ADEQUAÇÃO CLIMÁTICA E PARÂMETROS CONSTRUTIVOS MUNICIPAIS

Giovanna S. Verussa; Fabio J. L. Zhou; Patrícia L. de Oliveira; Gabriella do R. Baggio; Brunno Klosowski; Eduardo Krüger; Leandro C. Fernandes.

(1) Arq. e urb., mestranda do Prog. de Pós-Grad. em Eng. Civil, giovanna.verussa@outlook.com, UFPR
(2) Estudantes de arquitetura e urbanismo, fabiojon.long.zh1@gmail.com, UFPR
(3) Estudante de arquitetura e urbanismo, patricialeite1201@gmail.com, UFPR
(4) Estudante de arquitetura e urbanismo, gabii.rbaggio@hotmail.com, UFPR
(5) Estudante de arquitetura e urbanismo, bklosowski9@gmail.com, UFPR
(6) Dr., eng. civil, Programa de Pós-Grad. em Engenharia Civil, ekruger@utfpr.edu.br, UTFPR
(7) Dr., arq. e urb., Programa de Pós-Grad. em Engenharia Civil, fernandes.ufpr@gmail.com, UFPR
Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Edifício de Ciências Exatas - PA, 4º Andar – Bairro Jardim das Américas, Curitiba – PR, CEP 81.531-970, Tel. 41-3361-3652.

RESUMO

Idealmente, projetos de edificações habitacionais deveriam prever a adequação aos climas nos quais estas serão implantadas. Entre os aspectos a serem considerados estão o pé-direito e as áreas das aberturas para ventilação, cujas dimensões podem impactar o conforto dos usuários e o consumo energético nessas edificações. Tetos baixos, principalmente em edificações unifamiliares em regiões tropicais, assim como áreas de abertura insuficientes para proporcionar boa ventilação ambiente, podem trazer complicações para o conforto térmico dos ocupantes. Geralmente, tais aspectos são regulados por leis municipais. Tais leis apresentam potencial para incluírem regras para adequação das edificações aos climas, pois vigoram sobre territórios relativamente pequenos. Diante disso, a presente pesquisa buscou verificar a existência de correlações entre os parâmetros construtivos pé-direito e área para ventilação, definidos nos códigos de obras municipais, e as médias anuais de temperaturas e zonas bioclimáticas. Foram analisadas leis de 97 municípios, abrangendo todas as capitais e municípios com mais de 250 mil habitantes. Também foram verificadas as médias anuais das temperaturas de cada município e a classificação no zoneamento bioclimático brasileiro. A despeito das orientações presentes na bibliografia e em normas técnicas, os dados analisados até o presente momento não evidenciam a existência de correlações fortes entre os parâmetros dos códigos de obras e as médias anuais de temperaturas e as zonas bioclimáticas dos municípios.

Palavras-chave: Códigos de obras. Adequação ao clima. Conforto térmico.

ABSTRACT

Ideally, housing building projects should provide for adaptation to the climates in which they will be built. Among the aspects to be considered are the ceiling height and the areas of the ventilation openings, whose dimensions can impact the comfort of users and the energy consumption in these buildings. Low ceilings, especially in single-family buildings in tropical regions, as well as insufficient opening areas to provide good ambient ventilation, can cause complications for the thermal comfort of the occupants. Such aspects are generally regulated by municipal laws. Such laws have the potential to include rules for adapting buildings to climates, as they are in place over relatively small territories. Given this, the present research sought to verify the existence of correlations between the constructive parameters height of the ceiling and area for ventilation, defined in the municipal codes, and the annual averages of temperatures and bioclimatic zones. Laws of 97 municipalities were analyzed, covering all state capitals and municipalities with more than 250 thousand inhabitants. The annual averages of temperatures of each municipality and the classification in the Brazilian bioclimatic zoning were also verified. Despite the guidelines present in the bibliography and in technical standards, the data analyzed do not show the existence of strong correlations between the parameters of the construction codes and the annual average temperatures and the bioclimatic zones of the municipalities.

Keywords: Municipal construction codes. Climate-responsive. Thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

Diversos autores argumentam sobre a importância da adequação das edificações aos climas nos quais estas são implantadas (GIVONI, 1992; FROTA; SCHIFFER, 2001; OLGYAY, 2008; SZOKOLAY, 2008).

Para Frota e Schiffer (2001), o partido arquitetônico deve estar condicionado pelas características do clima local. Para Olgyay (2008), a adequação ao clima deve ser enfatizada ao ponto de ser possível falar em um regionalismo arquitetônico.

Para Docherty e Szokolay (1999), o desempenho térmico de uma edificação está ligado em grande parte às decisões de projeto envolvendo a forma da edificação (volume e orientação), os materiais utilizados (características térmicas), as características das aberturas (orientação, dimensões, sombreamento) e as soluções para ventilação.

Frota e Schiffer (p. 69, 2001) também enfatizam o papel das aberturas, argumentando que em climas com maior demanda por ventilação, é interessante contar com aberturas generosas. Aberturas com dimensões maiores em climas quentes também são recomendadas pela NBR 15.220 (ABNT, 2005) e pelo método de Mahoney (KOENIGSBERGER et al., 1973).

Considerando que o desempenho térmico é avaliado segundo modelos de conforto térmico e que a percepção térmica é impactada pelo gradiente térmico vertical das temperaturas internas (ISO, 2005), outra característica dos ambientes internos a ser considerada para adequação climática é o pé-direito. Alturas de pé-direito maiores permitem suavizar o gradiente térmico vertical, contribuindo para reduzir o desconforto em climas com grande incidência de radiação solar sobre a cobertura, no caso de edificações térreas. Nessas edificações, quando considerada a temperatura operativa calculada a partir das temperaturas superficiais (ISO, 1998), paredes mais altas reduzirão a importância relativa da temperatura do forro, o que também faz com que um pé-direito alto reduza os riscos de desconforto. Para avaliar o impacto da redução do pé-direito sobre as temperaturas internas, Guimarães, Carvalho e Santos (2013) realizaram experimento em Belo Horizonte com três células-teste de diferentes alturas internas (2,6 m, 2,8 m e 3,0 m), com paredes de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural, piso de concreto e forro em concreto armado com 8 cm de espessura, uma janela de vidro plano 4 mm (1,06 x 1,4 m) e uma porta de aço (0,7 x 2,1 m). Como resultado, observaram que a cada redução de 0,2 m no pé-direito ocorreu aumento de aproximadamente 1 °C nas temperaturas internas do ar. Como a faixa de temperatura do conforto humano é estreita, essas variações, embora pequenas, podem causar desconforto térmico para os moradores. Por outro lado, Ghafari, Mirrahimi e Heidari (2018) afirmam que a altura do pé-direito desempenha um papel vital no consumo de energia para condicionamento térmico de espaços internos. Em pesquisa realizada utilizando simulação computacional, estes autores investigaram o impacto da variação da altura do pé-direito sobre o consumo de energia para aquecimento em uma pequena sala de aula. Como resultado, para as condições testadas, concluíram que consumo de energia para aquecimento é reduzido em 1% para cada 10 cm de redução de altura do teto. Em outras palavras, o consumo de energia para aquecimento será aumentado quando for aumentado o pé-direito.

Outras características que guardam relação com o desempenho térmico das edificações são a área e o volume dos ambientes. Para um mesmo número de cômodos, edificações com ambientes com áreas e volumes maiores exigirão quantidades maiores de material para edificar as paredes, pisos e forros, o que significa maior capacidade térmica e possibilidade de maior estabilidade térmica.

Cabe às entidades públicas zelar pelo interesse coletivo e assegurar um nível mínimo de qualidade para as edificações. Entre os aspectos que compõem o conjunto dos indicadores da qualidade das edificações podem ser listados valores mínimos para as variáveis abordadas anteriormente (dimensão das aberturas e dos pés-direitos, áreas de piso, volume etc.). Entre as ferramentas para isso estão as leis e normas para regulamentar a construção das edificações. No entanto, legislações e normas nacionais e estaduais, por vigorarem sobre áreas territoriais grandes e diversas, dificilmente conseguem dar conta das peculiaridades das condições locais. Para dar conta dessas particularidades, as leis e normas municipais são aquelas com maior potencial.

Dada a importância da adequação das edificações aos climas locais é de se esperar que os códigos de obras municipais, que definem parte importante das características dessas edificações, considerem as peculiaridades dos climas dos municípios para os quais são elaborados. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) (BAHIA, 2012), o Código de Obras é "o instrumento que permite à Administração Municipal exercer o controle e a fiscalização do espaço edificado e seu entorno, garantindo a segurança e a salubridade das edificações". Ainda segundo o IBAM, trata-se de um instrumento importante para as prefeituras assegurarem melhor qualidade de vida aos habitantes dos seus municípios. O Código de Obras é um dos produtos da elaboração do Plano Diretor, juntamente com a Lei do Plano Diretor, a Lei de Perímetro Urbano, a Lei de Parcelamento, o Macrozoneamento e a Lei de Uso e Ocupação do Solo. Cabe

observar que, no Brasil, o Plano Diretor só é obrigatório em cidades com mais do que 20.000 habitantes ou integrantes de regiões metropolitanas (BRASIL, 2008) ou segundo determinação de leis estaduais.

Diante do exposto, pergunta-se: os parâmetros estabelecidos pelos códigos de obras municipais apresentam relação com os climas das regiões que eles regulamentam?

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar a existência de correlações entre parâmetros construtivos para dormitórios (altura de pé-direito e área mínima de ventilação) definidos nos códigos de obras municipais e as respectivas médias anuais de temperatura e zona bioclimática a que pertence cada município.

3. MÉTODO

Nesta pesquisa, considerando que os códigos de obras municipais abrangem uma série de aspectos edilícios de importância para o conforto térmico dos usuários, optou-se por abordar especificamente aspectos relativos aos dormitórios. A escolha dos dormitórios se deve a sua classificação como ambientes de longa permanência. É nos dormitórios que o ser humano permanece grande parte de seu tempo de vida (KLEPEIS et al., 2001), sendo ainda um espaço que congrega diversas atividades, tais como repousar, estudar e trabalhar. Cabe destacar que os dormitórios ganharam ainda mais importância no período da pandemia.

O método de pesquisa foi dividido em quatro etapas: 1) coleta de dados dos códigos de obras municipais; 2) coleta de dados dos climas; 3) identificação das zonas climáticas de cada localidade; 4) cruzamentos e análise das informações coletadas visando identificar relações.

3.1. Legislações municipais

Nesta etapa da pesquisa foram verificados os parâmetros construtivos definidos pelas leis municipais – geralmente denominados códigos de edificações, de obra ou de urbanismo. Inicialmente, foram selecionados como aspectos para análise a altura do pé-direito e o percentual de ventilação mínimo, aplicáveis aos dormitórios.

A altura do pé-direito está relacionada com a sua contribuição para a redução do desconforto térmico, colaborando para suavizar o gradiente térmico vertical e minimizar a importância relativa da temperatura superficial do forro no conforto térmico do ambiente (ISO, 1998). A opção pela área percentual mínima para ventilação se deve ao aumento da demanda por ventilação conforme os climas apresentam temperaturas mais altas (KOENIGSBERGER *et al*., 1973; ABNT, 2005).

A amostra contemplou todas as capitais brasileiras, incluindo Brasília, e cidades com população superior a 250 mil habitantes, totalizando 97 municípios (Tabela 1). Embora o número de municípios possa ser considerado como reduzido diante dos 5.568 municípios brasileiros, algo como apenas 1,7% do número total, nesses 97 municípios residem aproximadamente 75 milhões de pessoas. Ou seja, aproximadamente 35% da população do Brasil (https://ibge.gov.br/), o que torna a amostra bastante representativa.

A consulta às leis municipais foi realizada em sites da internet mantidos pelas prefeituras. Anota-se que não foram localizados os códigos de obras dos municípios de Carapicuíba (SP), Paulista (PE) e Suzano (SP), que poderiam elevar a amostra para 100 localidades.

Tabela 1 – Municípios contemplados na amostra.

Região	N° de municípios	Município (UF)
Norte	9	Rio Branco (AC); Macapá (AP); Manaus (AM); Ananindeua, Belém e Santarém (PA); Porto Velho (RO); Boa Vista (RR); Palmas (TO).
Nordeste	19	Maceió (AL); Feira de Santana, Salvador e Vitória da Conquista (BA); Caucaia e Fortaleza (CE); São Luís (MA); Campina Grande e João Pessoa (PB); Caruaru, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, Petrolina e Recife (PE); Teresina (PI); Mossoró e Natal (RN); Aracajú (SE).
Centro-Oeste	7	Brasília (DF); Anápolis, Aparecida de Goiânia e Goiânia (GO); Campo Grande (MS); Cuiabá e Várzea Grande (MT);
Sudeste	49	Cariacica, Serra, Vila Velha e Vitória (ES); Belo Horizonte, Betim, Contagem, Governador Valadares, Juiz de Fora, Montes Claros, Ribeirão das Neves, Uberaba e Uberlândia (MG); Belford Roxo, Campos dos Goytacazes, Duque de Caxias, Niterói, Nova Iguaçu, Petrópolis, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti e Volta Redonda (RJ); Campinas, Carapicuíba, Bauru, Diadema, Franca, Guarujá, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Jundiaí, Limeira, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Piracicaba, Praia Grande, Ribeirão Preto, Santo André, Santos, São Bernardo do Campo, São José do Rio Preto, São José dos Campos, São Paulo, São Vicente, Sorocaba, Suzano e Taubaté (SP).
Sul	16	Cascavel, Curitiba, Foz Iguaçu, Londrina, Maringá, Ponta Grossa e São José dos Pinhais (PR); Canoas, Caxias do Sul, Gravataí, Pelotas, Porto Alegre e Santa Maria (RS); Blumenau, Florianópolis e Joinville (SC).

3.2. Dados dos climas

Para correlação com as condições climáticas locais, optou-se pelas médias anuais de temperatura. A escolha pela média anual das temperaturas locais se deve ao fato de a temperatura de bulbo seco ser a variável mais importante para a percepção térmica em edificações (DE DEAR et al., 2013) e ser a variável mais comumente empregada em modelos de conforto térmico (CARLUCCI *et al*., 2018).

Os dados foram coletados de duas fontes: 1) temperaturas médias anuais contidas nas normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 1981-2010 (https://portal.inmet.gov.br/normais) e 2) temperaturas médias anuais calculadas pelo repositório *Climate Data Organization* para o período de 1999-2019 (https://pt.climate-data.org/), dando-se preferência aos dados da base nacional, quando disponíveis.

3.3. Classificação climática para o campo da construção civil

A opção pelas zonas bioclimáticas como unidade de análise se justifica porque tal classificação entende as características climáticas locais como condicionantes para a definição de diretrizes construtivas adaptadas à realidade de cada uma das oito zonas bioclimáticas preconizadas pela ABNT (2005). Os dados foram obtidos de duas fontes: 1) diretamente da NBR 15.220-3 para os municípios indicados no Anexo A; e 2), com o auxílio da ferramenta ZBBR desenvolvida pelo pesquisador Maurício Roriz e disponibilizado no site do *Laboratório de Eficiência Energética em edificações* – LabEEE (https://labeee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbr), para os municípios cuja zona bioclimática não é apontada na NBR 15.220-3.

3.3. Análise dos dados

A análise se deu pelo cruzamento dos dados referentes aos parâmetros construtivos (altura de pé-direito e percentual mínimo de área de ventilação) com as médias anuais das temperaturas de bulbo seco e com as zonas bioclimáticas, como expresso pela matriz de análise (Tabela 2). A partir destes cruzamentos, foram gerados gráficos e tabelas com auxílio do *Microsoft Excel*®.

Tabela 2 – Matriz de análise.

Parâmetros Construtivos / Aspectos de Análise	Estado da Federação	Média anual das temperaturas de bulbo seco (1)	Zonas Bioclimáticas (2)
Altura mínima de pé-direito (A)	**A1**	A2	A3
Área percentual mínima das aberturas para ventilação (B)	**B1**	B2	B3

4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados considerando os parâmetros construtivos (altura de pé-direito e percentual mínimo de área de ventilação) e a discussão comparativa destes com os demais aspectos de análise (médias anuais das temperaturas de bulbo seco e zonas bioclimáticas).

4.1. Parâmetro construtivo: altura de pé-direito

Das 97 leis municipais consultadas, 90 indicaram valores mínimos para o pé-direito dos dormitórios; duas recomendaram seguir as normas vigentes para este parâmetro, porém não especificaram qual seria a normativa; e cinco não apresentaram nem valores nem recomendações. As dimensões mínimas observadas variam entre 2,30m (Jaboatão dos Guararapes - PE) e 2,80m (em sete municípios), sendo 2,50m (em 31 municípios) o valor mais recorrente ou moda e 2,58m o valor médio (Figura 1).

A Figura 2 apresenta os valores médios para o pé-direito por estado (análise A1). Amazonas e Rondônia, com clima predominantemente quente, apresentam os maiores valores para a distância do piso ao forro. No entanto, é necessário cuidado com esse dado porque a amostra considerou apenas um município para cada um desses estados (Manaus e Porto Velho), o que não permite afirmar serem valores médios. Quanto ao estado do Maranhão, não encontrado o valor referente ao pé direito mínimo para São Luís, por isso não há uma média neste quesito para o estado. O Distrito Federal e um conjunto de 10 estados (Acre, Alagoas, Ceará, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Norte, Sergipe e Tocantins), abrangendo áreas com climas distintos, apresentaram como média o valor 2,5 m. Estes dados iniciais apontam para certa para a independência do parâmetro altura do pé-direito em relação ao fator clima.

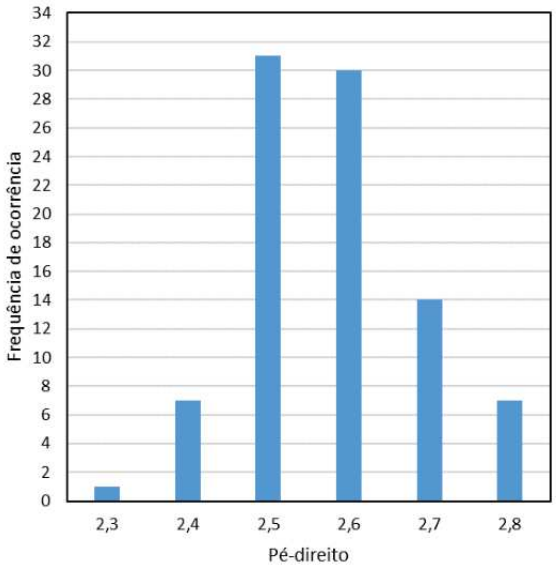

Figura 1 – Frequência de ocorrência de alturas de pé-direito.

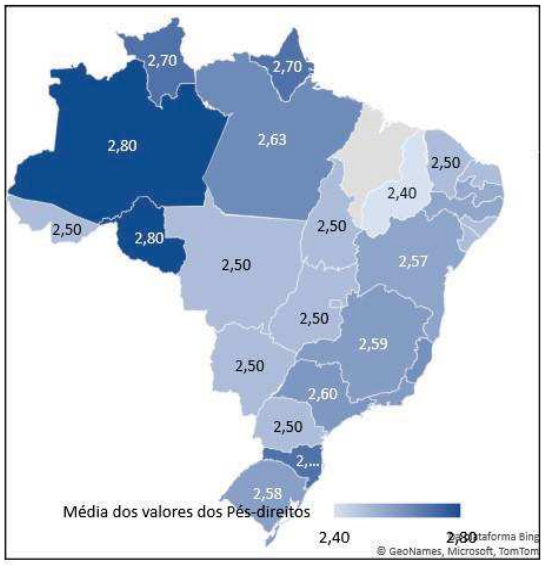

Figura 2 – Média de alturas de pé-direito por estado brasileiro.

O passo seguinte foi verificar a existência de correlações entre os valores de alturas de pé-direito de cada um dos municípios e as respectivas Médias Anuais das Temperaturas de Bulbo Seco (A2) e Zonas Bioclimáticas (A3). A Figura 3 e a Figura 4 mostram que, apesar das linhas de tendência nas análises A2 e A3 sugerirem uma leve correlação positiva, os valores do R-quadrado indicam que as correlações são na verdade nulas, uma vez que se encontram abaixo de 0,01 (1%). Chama atenção o fato de que a altura de pé-direito 2,5 m (Figura 3) está presente tanto em municípios com médias anuais de temperaturas relativamente baixas (17,8 °C) quanto em municípios com médias relativamente altas (27,9 °C). De maneira semelhante (Figura 4), alturas de pé-direito 2,5 m e 2,7 m estão presentes em todas as zonas bioclimáticas com exceção da zona 1.

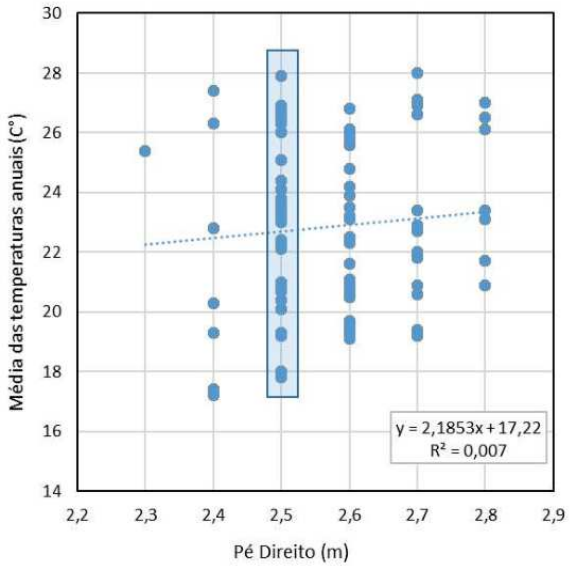

Figura 3 - (A2) Altura de pé-direito *versus* Média anual das temperaturas.

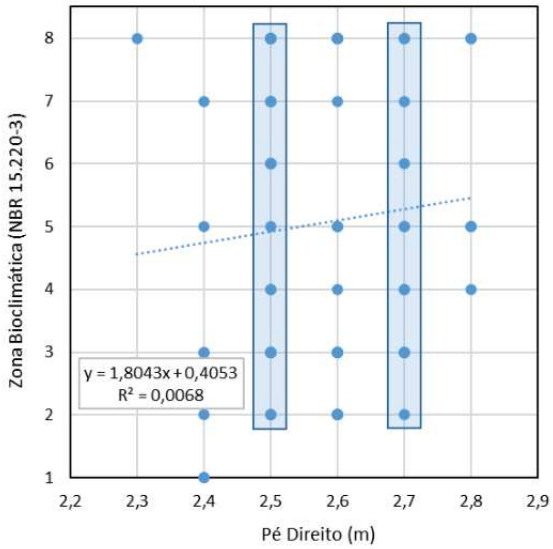

Figura 4 - (A3) Altura de pé-direito *versus* Zona Bioclimática.

4.2. Parâmetro construtivo: área percentual mínima de ventilação

Do total de legislações municipais consideradas, 74 informaram o percentual de área de ventilação para os dormitórios; quatro recomendaram seguir as normas vigentes para este parâmetro, porém não precisaram qual seria a normativa; um sugeriu seguir a NBR 15.575 e 19 não apresentaram nem valores nem recomendações.

Os percentuais mínimos indicados variam entre 6,3% (ou 1/16) da área do piso, indicado para nove municípios, e 20,0% (ou 1/5), indicado para quatro municípios. O valor mais recorrente ou moda, foi 16,7% (ou 1/6), indicado para 27 municípios (Figura 5), e o valor médio foi 12,8% (1/7,8). As legislações das cidades consideradas nos estados Alagoas, Paraíba, Rondônia e Tocantins não apresentaram valores para a área percentual mínima de ventilação em dormitórios.

O levantamento indicou que a área mínima de ventilação é um parâmetro cujos valores apresentam mais variação (Figura 5) do que os valores do parâmetro pé-direito, o que poderia facilitar o processo de verificação de correlações. No entanto, quando os dados foram plotados sobre o mapa do território brasileiro (Figura 6), considerando as médias dos valores para cada estado (análise B1), não foi possível afirmar a existência de relação com os climas locais. Enquanto para o Amazonas, considerando o código de obras de Manaus (zona bioclimática 8), verificou-se o valor 20%, a média para o estado de Santa Catarina, em clima bastante diferente do de Manaus, foi 18,4% (considerando os municípios de Florianópolis, na zona bioclimática 3, e Joinville, na zona bioclimática 5). Por outro lado, estados como Pará, Mato Grosso e Paraná apresentaram valores médios próximos.

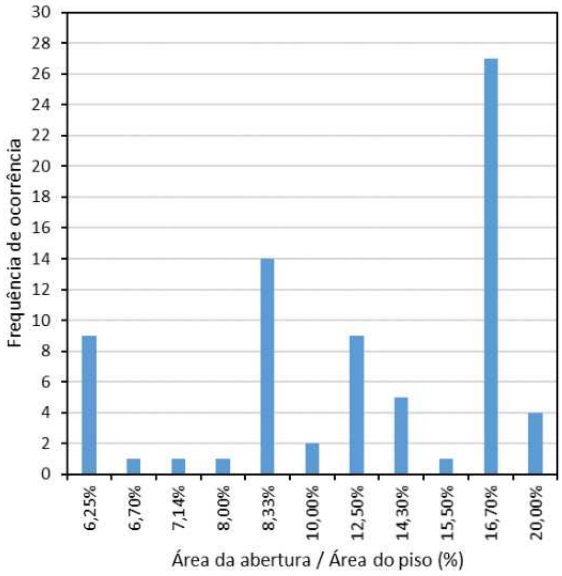

Figura 5 – Frequência de ocorrência áreas mín. para ventilação.

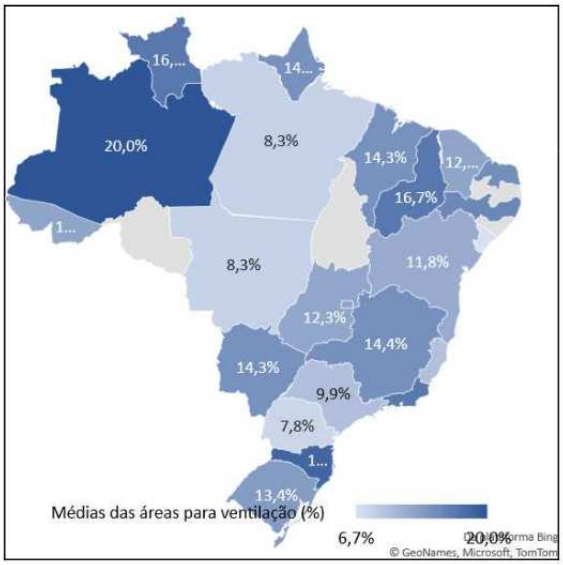

Figura 6 – Médias das áreas mín. para ventilação por estado.

A Figura 7 e a Figura 8 apresentam os gráficos de dispersão para a Área Percentual Mínima para Ventilação em relação às Temperaturas Médias Anuais (B2) e às Zonas Bioclimáticas (B3). Nota-se que as linhas de tendência de B2 e B3 sugerem correlações positivas, porém muito baixas. Em se tratando da relação entre as variáveis média anual de temperaturas e média dos percentuais de área de ventilação (Figura 7), chama atenção o fato de que o percentual de área de ventilação de 16,7% (ou 1/6), indicada para 27 municípios, ocorre em climas com médias anuais de temperaturas variando desde 18 °C até 28 °C. Ou seja, climas definitivamente diferentes. Quando observada a relação entre as zonas bioclimáticas e o percentual de áreas mínimas para ventilação (Figura 8), observa-se que na zona oito ocorrem códigos de obra com as mais diferentes áreas mínimas. Desde 5,5 % da área do piso até 20 %. Por outro lado, as aberturas para ventilação com área equivalente a 8,33 % da área do piso (1/12) ocorrem em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona bioclimática 7. Algo parecido ocorre para o percentual de área de abertura para ventilação de 16,67% (1/12), que só não ocorre nas zonas bioclimáticas 1 e 6.

Em resumo, em se tratando das áreas percentuais mínimas para ventilação, são aplicados valores variados, independentes das médias anuais das temperaturas e das zonas bioclimáticas nas quais os municípios são classificados.

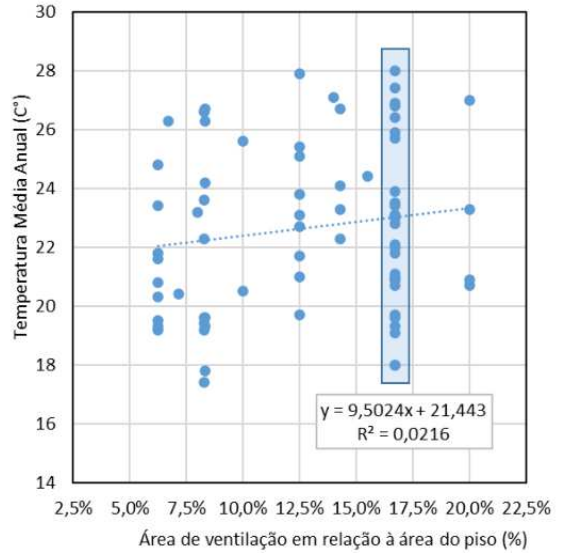

Figura 7 - (B2) percentual de áreas mínimas para ventilação *versus* Média anual das temperaturas.

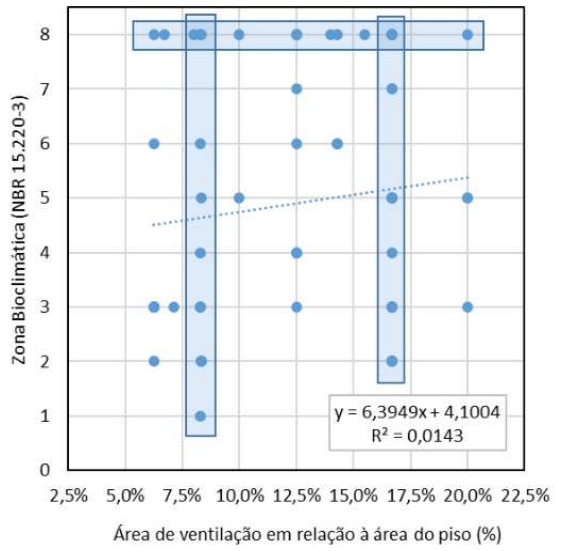

Figura 8 - (B3) percentual de áreas mínimas para ventilação *versus* Zona bioclimática.

4.3. Síntese dos resultados

A seguir, são apresentadas sínteses dos resultados, por zona bioclimática (Tabela 3) e por região (Tabela 4). Embora existam variações e ocorram valores com desvios importantes, os valores médios, tanto os de altura de pé-direito quanto os de percentual de áreas mínimas para ventilação, tendem a ser próximos, independentemente das zonas bioclimáticas nos quais os municípios se encontrem. No entanto, as médias das temperaturas anuais confirmam que existem diferenças entre os climas de uma zona bioclimática para a outra. Algo semelhante ocorre quando os dados são apresentados segundo as regiões às quais os municípios pertencem.

Por fim, a observações dos resultados da pesquisa não permitem afirmar que existem relações claras entre os parâmetros analisados (altura de pé-direito e percentual de áreas mínimas para ventilação), definidos pelas legislações municipais para dormitórios, e as médias anuais de temperaturas dos municípios ou zonas bioclimáticas nas quais os municípios são classificados. Também não é possível afirmar que não existam fatores que apresentem correlações com os parâmetros definidos pelos códigos de obras.

Tabela 3 - Síntese dos resultados por Zona Bioclimática.

Zona Bioclimática (NBR 15.220-3)	**Número de Municípios**	**Pé-direito – Valores mínimos (m)**	**Pé-direito – Valores médios (m)**	**Pé-Direito – (m) Valores máximos**	**Área para ventilação – Valores mínimos (%)**	**Área para ventilação – Valoes médios (%)**	**Área para ventilação – Valores máximos (%)**	**Média das temperaturas anuais (C°)**
1	4	2,40	2,40	2,40	8,3	8,3	8,3	18,4
2	11	2,50	2,59	2,70	6,3	13,1	16,7	19,9
3	27	2,40	2,56	2,70	6,3	11,2	20,0	20,5
4	6	2,50	2,63	2,80	8,3	12,5	16,7	21,8
5	10	2,40	2,65	2,80	8,3	15,8	20,0	22,7
6	6	2,50	2,53	2,70	6,3	11,7	14,3	23,3
7	7	2,40	2,51	2,70	8,3	13,6	16,7	26,3
8	29	2,30	2,59	2,80	6,3	13,1	20,0	25,6
Valores médios / totais	100	2,30	2,58	2,80	6,3	12,8	20,0	22,7

Tabela 4 - Síntese dos resultados por Zona Bioclimática.

Região	**Número de Municípios**	**Pé-direito – Valores mínimos (m)**	**Pé-direito – Valores médios (m)**	**Pé-Direito – Valores máximos (m)**	**Área para ventilação – Valores mínimos (%)**	**Área para ventilação – Valores médios (%)**	**Área para ventilação – Valores máximos (%)**	**Média das temperaturas anuais (C°)**
Centro-Oeste	7	2,40	2,50	2,60	8,3	12,0	14,3	23,8
Nordeste	19	2,30	2,53	2,70	6,7	13,3	16,7	25,6
Norte	9	2,50	2,66	2,80	8,3	14,4	20,0	26,6
Sudeste	49	2,40	2,60	2,80	6,3	12,6	20,0	21,7
Sul	16	2,40	2,56	2,80	6,3	12,2	20,0	19,5
Valores médios / totais	**100**	**2,30**	**2,58**	**2,80**	**6,3**	**12,8**	**20,0**	**22,7**

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo verificar a existência de correlação entre dois parâmetros construtivos apresentados nos códigos de obras municipais para dormitórios (altura de pé-direito e percentual mínimo de área de ventilação) e as respectivas médias anuais de temperatura e zonas bioclimáticas.

Para isso, foram levantados dados das legislações municipais que regulamentam a construção de habitações nas capitais dos estados e nos 100 municípios brasileiros com mais do que 250 mil habitantes (nos quais reside aproximadamente 35,5 % da população do Brasil). Também foram verificadas as médias das temperaturas anuais de cada município e a classificação no zoneamento bioclimático brasileiro.

Diferentemente do recomendado pela bibliografia consultada (GUIMARÃES; CARVALHO; SANTOS, 2013; GHAFARI; MIRRAHIMI; HEIDARI, 2018), a análise dos dados não permite afirmar que existe correlação entre as alturas de pé-direito e as médias anuais das temperaturas ou zonas bioclimáticas dos municípios. Embora existam códigos de obras definindo alturas de pé-direito relativamente altas para algumas regiões das zonas bioclimáticas com clima tropical (zona 8), para outras regiões, na mesma zona bioclimática, são definidas alturas de pé-direito relativamente baixas. Por outro lado, também não é possível afirmar que as médias das alturas de pé-direito definidas para as regiões classificadas como pertencentes a outras zonas bioclimáticas apresentam correlação com as médias anuais das temperaturas.

Igualmente, em se tratando de percentuais mínimos de áreas de ventilação, apesar de existirem recomendações para diferenciação das áreas segundo as diferenças climáticas (KOENIGSBERGER et al., 1973; ABNT, 2005), não é possível apontar que essas recomendações são adotadas nos códigos de obras municipais.

Por fim, os resultados desta pesquisa devem ser avaliados à luz das limitações impostas pelo método adotado. Para as correlações com as médias das temperaturas anuais e zonas bioclimáticas, foram considerados dados de apenas dois parâmetros estabelecidos pelos códigos de obras municipais. Existem diversos outros parâmetros definidos por legislações municipais que podem enriquecer a pesquisa (áreas dos ambientes, volumes, círculos inscritos mínimos, áreas para iluminação). Para estudos futuros, antes de ampliar o tamanho da amostra, cabe considerar aspectos relacionados ao contexto dos documentos, como, por exemplo, as datas nas quais as legislações municipais foram publicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - 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.

BAHIA, S. R. **Guia Técnico PROCEL EDIFICA**: Elaboração e atualização do código de obras e edificações. 2. ed. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, ELETROBRAS/PROCEL, 2012.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008.

CARLUCCI, S. *et al*. Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. **Building and Environment**, v. 137, p. 73–89, 2018.

DE DEAR, R. J. *et al*. Progress in thermal comfort research over the last twenty years. **Indoor Air**, v. 23, n. 6, p. 442–461, 2013.

DOCHERTY, M.; SZOKOLAY, S. **PLEA Note 5**: Climate analysis. Brisbane: PLEA, 1999.

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

GHAFARI, F.; MIRRAHIMI, S. Z.; HEIDARI, S. Influence of Ceiling Height on Heating Energy Consumption in Educational Building. *In*: 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL AND ARCHITECTURE ENGINEERING. **Proceedings…**, v. 6, n. May, p. 1–7, 2018.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p. 11–23, 1992.

GUIMARÃES, R. P.; CARVALHO, M. C. R.; SANTOS, F. A. The influence of ceiling height in thermal comfort of buildings: A case study in Belo Horizonte, Brazil. **International Journal for Housing Science and Its Applications**, v. 37, n. 2, p. 75-86, 2013.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730** - Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Third edition 2005-11-15, p. 45. Switzerland, 2005.

ISO - INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 7726**, Ergonomics of the Thermal Environment, Instruments for Measuring Physical Quantities. The determination of overall indices of comfort or thermal stress requires knowledge of physical quantities connected with the environment. These quantities can be divided into two categories according to their degree of dependence on the environment. 2th edition 1998-11-01, p. 51. Geneva: International Standard Organization, 1998.

KLEPEIS, N. E. et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. **Journal of exposure analysis and environmental epidemiology**, v. 11, n. 3, p. 231–252, 2001.

KOENIGSBERGER, O. H. *et al*. **Manual of Tropical Housing and Building**. Orient Blackswan, 1973.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima.** Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

SZOKOLAY, S. **Introduction to Architectura science**: The Basis of Sustainable Design. 2. ed. Oxford: Elsevier Ltd., 2008.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.