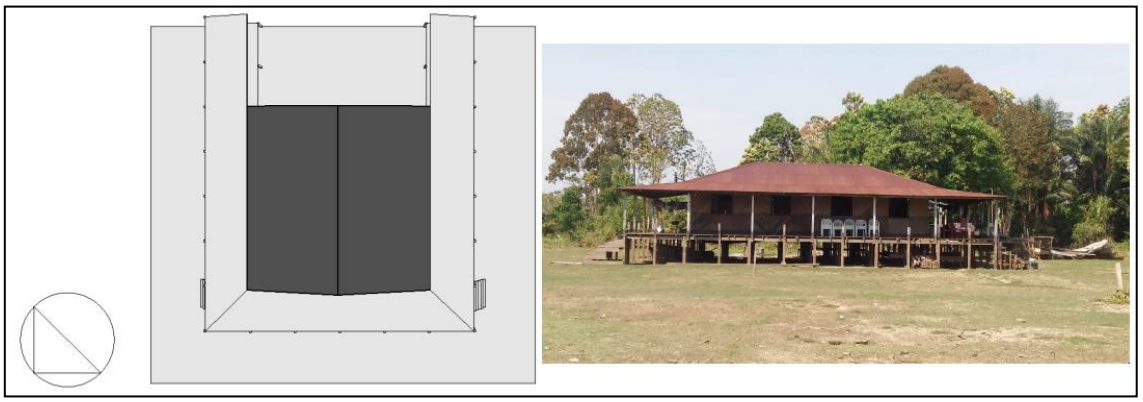
Para compreender e validar estratégias apontadas na literatura, utilizou-se o programa de simulação DesignBuilder versão v6.0.0.125. Para os dados climáticos horários (temperatura do ar, direção e velocidade do vento) de um ano completo, utilizou-se os dados da cidade de Manacapuru – AM. Tais dados climáticos foram obtidos por meio do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC - LabEEE.

O DesignBuilder é uma ferramenta que foi lançada em 2005 pela DesignBuilder Software Ltda como uma interface gráfica para o programa EnergyPlus. Apresenta-se como um instrumento de identificação do impacto do consumo de energia considerando fatores como volumetria e zoneamento, permitindo o teste de diversas soluções baseadas no custo/benefício das mesmas, facilitando a tomada de decisões.

Freire et al. (2013) verificaram a adequação dos programas Autodesk Ecotec Analysis e o DesignBuilder enquanto ferramentas a serem utilizadas na avaliação de desempenho térmico de edificações e o DesignBuilder destacou-se em simulações termoenergéticas, apresentando grande confiabilidade nos resultados, trazendo como diferencial “recursos que contemplam fenômenos dinâmicos nas edificações, de acordo com padrões de utilização, como é o caso do acionamento de dispositivos de sombreamento e ventilação associados a valores de energia radiante e da temperatura do ar” (FREIRE et al. 2013 p. 8), tornando-o um favorável instrumento para esta pesquisa.

O modelo utilizado no estudo foi baseado na casa onde instalou-se a estação meteorológica automática portátil (CELUPPI et al. 2019), na comunidade Pesqueiro, durante o período de pesquisa in loco e está orientado com a fachada principal a Noroeste conforme a Figura 4.

Figura 4: Orientação do modelo simulado.

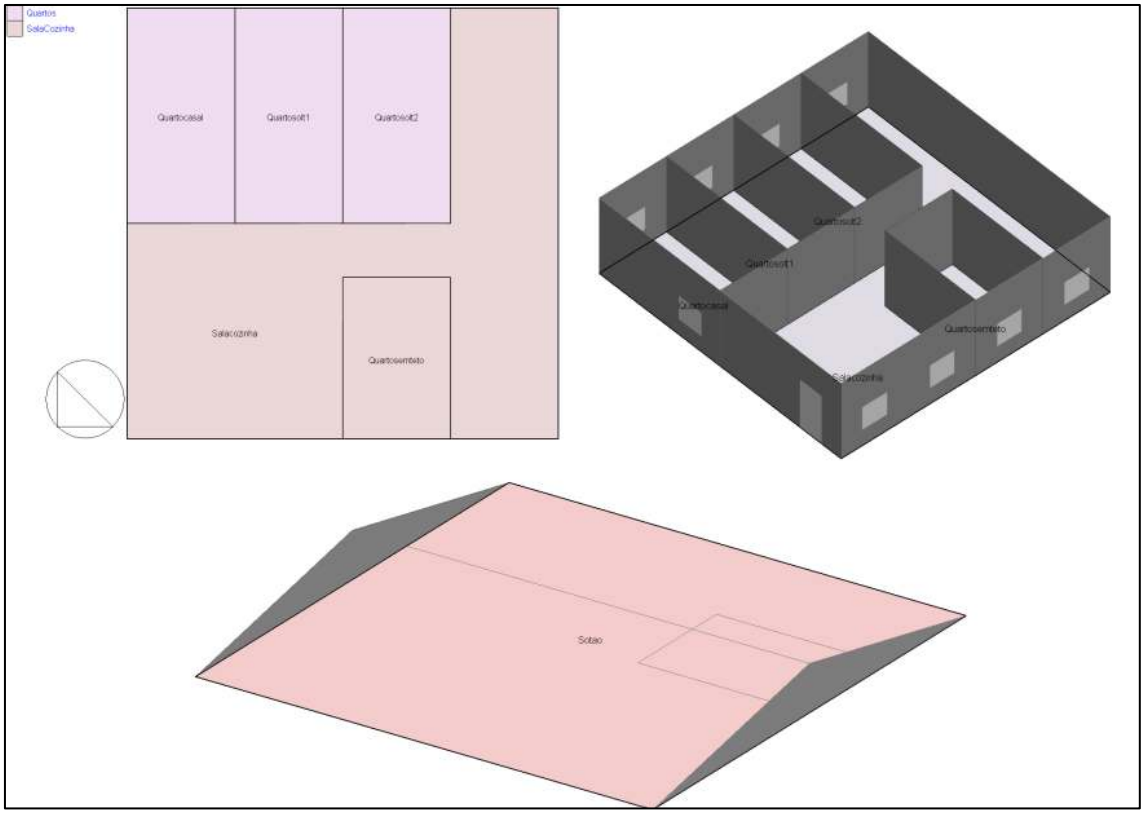


Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

Na simulação termodinâmica, um edifício deve ser composto por uma ou mais zonas térmicas totalmente fechadas, com cada uma dessas zonas representando uma sala ou recinto dentro do edifício. Cada zona térmica pode possuir diferentes geometrias, e com isso, áreas e volumes distintos, assim como, diferentes dados de entradas para cálculos térmicos: perfis de ocupação, atividades metabólicas, perfis de iluminação, equipamentos, sistemas de climatização, ventilação, entre outras variáveis requeridas nos cálculos.

Nos modelos elaborados, foram adotadas 6 zonas térmicas, sendo 5 zonas como ambiente doméstico e um espaço não ocupado representando o sótão da casa. As zonas térmicas ocupadas foram denominadas como: “QUARTOCASAL”, “QUARTOSOLT1”, “QUARTOSOLT2”, “SALACOZINHA”, “QUARTOSEMTETO” e a zona térmica não ocupada, denominada “SOTÃO”, conforme a Figura 5. As zonas térmicas “QUARTOSEMTETO” e “SOTÃO” estão interligadas, pois esse quarto não possui forro.

Figura 5: Zonas térmicas simuladas.



Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

Como critérios de ocupação, foram adotados para efeitos de ganhos internos três pessoas durante o dia, das 6h00 às 18h30 e seis pessoas durante à noite, das 18h30 às 6h00.

A potência de iluminação adotada foi de 2 W/m²-100 lux e meta de iluminação 150 lux (Target Iluminance). Da mesma forma, a soma total dos equipamentos internos adotada para os edifícios foi de 1 W/m².

Assumiu-se, paredes externas, janelas, pisos, forros, e varandas, como “madeira cumaru” com 2,3 cm, seguindo as propriedades térmicas, condutividade e calor especifico, utilizadas do programa DesignBuilder, do material “madeira carvalho” (Oak radial), tendo em vista que o programa não dispõe do material “madeira cumaru” em sua base de dados.

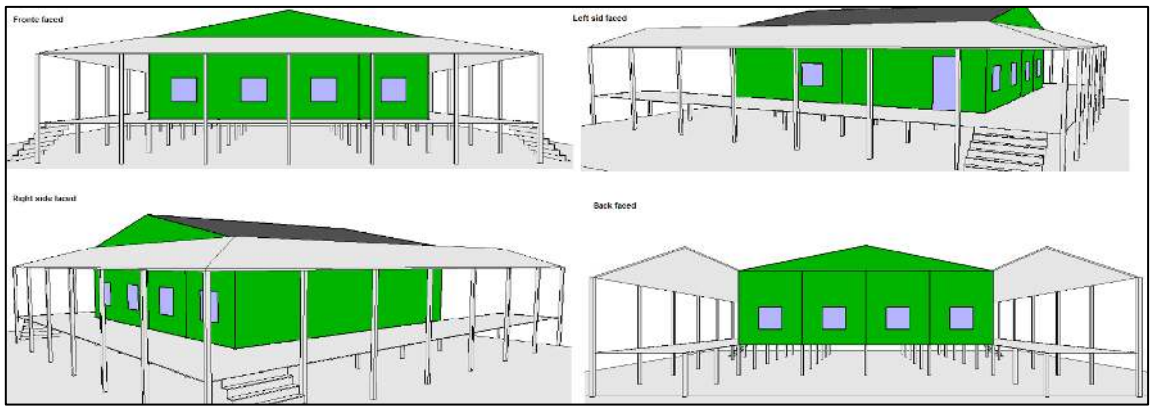
Para entender e compreender a efetividade de algumas das estratégias bioclimáticas apontadas na introdução desta pesquisa, simulou-se diferentes tipos de coberturas, que deram origem aos modelos analisados.

- Modelo 1: denominado “habitação construída sobre pilotis com telhado metálico oxidado”, foi adotado o material zinco com 0,4 mm e acabamento superficial de metal oxidado.

- Modelo 2: denominado “habitação construída sobre pilotis com telhado metálico pintado de branco”, utilizou-se material zinco com 0,4 mm e pintura na cor branco.
- Modelo 3: denominado “habitação construída sobre pilotis com telhado de madeira cumaru”, adotou-se como cobertura o material idêntico ao das paredes com 2,3 cm.
- Modelo 4: denominado “habitação construída sobre pilotis com telha sanduiche”, adotou-se como cobertura o material chapas de zinco com 0,4 mm no exterior e interior, e, isolante térmico EPS com 3 cm entre chapas, com pintura nova na cor branco.
- Modelo 5: é idêntico ao modelo 1, no entanto, sem beirais.

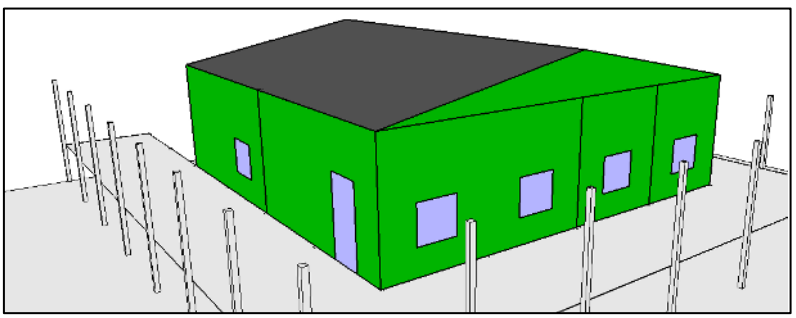
O Perfil geométrico dos modelos 1 a 4 são idênticos (Figura 6). O modelo 5 (Figura 7) é diferenciado pois não possui beirais, ou seja, as áreas de varanda nas laterais como os outros modelos. O diferencial desse modelo é não possuir beirais nas varandas e essa simulação teve o intuito de verificar o comportamento do edifício sem o sombreamento causado pelos beirais nas fachadas do edifício.

Figura 6: Modelos 1 a 4.



Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

Figura 7: Modelo 5.

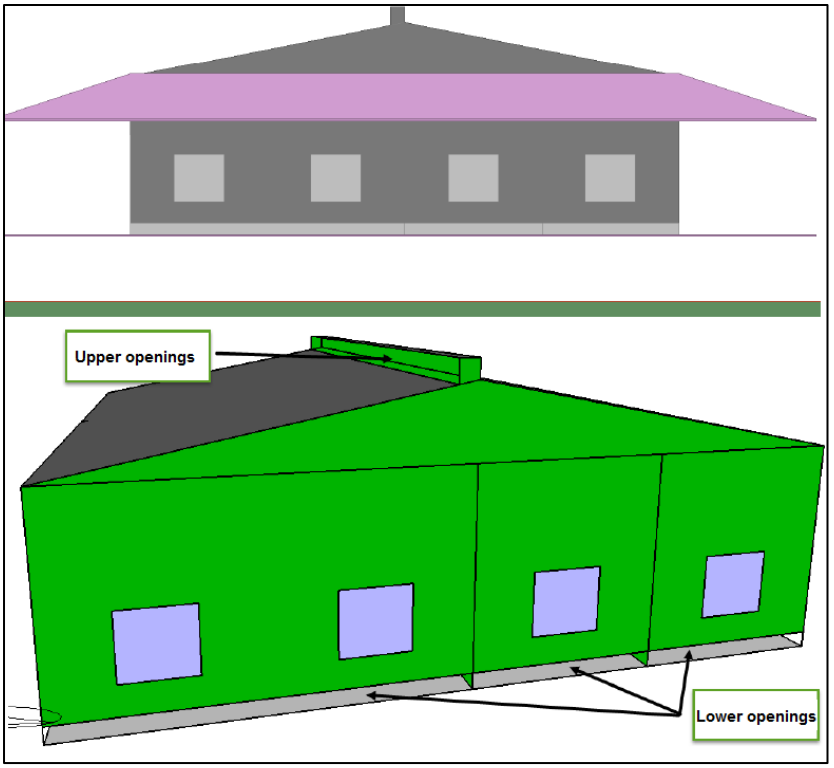


Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

Criou-se também o modelo 6 (Figura 8), com o intuito de verificar o efeito chaminé. Nesse modelo, acrescentou-se aberturas na lateral da chaminé e na parte inferior das zonas. Para o cálculo do modelo CFD, optou-se por um dia específico durante o ano (30 de julho às 12h00) e utilizou-se a opção de "ventilação natural calculada", onde o programa faz o cálculo automático do fluxo de ar com base em diversos parâmetros, como coeficientes e dados climáticos.

As janelas foram modeladas como portas (Doors) no DesignBuilder, tendo em vista que são constituídas de madeira. O piso foi modelado com piso exterior e portanto, a troca de calor foi realizada com o ar exterior e não com o solo.

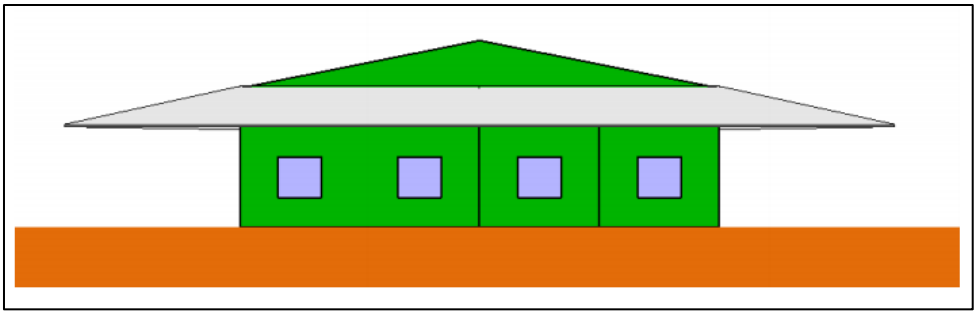
Figura 8: Modelo 6 - Efeito chaminé.



Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

Criou-se ainda o modelo 7 (Figura 9), que é idêntico ao modelo 1 (simples chapa metálica oxidada – cobertura de zinco 0,4 mm e acabamento superficial oxidado), com a finalidade de representar e compreender o desempenho da habitação analisada, se construída diretamente no chão, ao invés de construída com o uso de pilotis (habitação da tipologia palafita).

Figura 9: Modelo 7 – Habitação construída diretamente no chão.



Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

É importante destacar, que tentou-se simular os três modelos de habitação encontrada na região: palafita, flutuante e casa construída diretamente sobre o solo. No entanto, não foi possível simular a habitação do tipo "flutuante" pois o software não possui o algoritmo para a simulação da habitação sobre a água. Com base nisso, os resultados das simulações de comparação entre tipologias, apresenta apenas a comparação entre os modelos "palafita" e "casa no chão".

A Tabela 1, apresenta a síntese das propriedades superficiais dos materiais simulados no telhado dos modelos.

Tabela 1: Propriedades superficiais dos materiais dos telhados.

	Tipo de telhado	Absortância Térmica	Absortância Solar	Refletância	Absortância Visível
Modelo 1 e 6	Telhado oxidado	0,12	0,85	0,15	0,85
Modelo 2	Telhado Metálico branco	0,9	0,2	0,5	0,2
Modelo 3	Madeira	0,9	0,5	0,8	0,5
Modelo 4	Telha sanduiche	0,9	0,2	0,5	0,2
Modelo 5	Telhado oxidado sem beirais	0,12	0,85	0,15	0,85
Modelo 7	Telhado oxidado	0,12	0,85	0,15	0,85

Fonte: NBR 15220 and DesignBuilder. Org.: Dos autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização microclimática qualitativa da habitação

Frontczak e Wargocki (2011), numa revisão da literatura sobre os fatores mais influentes no conforto do ambiente interno, analisaram aspectos referentes ao conforto

térmico, conforto visual, conforto acústico e boa qualidade do ar, concluindo que os usuários consideram o conforto térmico como parâmetro mais importante na qualidade interna de um ambiente e diante disso, o desafio das pesquisas atuais em conforto térmico é encontrar estratégias efetivas para superar o estado de desconforto, utilizando o mínimo possível de energia (ZAIN; SHAHRIZAM; BAKI, 2007).

Diante da relevância dos aspectos térmicos do conforto, analisam-se aqui, os dados meteorológicos coletados dentro da habitação, que foram tabulados e consolidados em planilha Microsoft Excel® para o tratamento gráfico. Fez-se o uso das médias diárias de temperatura de bulbo úmido (TBU), temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR) e velocidade média e máxima do vento (VEL. VENTO), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Médias diárias.

Data	TBS Med.	TBU Med.	UR Med.	VEL. VENTO Med.	VEL. VENTO Max.
8/15/2017	33.0 °C	31.5 °C	58.7%	0.0 m/s	1.6 m/s
8/16/2017	30.7 °C	29.7 °C	72.8%	0.0 m/s	1.6 m/s
8/17/2017	27.7 °C	27.1 °C	86.9%	0.0 m/s	1.7 m/s

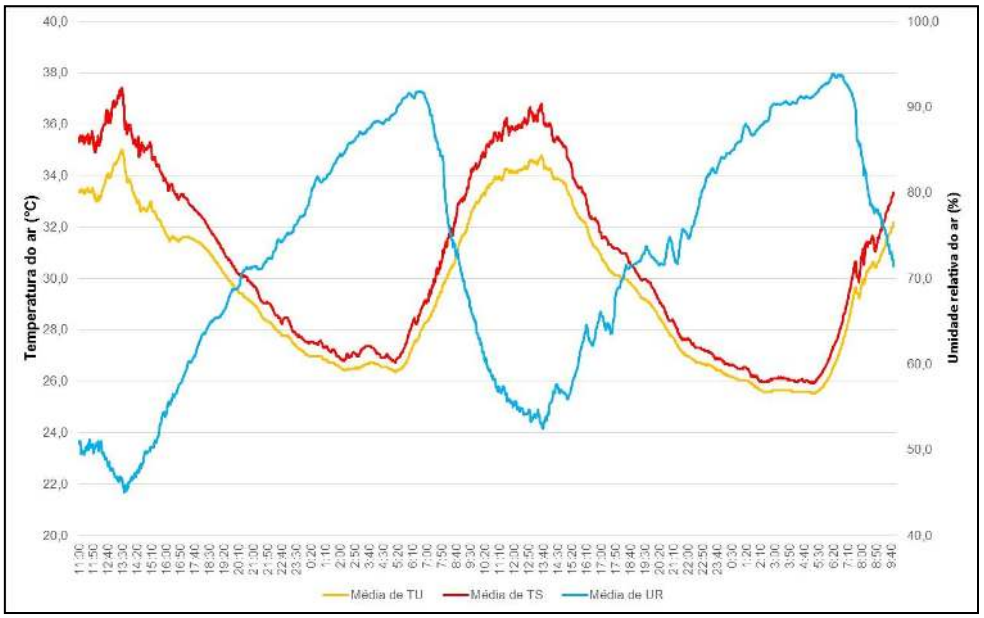
Fonte: Dos autores.

Observa-se uma discrepância nos dados durante os três dias de análise, no que se referem as médias do dia 15 de agosto de 2017, que superestimam os dados do período da tarde e da noite, tendo em vista que as medições se iniciaram às 10:00h da manhã, da mesma forma que no dia 17 de agosto de 2017, onde os dados da madrugada e da manhã são superestimados, visto que as medições se encerraram às 10:50h da manhã. Desta forma, os dados médios referentes ao dia 16 de agosto de 2017, podem ser considerados os mais característicos para o período de análise, pois compreendem dados medidos durante 24 horas, ou seja, um dia completo de análise. Assim, percebem-se médias com temperatura e umidade relativa do ar elevada, bem como baixa velocidade do vento.

Na Figura 10, observa-se o gráfico correspondente a marcha horária da TBS, TBU e UR interno durante o período de análise. A TBS variou entre 25,9°C a 37,4°C, enquanto a TBU variou entre 25,5°C a 34,9°C. Já a UR do ar variou entre 45% e 93,6%. Observa-se que nos períodos mais frescos ao longo do dia, ou seja, durante a madrugada, a UR alcança os seus

valores máximos, chegando à 90%, tornando a habitação desconfortável.

Figura 10: Marcha horária da temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e umidade relativa do ar interno.

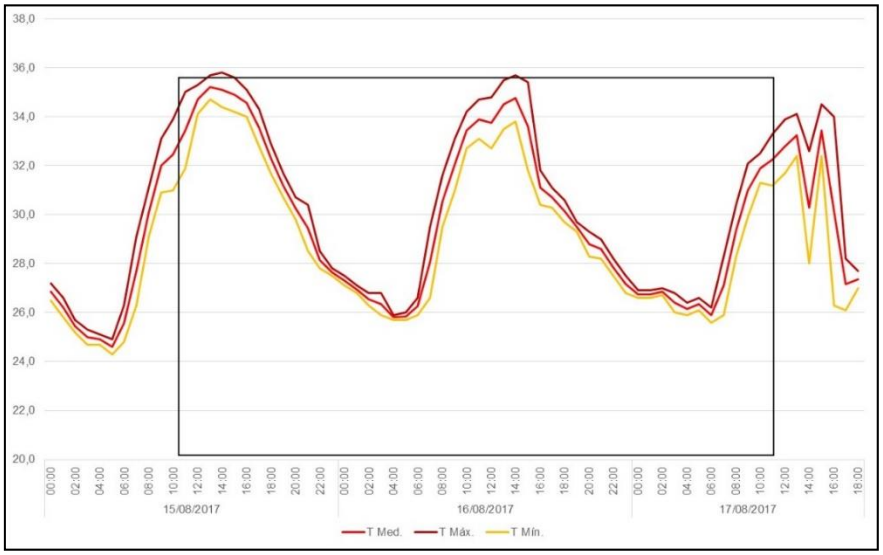


Fonte: Dos autores.

Já na Figura 11, observa-se os dados referentes à temperatura do ar máxima, média e mínima externa, obtidos por meio da estação meteorológica automática do INMET, localizada na área urbana do município de Manacapuru-AM. Os dados compreendidos dentro do quadro destacado na referida figura, representam o horário simultâneo às medições internas. Se nas medições internas de temperatura média, foram coletados dados na faixa dos 25,9°C e 37,4°C, os dados externos médios indicam valores que variam entre 24,8 °C à 35,2 °C, o que demonstra que a habitação analisada confere aos moradores faixas de temperaturas médias maiores que o ambiente externo.

Ao analisar-se as temperaturas externas máximas, percebe-se que estas, estão na faixa dos 24,9°C à 35,8°C, ou seja, os valores médios internos, superam os valores máximos externos. Já as temperaturas externas mínimas, encontram-se na faixa de 24,3°C à 34,7°C. É importante destacar que a estação meteorológica do INMET, localiza-se na área urbana do município, o que significa em tese, que a mesma sofre influência do clima urbano, denotando temperaturas externas mais elevadas que nas áreas rurais do município.

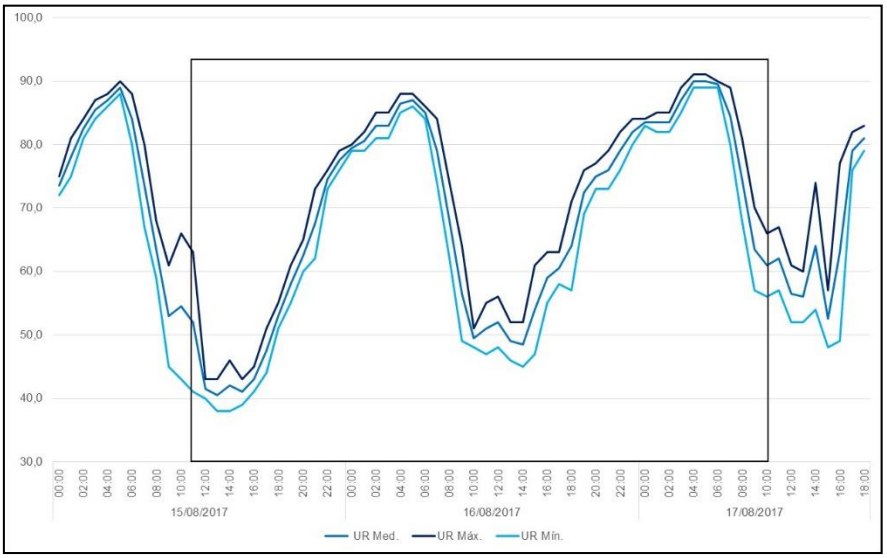
Figura 11: Marcha horária da temperatura do ar externo.



Fonte: Dos autores.

Na Figura 12, observam-se os dados referentes à UR externa. Os dados médios apresentam valores na faixa dos 40,5% a 89%, enquanto os dados médios internos (Figura 10) apresentam valores entre 45% e 93,4%. Observa-se aqui novamente que os valores dos dados internos médios superam os valores externos médios e tais valores são influenciados por diversos fatores, tais como: presença e atividade humana, equipamentos, taxa de mudança e fluxo de ar nos cômodos, liberação da absorção da umidade por meio de superfícies higroscópicas dos materiais (habitação e mobiliário) e do teor de umidade do exterior (WOLOSZYN et al., 2009).

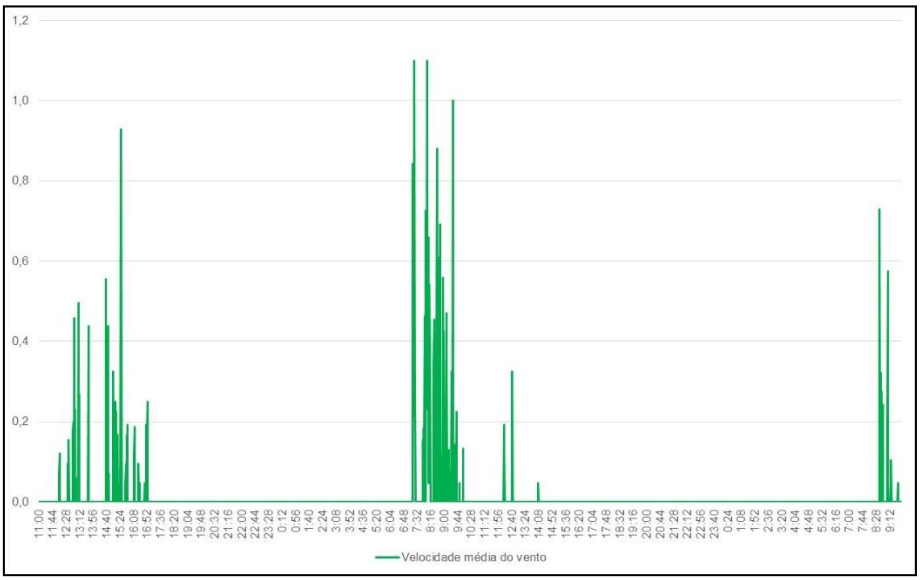
Figure 12: Marcha horária da umidade relativa do ar externo.



Fonte: INMET. Org.: Dos autores.

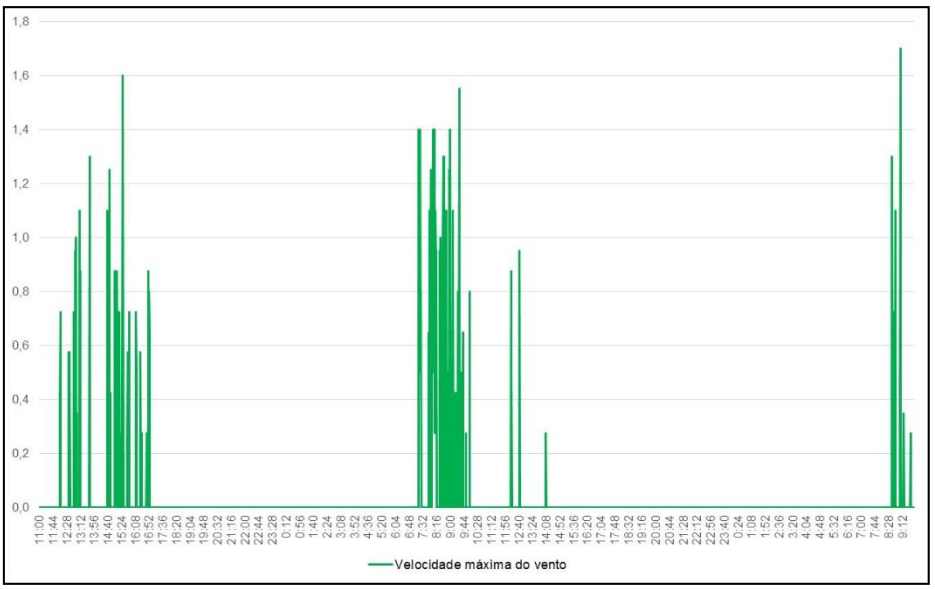
Nas Figuras 13 e 14 apresentam-se, respectivamente, os dados referentes à velocidade média e máxima do vento interno, enquanto a Figura 15 apresenta as médias e máximas referente ao vento no ambiente externo. As velocidades médias internas ficam na faixa de 0 à 1,1 m/s, enquanto as velocidades máximas ficam na faixa de 0 à 1,6 m/s. Cabe destacar que os valores máximos aqui observados, tratam-se de rajadas de vento que ocorreram em um baixo período de tempo.

Figura 13: Velocidade média horária do vento interno.



Fonte: Dos autores.

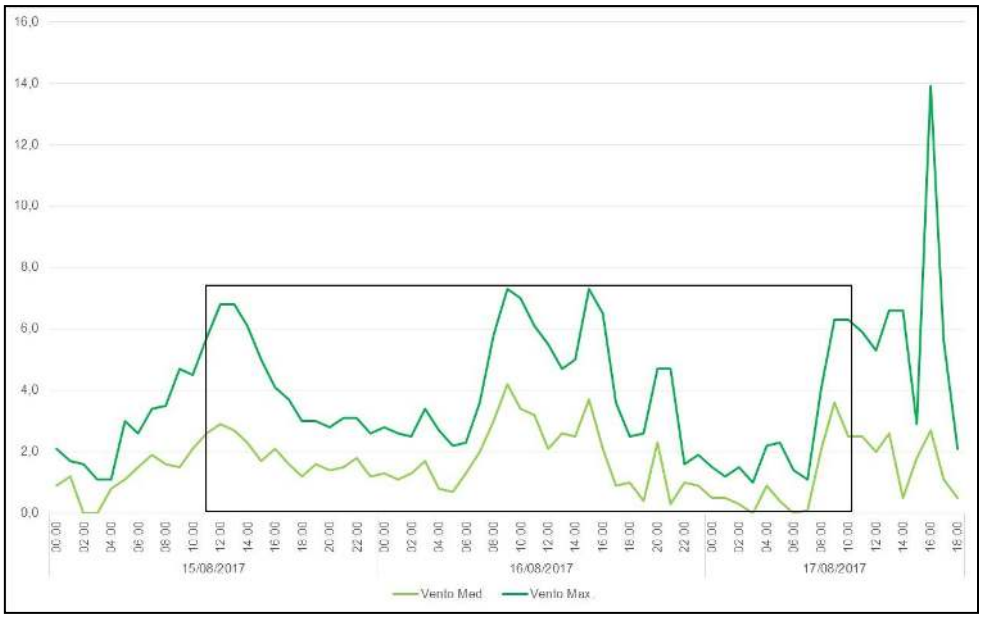
Figure 14: Velocidade máxima horária do vento interno.



Fonte: Dos autores.

Ainda observando os dados externos (Figura 15) que compreendem o período simultâneo de medições internas, nota-se que as velocidades médias externas estão na faixa de 0 a 4,2 m/s, enquanto os valores máximos (rajadas) estão entre 0,1 a 7,3 m/s. É importante lembrar que o sensor de vento automático da estação meteorológica INMET está localizado a 10 m de altura, enquanto que o sensor de velocidade do vento automático da estação meteorológica portátil interna está a 1,75 m de altura.

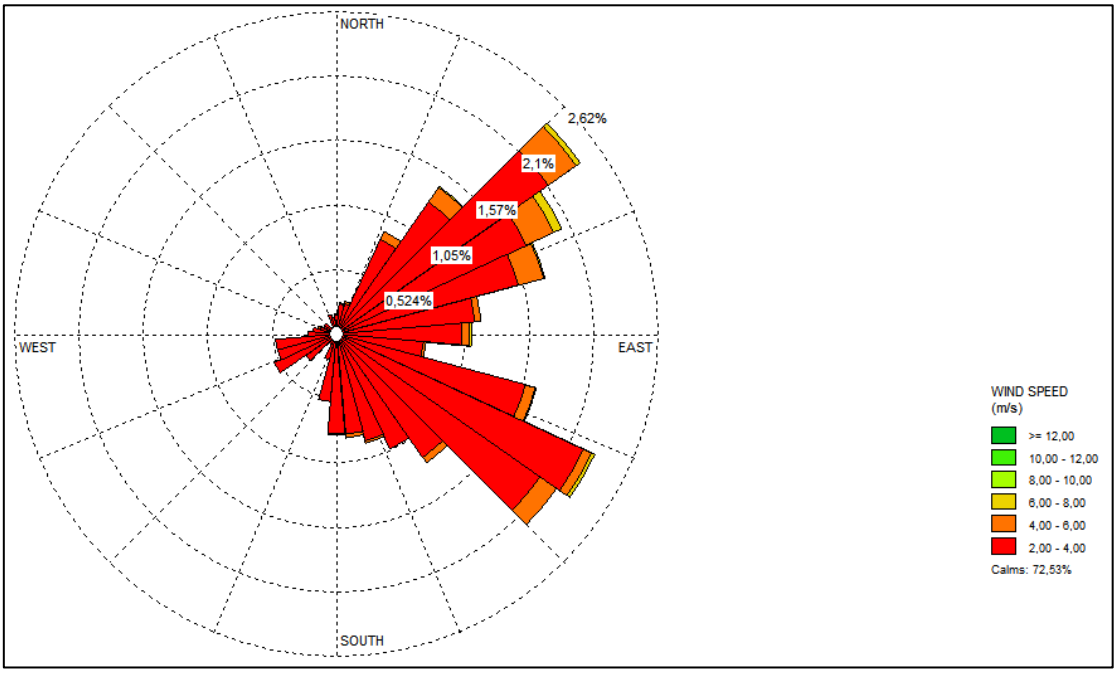
Figura 15: Velocidade média e máxima horária do vento externo.



Fonte: INMET. Org.: Dos autores.

Utilizando ainda os dados da estação meteorológica do INMET, localizada na área urbana de Manacapuru, desenvolveu-se uma rosa dos ventos para análise da velocidade e direção média do vento para o período de um ano (julho de 2017 a junho de 2018). Conforme a Figura 16, a velocidade do vento é baixa ao longo do ano e a direção dos ventos predominantes para a região de estudo é nordeste/sudeste. Deste modo, recomenda-se que as habitações locais utilizem as aberturas principais nesta direção para maior aproveitamento da ventilação natural.

Figura 16: Rosa dos ventos correspondente ao período de junho de 2017 a julho de 2018.



Fonte: Dos autores.

3.2 Simulações termoenergéticas

As simulações termoenergéticas realizadas tiveram como objetivo analisar o comportamento térmico de algumas das soluções analisadas no item introdutório desta pesquisa. Os parâmetros mais importantes considerados na verificação e comparação das soluções foram o conforto térmico conforme o método Adaptativo da ASHRAE, a temperatura ambiente interior e a umidade relativa dos modelos criados.

É importante destacar que nas simulações realizadas foi considerado apenas a ventilação natural e não foram considerados qualquer influência de sistemas ativos de AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado). Para o cálculo da ventilação natural optou-se pela a opção “ventilação natural calculada” (Calculated Nat. Vent.).

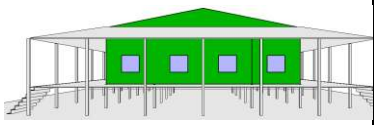
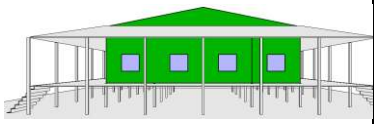
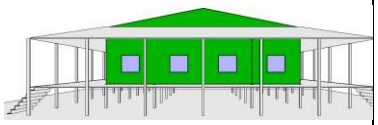
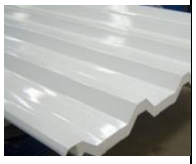
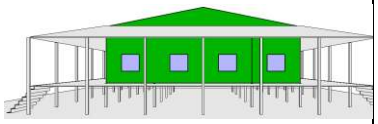
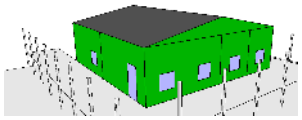
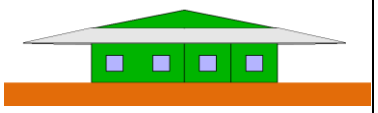
A Tabela 3 apresenta as propriedades físicas da madeira da espécie “carvalho”, que nas simulações representou as paredes externas, janelas, pisos, forros e varandas. Utilizou-se o carvalho, visto que o programa não dispõe da madeira “cumaru” para simulação, bem como a proximidade física de ambas as espécies. Já a Tabela 4 apresenta as propriedades físicas dos materiais simulados como cobertura, nos modelos analisados, com exceção do “modelo 6: efeito chaminé”. A referida tabela apresenta ainda a síntese dos modelos simulados.

Tabela 3: Propriedades físicas da madeira carvalho (paredes externas, janelas, pisos, forros e varandas), na habitação simulada.

MATERIAL: madeira carvalho	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	CONDUTIVIDADE (W/m-K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg-K)	DENSIDADE (Kg/m³)	ABSORTÂNCIA TÉRMICA	ABSORTÂNCIA SOLAR	REFLETÂNCIA	ABSORTÂNCIA VISIL
		0.190	2390.0	1070.0	0.9	0.5	0.8	0.5

Fonte: Dos autores.

Tabela 4: Propriedades físicas dos materiais simulados como cobertura.

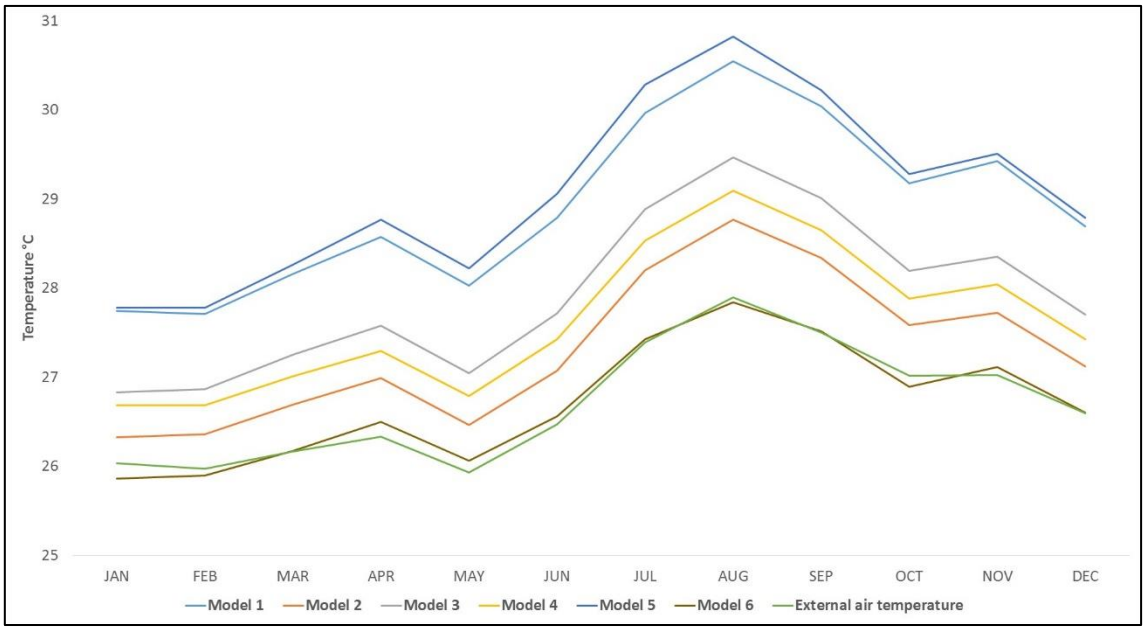
MATERIAIS UTILIZADOS NOS MODELOS SIMULADOS	MATERIAL	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	CONDUTIVIDADE (W/m-K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg-K)	DENSIDADE (Kg/m³)	ABSORTÂNCIA TÉRMICA	ABSORTÂNCIA SOLAR	REFLETÂNCIA	ABSORTÂNCIA VISÍVEL
MODELO 01: Habitação construída sobre pilotis com cobertura em telha metálica oxidada e beirais: *Zinco 0,4 mm.*			113.0	390.0	7000.0	0.12	0.85	0.15	0.85
MODELO 02: Habitação construída sobre pilotis com cobertura em telha metálica pintada na cor branca: *Zinco 0,4 mm.*			110.0	380.0	7200.0	0.9	0.2	0.5	0.2
MODELO 03: Habitação construída sobre pilotis com cobertura em madeira carvalho (cumaru).			0.190	2390.0	1070.0	0.9	0.5	0.8	0.5
MODELO 04: Habitação construída sobre pilotis com cobertura em telha sanduíche pintada na cor branca: *Zinco 0,4 mm; Isolante térmico EPS: 3 cm.*			Zinc: 110.0 EPS: 0.040	Zinc: 380.0 EPS: 1400.0	Zinc: 7200.0 EPS: 15.00	0.9	0.2	0.5	0.2
MODELO 05: Habitação construída sobre pilotis com cobertura em telha metálica oxidada, sem beirais: *Zinco 0,4 mm.*			113.0	390.0	1070.0	0.12	0.85	0.15	0.85
MODELO 07: Habitação construída sobre o solo, com cobertura em telha metálica oxidada, com beirais: *Zinco 0,4 mm.*			113.0	390.0	1070.0	0.12	0.85	0.15	0.85

Fonte: Dos autores.

A Figura 17 apresenta as temperaturas médias mensais dos modelos simulados (Modelo 1: Habitação construída sobre pilotis com telhado metálico oxidado – Modelo 2: Habitação construída sobre pilotis com telhado metálico pintado de branco – Modelo 3: Habitação construída sobre pilotis com telhado em madeira – Modelo 4: Habitação construída sobre pilotis com telha sanduíche – Modelo 5: Habitação construída sobre pilotis com telhado oxidado sem beirais – Modelo 7: Casa construída com telhado oxidado diretamente no chão), juntamente com a temperatura do ar exterior. Nota-se que a variação de temperatura do ar exterior durante o ano todo é pequena, na ordem de 2°C.

Destaca-se também, uma variação máxima de 2°C de temperatura entre o Modelo 2 e o Modelo 5, os quais apresentaram as menores e maiores médias mensais respectivamente.

Figura 17: Temperaturas médias mensais para os modelos 1, 2, 3, 4, 5 e 7.



Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

O Modelo 2, que utiliza como cobertura a telha metálica pintada de branco, teve o melhor desempenho térmico de cobertura, quando comparada com os demais, por oferecer menores médias mensais de temperaturas para o mês de agosto, na casa dos 28,77°C. A simulação deste modelo confirma a eficácia que a estratégia de cor, apontada anteriormente nesta dissertação, por Cheng, Ng e Givoni (2005), pode trazer na melhora das condições de

conforto para regiões de clima quente e úmido, considerando a radiação solar recebida pela habitação. Os autores afirmam ainda que esta estratégia é um dos meios mais efetivos e econômicos na redução da temperatura interna em regiões de climas como o de Manacapuru – AM.

Da mesma forma, a simulação do modelo 2, confirma os apontamentos feitos anteriormente, por Synnefa, Santamouris e Akbari (2007), que verificaram em sua pesquisa, que ao aumentar a refletância do telhado, por meio de revestimentos, é possível reduzir as horas de desconforto e os picos de temperatura, de acordo com as condições climáticas locais.

No entanto, o modelo 7, onde a habitação é apoiada diretamente no chão, cuja diferença com o modelo 1 é a troca de calor do piso com o chão por estar apoiado diretamente no solo, apresentou o melhor desempenho térmico entre todos os modelos simulados. A média mensal para o mês agosto foi de 27,84 °C, corroborando com o apontamento feito por Celuppi et al. (2019), que verificaram estatisticamente, por meio de respostas perceptivas de moradores desta região, que a casa construída diretamente no chão proporciona melhores condições de conforto aos ocupantes.

Já o modelo 5 (habitação construída obre pilotis com telhado metálico oxidado sem beirais) apresentou os maiores valores de temperatura do ar, sendo a média do mês de agosto de 30,83 °C, confirmando as recomendações feitas por Givoni (1994) quanto aos beirais para sombreamento das aberturas e auxílio na ventilação natural em épocas de chuva. No entanto, é importante ressaltar que a falta dos beirais nas varandas neste modelo, não influenciou significativamente o comportamento térmico do edifício com base nas temperaturas médias mensais, contudo a norma brasileira NBR 15.575 (2013) considera para esta região o sombreamento de aberturas como uma estratégia bioclimática passiva relevante no conforto.

Foram realizadas simulações anuais para a verificação do conforto térmico de todos os ambientes da casa, segundo o modelo de conforto adaptativo da ASHRAE55, com 90% e 80% de limites de aceitação.

Conforme mostra a Tabela 5, o modelo que demonstrou maior número de horas desconfortáveis ao longo do ano, para a maioria dos ambientes internos da casa, foi o modelo 5, com telhado oxidado e sem beirais. Neste modelo, o ambiente “SALACOZINHA”

apresentou 3587 horas de desconforto para ASHRAE55 90%, e 3063 horas de desconforto para ASHRAE55 80%.

Ao comparar o modelo 1 (habitação construída sobre pilotis com telhado metálico oxidado) com o modelo 5 (habitação construída sobre pilotis com telhado metálico oxidado sem beirais), que possuem o mesmo tipo de telhado, mas com diferenças nos beirais das varandas, verifica-se que o sombreamento causado por esses beirais, nas respectivas fachadas, tem pouco impacto nas horas de desconforto na base anual analisada, mostrando que dentre as estratégias aqui simuladas, a telha metálica oxidada apresenta o cenário mais desfavorável às condições de conforto térmico e, infelizmente, é a tipologia de cobertura mais comum na região de estudo.

Tabela 5: Comparação entre os modelos simulados conforme o modelo Adaptativo da ASHRAE55.

Zonas Térmicas	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5		Modelo 7	
	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]
Quartocasal	663,25	342	336,75	55,25	466,75	186,25	332,5	89,75	635,75	332	306	17
Quartosolt1	1093,75	635,5	432,25	132,75	719,5	368,5	532	215	1121,75	676,5	322	25
Quartosolt2	1201,75	701,75	431	149	782	409	603,5	251,75	1227,75	739,25	229	24
Salacozinha	3437,75	2888,5	2595	1856,75	2860,25	2211,75	2551,5	1831,75	3587,25	3063,5	2183	1326
Quartosemteto	3578	3061,25	2485,25	1685,75	2886,25	2241,75	2371	1649,75	3663,75	3174,5	2418	1557

Fonte: DesignBuilder and ASHRAE55. Org.: Dos autores.

Os modelos que apresentaram melhores resultados térmicos para seus ocupantes, foram o modelo 2 (habitação construída sobre pilotis com telhado metálico pintado de branco) e o modelo 4 (habitação construída sobre pilotis com telha sanduíche), dentre os modelos simulados na tipologia palafita. Os resultados entre eles estão muito próximos, entretanto, no modelo 2, as zonas térmicas dos "QUARTOS" demostraram-se mais confortáveis, enquanto que no modelo 4 a "SALACOZINHA" e o "QUARTOSEMTETO" indicaram menos horas desconfortáveis. Esses resultados próximos podem ser explicados pelo fato de a telha sanduiche conseguir barrar os ganhos solares, no entanto esta estratégia dificulta a saída de calor dos ambientes, ou seja, as perdas térmicas pelo telhado que ocorrem no modelo 2.

Ao comparar os resultados da simulação do modelo 2 (habitação construída sobre pilotis com telhado pintado de branco) com o modelo 1 (habitação construída sobre pilotis com telhado metálico oxidado), que apresentou 3438 horas na ASHRAE55 90% e 2889 horas na ASHRAE55 80%, observou-se uma redução de 25% e 36% de horas desconfortáveis respectivamente em valores médios ao longo de um ano.

O modelo 7 (habitação com telhado metálico oxidado construída diretamente sobre no chão) apresentou uma redução ainda maior, sendo de 35% e 54%. Isso significa que a troca de calor com o solo proporciona um maior conforto térmico para os ocupantes, quando comparado com os modelos construídos sobre pilotis, cuja troca de calor do piso se dá com o ar exterior, muitas vezes superior~~es~~.

O telhado pintado de branco ao invés da chapa metálica oxidada, bem como a casa apoiada no solo apresentam-se como soluções positivas na melhoria de conforto para as habitações ribeirinhas. No entanto é importante considerar que para as casas construídas nas margens do rio, a casa apoiada no solo confronta com o ciclo de cheia e vazante das águas.

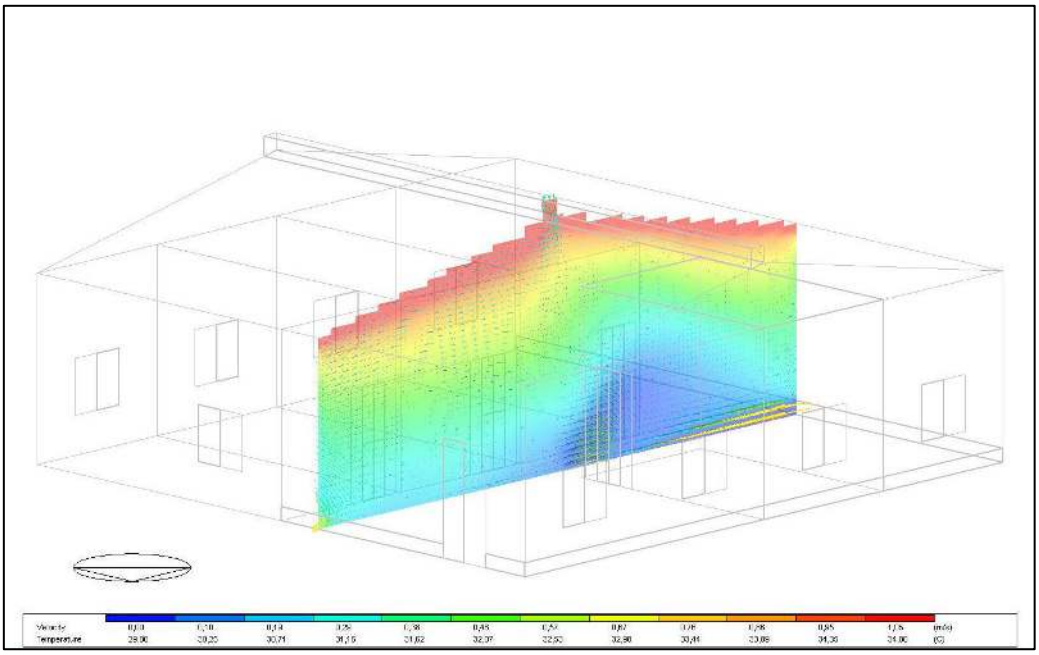
Devido à proximidade do comportamento térmico encontrado entre o modelo 2 (habitação construída sobre pilotis com telhado pintado de branco) e o modelo 4 (habitação construída sobre pilotis com telha sanduíche), percebe-se que a telha sanduiche não apresenta significantes benefícios de conforto frente a telha metálica simples pintada de branco, além de ser economicamente menos viável.

Conclui-se então que as propriedades superficiais, refletância e absorbância solar, foram determinantes e proporcionaram um maior número de horas confortáveis para os ocupantes dentre as soluções de telhados simulados.

Com a finalidade de verificar o efeito chaminé no modelo simulado, representando a habitação que foi objeto de estudo desta pesquisa (Modelo 1) foram realizadas simulações CFD (Computer fluid dynamic), apresentadas no modelo 6. Neste modelo, foram adicionadas aberturas nas áreas inferiores e na lateral da chaminé, no topo do telhado. Como citado anteriormente, para o cálculo do modelo CFD, optou-se por um dia específico durante o ano (30 de julho às 12h00) e utilizou-se a opção de "ventilação natural calculada", onde o programa faz o cálculo automático do fluxo de ar, com base em diversos parâmetro, como coeficientes e dados climáticos.

Observa-se no corte transversal (Figura 18), que a temperatura do ar interior próximo ao telhado atinge valores aproximadamente 5 °C mais alto, quando comparado a algumas áreas na parte inferior do edifício.

Figura 18: Gradiente de temperaturas na simulação do modelo 6 - efeito chaminé.

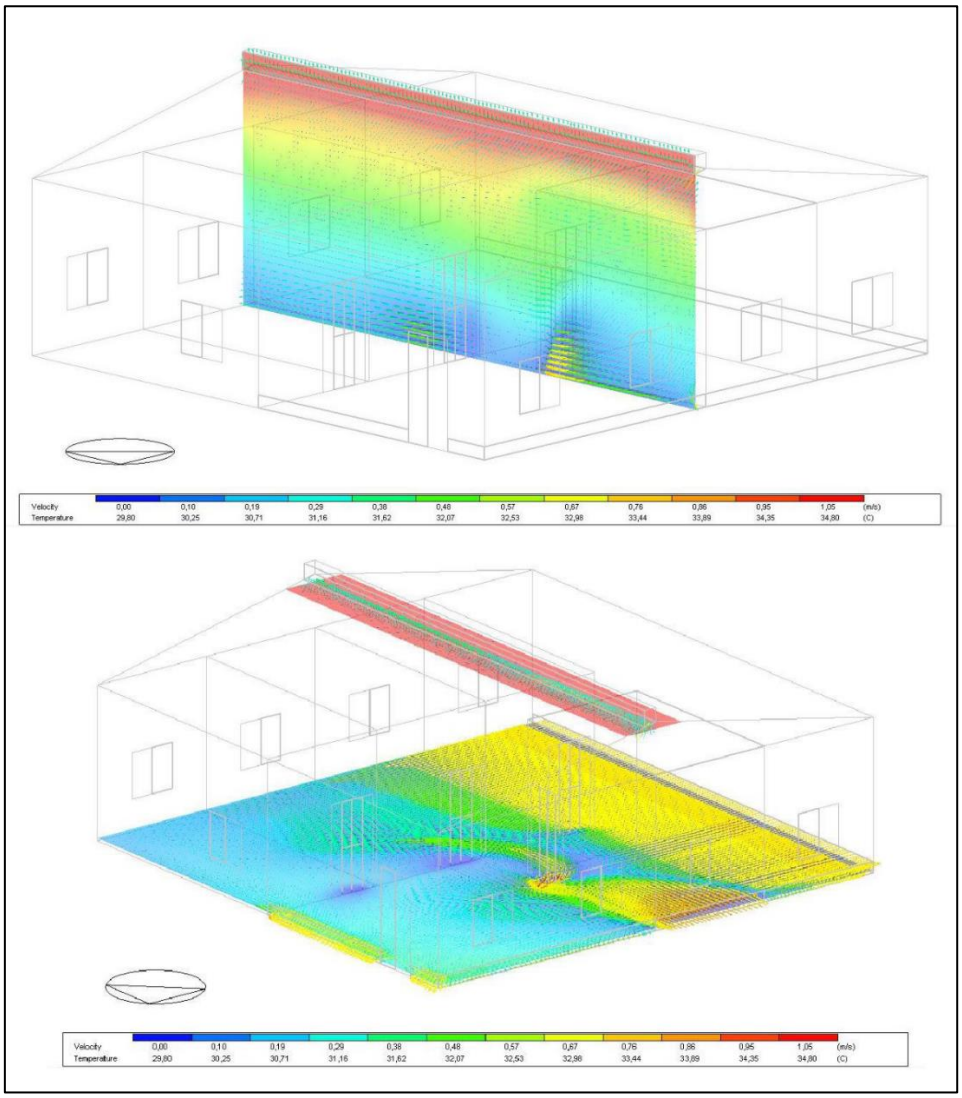


Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

Nos cortes longitudinal e horizontal (Figura 19), observa-se novamente o gradiente de temperatura no interior do edifício. Nota-se a convecção natural do ar, ou seja, a saída do ar mais quente na abertura superior e a entrada do ar menos quente pelas aberturas

inferiores, caracterizando o efeito chaminé como uma estratégia favorável para a região de estudo. Este resultado também foi encontrado em um experimento realizado por Chungloo e Limmeechokchai (2007), na Tailândia, região de mesmo tipo climático da cidade de Manacapuru, no estado do Amazonas. Desta forma, a solução construtiva com aberturas inferiores e superiores, apresentada neste modelo, apresenta-se como uma boa estratégia na melhora das condições de conforto térmico para habitações ribeirinhas da região de estudo.

Figura 19: Gradiente de temperaturas - corte longitudinal e horizontal.



Fonte: DesignBuilder. Org.: Dos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto aos dados meteorológicos coletados na habitação aqui analisada, observou-se valores de temperatura e umidade relativa do ar bastante elevados, bem como baixos

valores da velocidade do ar, que representa a relação entre as tipologias construtivas do local e as condições climáticas do local. Tais dados corrobo~~ra~~ram e apontam para a necessidade do estudo de estratégias bioclimáticas passíveis de aplicação naquela região.

O período de coleta de dados *in loco*, limitou a pesquisa quanto a uma análise sazonal, durante o ano. Isso se deu em função da logística de acesso à área de estudo, bem como a falta de investimento para financiamento de uma pesquisa de campo com maior período de análise.

Quanto as simulações, o clima local apresentou temperaturas com médias mensais com poucas variações sazonais, conforme apresentado nos resultados da pesquisa. Foram apresentadas estratégias capazes de otimizar as condições de conforto das habitações ribeirinhas da região amazônica brasileira, demonstrando ainda a comparação entre as referidas estratégias simuladas com a finalidade de apontar quais delas tem maior viabilidade de aplicação.

A limitação do estudo referente às simulações se deu quanto ao fato de não ser possível simular a tipologia "flutuante", devido ao software utilizado não dispor de algoritmo para simulação da habitação sobre a água, o que impossibilitou a análise comparativa entre as três tipologias construtivas da região.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Fundo Mackenzie de Pesquisa e Inovação (Mack Pesquisa), ao grupo de pesquisas "Sistemas construtivos da arquitetura contemporânea" da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie (FAU UPM) e aos moradores das comunidades ribeirinhas de Manacapuru, no estado do Amazonas, pela receptividade e colaboração durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22: 711-728, 2013.

American Society of Heating, Refrigerating an Air-Conditioning Engineers, Inc. **ASHRAE 55**, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, GA. 2010.

CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DE DEAR, R. Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 59-68, out./dez. 2010a.

CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and Environment,** 45, p. 222–229, 2010b.

CELUPPI, M. C; MEIRELLES, C. R. M. ; CYMROT, R. ; DE ALENCAR BORST, B. ; GOBO, J. P. A. . Preliminary Approach to The Analysis of Climate Perception and Human Thermal Comfort for Riverside Dwellings in The Brazilian Amazon. **Journal of Building Engineering**, v. 23, p. 77-89, 2019.

CHENG, V.; NG, E.; GIVONI, B. Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate. **Solar Energy**, 78, p. 528–534, 2005.

CHUNGLOO, S.; LIMMEECHOKCHAI, B. Application of passive cooling systems in the hot and humid climate: The case study of solar chimney and wetted roof in Thailand. **Building and Environment**. 42, p. 3341–3351, 2007.

DE DEAR, R.; LEOW, K.G.; FOO, S.C. Thermal comfort in the humid tropics: Field experiments in air conditioned and naturally ventilated buildings in Singapore. **International Journal of Biometeorology**, 34:259-265, 1991.

DJAMILA, H.; CHU, C.; KUMARESAN, S. Field study of thermal comfort in residential buildings in the equatorial hot-humid climate of Malaysia. **Building and Environment,** 62, p. 133-142, 2013.

DUBREUIL, V.; FANTE, K.P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J.L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **Int. J. Climatol**., 39, 1446–1456, 2018.

FREIRE, M. R.; TAHARA, A.; GUIMARAES, A.; AMORIM, A. Uso do Ecotec e DesignBuilder na projetação arquitetônica para fins de avaliação de desempenho térmico por via passivas. *In:* **Anais:** XII Encac: Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído, VIII ELACAC: Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília, 2013.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, 46, p. 922-937. 2011.

GIVONI, B. Building design principles for hot humid regions. **Renewable Energy**, vol.5, parte II, p. 906-916, 1994.

GOBO, J. P. A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Influência do clima regional sobre o clima local a partir do diagnóstico de abrangência espacial e extrapolação escalar. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 210-228, 2018.

GROTH, A.; GHIL, M. Multivariate singular spectrum analysis and the road to phase synchronization. **Phys. Rev**., E., 84, 2011.

GROTH, A.; GHIL, M. Monte Carlo SSA revisited: Detecting oscillator clusters in multivariate data sets. **Journal of Climate**, v. 28:19, p. 7873–7893, 2015.

HWANG, R.; CHENG, M.; LIN, T.; HO, M. Thermal perceptions, general adaptation methods and occupant's idea about the trade-off between thermal comfort and energy saving in hot–humid regions. **Building and Environment,** V. 44, p. 1128–1134, 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 2 de agosto de 2017.

Internacional Organization Standardization - **ISO 7730**. Moderate therman environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genève, 2005.

JAJCAY, N.; HLINKA, J.; KRAVTSOV, S.; TSONIS, A.; PALUS, M. Time scales of the European surface air temperature variability: The role of the 7-8 year cycle. **Geophysical Research Letters**, 43, p.902-909, 2016.

KUBOTA, T; CHYEE, D. T. H.; AHMAD, S. The effects of night ventilation technique on indoor thermal environment for residential buildings in hot-humid climate of Malaysia. **Energy and Buildings,** 41, p. 829–839, 2009.

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivosclimaticos/inmet2015>, acesso em: 20 de agosto de 2018.

LIPING, W.; HIEN, W. N. The impacts of ventilation strategies and facade on indoor termal environment for naturally ventilated residential buildings in Singapore. **Building and Environment,** 42, p. 4006–4015, 2007.

LÔBO, D. G. F.; BITTENCOURT, L. S. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 57-67, abr./jun. 2003.

LUCAS, F.; ADELARD, L.; GARDE, F.; BOYER, H. Study of moisture in buildings for hot humid climates. **Energy and Buildings,** 1382, p. 1–11, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano.** Série Teses e Monografias, 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976, 181p.

NEMATCHOUA, M. K.; TCHINDA, R.; OROSA, J. A.; ANDREASI, W. A. Effect of wall construction materials over indoor air quality in humid and hot climate. **Journal of Building Engineering,** V. 3, p. 16–23, 2015.

NGUYEN, A. T.; SINGH, M. K.; REITER, S. An adaptive thermal comfort model for hot humid southeast Asia. **Building and Environment,** 56, p.291–300, 2012.

OKE, T. R**. Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites**. IOM Report, 81, 2004.

PACCINI, L., ESPINOZA, J.C., RONCHAIL, J. AND SEGURA, H. (2018) Intra-seasonal rainfall variability in the Amazon basin related to large-scale circulation patterns: a focus on western Amazon–Andes transition region. **International Journal of Climatology**, 38, 2386– 2399.

PALUŠ, M. Cross-scale interactions and information transfer. **Entropy**, 16, p.5263-5289, 2014.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n. 45-46, p.288-294, 1993.

SANUSI, A. N. Z.; SHAO, L.; IBRAHIM, N. Passive ground cooling system for low energy buildings in Malaysia (hot and humid climates). **Renewable Energy**. 49, p. 193-196, 2013.

SIMONSON, C. J.; SALONVAARA, M.; OJANEN, T. The effect of structures on indoor humidity – possibility to improve comfort and perceived air quality. **Indoor Air,** V. 12, p. 243–251, 2002.

SYNNEFA, A; SANTAMOURIS, M.; AKBARI, H. Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and termal comfort in residential buildings in various climatic conditions. **Energy and Buildings**, 39, p. 1167–1174, 2007.

TOE, D. H. C.; KUBOTA T. Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot–humid climate of Malaysia. **Solar Energy,** 114, p. 229–258, 2015.

WOLOSZYN, M.; KALAMEES, T.; ABADIE, M. C.; STEEMAN, M.; KALAGASIDIS, A. S. The effect of combining a relative-humidity-sensitive ventilation system with the moisture-buffering capacity of materials on indoor climate and energy efficiency of buildings. **Building and Environment,** 44, p. 515– 524, 2009.

WONG, N.H.; FERIADI, H.; LIM, P.Y.; THAM, K.W.; SEKHAR, C.; CHEONG, K.W. Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. **Building and Environment,** 37, p. 1267 – 1277, 2002.

YILDIZ, Y.; ARSAN, Z. D. Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates. **Energy,** 36, p. 4287-4296, 2011.

ZAIN, Z. M.; TAIB, M. N.; BAKI, S. M. S. Hot and humid climate: prospect for thermal comfort in residential building. **Desalination,** 209, p. 261–268, 2007.