2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

UTILIZAÇÃO DE ARQUIVOS CLIMÁTICOS PARA A ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO ADAPTATIVO EM VIÇOSA[1]

FERREIRA, Camila Carvalho (1); SOUZA, Henor Artur de (2)

(1) Universidade Federal de Ouro Preto, camilaccferreira@yahoo.com.br
(2) Universidade Federal de Ouro Preto, henorster@gmail.com

RESUMO

Os índices de conforto térmico são instrumentos para a análise da sensação térmica do usuário e, no caso dos modelos de conforto adaptativo, se baseiam em dados climáticos para a definição da temperatura de conforto e respectivas faixas de conforto térmico. Desta forma, a qualidade do dado climático tem impacto na definição das condições de conforto. Assim, o objetivo deste artigo é avaliar o impacto de diferentes bases de dados climáticos na definição das condições de conforto térmico adaptativo para a cidade de Viçosa. Para tal análise, foram gerados dados horários para um dia típico de cada mês a partir dos dados mensais de temperatura e aplicadas as condições de conforto com base no modelo adaptativo da ASHRAE 55. As condições de conforto geradas a partir dos dados climáticos das Normais Climatológicas e dos arquivos climáticos TMY, TMY2 e TMY3 foram analisadas e comparados. Os resultados apontam que o arquivo no formato TMY tem aplicabilidade limitada, enquanto o formato TMY3 apresenta melhores resultados e mais próximos às condições de conforto estabelecidas a partir das Normais Climatológicas. (Pesquisa de pos doc em andamento)

Palavras-chave: *conforto térmico adaptativo, arquivo climático, Normais Climatológicas.*

ABSTRACT

Thermal comfort indexes are instruments for the analysis of the user's thermal sensation and, in the case of adaptive comfort models, are based on climatic data for the definition of comfort temperature and respective thermal comfort ranges. Therefore, the quality of the climatic data has an impact on the definition of comfort conditions. The objective of this article is to evaluate the impact of different climatic databases on the definition of adaptive thermal comfort conditions for the city of Viçosa. For this analysis, hourly data were generated for a typical day of each month from the monthly temperature data and the comfort conditions were applied based on the adaptive model of ASHRAE 55. The comfort conditions generated from the climatic data of the Climatological Normals and the climate archives TMY, TMY2 and TMY3 were analyzed and compared. The results indicate that the file in the TMY format has limited applicability, while the TMY3 format presents better results and closer to the comfort conditions established from the Climatological Normals.

Keywords: adaptive thermal comfort, weather data, Climatological Normals.

---

[1] FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A.. Utilização de arquivos climáticos para a análise das condições de conforto térmico adaptativo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

Avaliar o nível de conforto térmico é primordial para a determinação dos devidos padrões de desempenho térmico e energético de edificações. Para a análise das condições de conforto térmico em um determinado clima são utilizados os índices de conforto térmico. Normalmente, para a definição destas condições, as normas ISO 7730 (ISO, 2006) e a ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017) são adotadas. Estas normas se baseiam no modelo desenvolvido por Fanger (1972) para a avaliação do desempenho da edificação em termos de conforto do usuário. No entanto, existem diversos estudos que apontam a inadequabilidade desde modelo de conforto para as regiões de clima tropical, em que a maior parte das edificações são condicionadas de forma passiva, ocorrendo a superestimação da sensação de desconforto por calor dos usuários neste tipo de edificação (ARAÚJO, 1996; BRAGER; DEDEAR, 1998; XAVIER, 1999; GONÇALVES, 2000; DEDEAR; BRAGER, 2002; NICOL, 2004). A partir do ano de 2004 é incluído um modelo adaptativo de conforto no escopo da ASHRAE 55.

O Brasil não possui uma definição de qual é o modelo de conforto térmico representativo da aclimatação da população brasileira. Pereira e Assis (2010) discutiram a aplicação de índices adaptativos para várias das condições climáticas nacionais e, ao compararem diferentes modelos adaptativos, concluíram que o modelo desenvolvido por por Dear e Brager (2002) como sendo uma boa referência como modelo adaptativo a ser adotado para o Brasil.

A principal variável contextual na abordagem adaptativa é o clima. Uma das dificuldades deparadas para a definição das condições de conforto térmico brasileiro reside justamente na limitada disponibilidade de dados climáticos de qualidade para aplicação. Uma das bases climáticas existentes no Brasil são as Normais Climatológicas (BRASIL, 2018), contemplando 437 localidades, número ainda pouco expressivo considerando a extensão territorial do país. As Normais Climatológicas compilam valores médios climatológicos mensais e anuais sobre um período longo e uniforme de 30 anos, apresentando valores padronizados das variáveis climáticas para este período.

Uma outra forma de análise das condições de conforto térmico em uma edificação é por meio de simulações computacionais. Neste caso, a caracterização climática é feita por meio do arquivo climático. Existem vários métodos para o desenvolvimento dos arquivos climáticos para a seleção do ano climático de referência, como o TRY, o TMY, entre outros. O método TRY, *Test Reference Year*, seleciona um ano típico de referência a partir da análise das médias mensais de temperatura de bulbo seco da base de dados climáticos, eliminando os anos que contêm dados com temperaturas médias mensais extremas (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998). O método TMY, *Typical Meteorological Year*, é similar ao método TRY, contudo neste método reúnem-se meses de referência que não representam temperaturas extremas e que reunidos compõem ano climático. O formato TMY2 é uma atualização do método TMY em que, além dos dados climáticos utilizados para o TMY, incluem-se os dados de radiação solar global horizontal e direta normal com séries de longo termo (CARLO; LAMBERTS, 2005). Outro formato conhecido é o TMY3, que se difere dos outros métodos por elaborar o ano de referência a partir da distribuição de probabilidade acumulada de todos elementos do clima, buscando identificar o ano que tenha a distribuição de probabilidade acumulada com maior semelhança à distribuição de probabilidade acumulada da série de dados climáticos (GUIMARÃES, 2016). Atualmente a maior base de arquivos climáticos brasileiros é a desenvolvida por Roriz (2012), composta por 411 arquivos climáticos no formato TMY elaborados a partir de dados horários registrados em estações climatológicas do INMET entre os anos de

2000 e 2010. Entretanto, ressalta-se que os arquivos climáticos foram gerados com os dados possíveis e não com os ideais, uma vez que a maioria dos dados climáticos registrados no país apresentam lacunas. Para boa parte dos municípios foi possível montar poucos anos inteiros, de tal forma que os arquivos climáticos apresentam baixa representatividade estatística das ocorrências climáticas históricas (CARLO; LAMBERTS, 2005; RORIZ, 2012).

Guimarães (2016) analisou o impacto dos arquivos climáticos nos formatos TRY, TMY2 e TMY3 para Viçosa em simulações termoenergéticas para diferentes edificações e constatou que o TMY3 foi o que apresentou comportamento mais confiável entre os métodos testados. França, Silva e Carlo (2019) compararam arquivos climáticos de diferentes métodos (TRY, TMY brasileiro, TMY3, TMY europeu, multianual 3 anos) desenvolvidos a partir de uma mesma base de dados para a cidade de Viçosa, para condições de conforto térmico. Os autores compararam os padrões de conforto térmico resultantes por estes diferentes arquivos climáticos com o padrão resultante a partir do arquivo climático multianual 10 anos, considerado como referência para a análise de comportamento e concluíram que o arquivo TMY3 foi o tipo de arquivo climático mais apropriado para a análise de conforto térmico em edificações naturalmente ventiladas (FRANÇA; SILVA; CARLO, 2019).

Diferentes bases de dados climáticos resultam em temperaturas neutras diferentes e, consequentemente, em faixas de conforto térmico distintas, sendo então importante validar qual delas é a mais próxima da condição real. Scheller et al. (2015) analisaram os arquivos climáticos de 15 cidades brasileiras nos formatos TRY e TMY (INMET) para a simulação de desempenho energético de edificações e observaram uma diferença média de 3°C quanto aos valores de temperatura de bulbo seco e úmido entre os arquivos climáticos analisados.

2 OBJETIVOS

Avaliar o impacto de diferentes bases de dados climáticos na definição das condições de conforto térmico adaptativo para a cidade de Viçosa - MG.

3 METODOLOGIA

Para realizar as análises do impacto das bases de dados climáticos nas condições de conforto térmico adaptativo para Viçosa, são comparadas as condições de conforto térmico horário obtidas a partir de arquivos climáticos com as condições obtidas a partir das Normais Climatológicas. A definição das condições de conforto horária foi realizada conforme a metodologia proposta por Stensjö (2015), a partir da base de dados climáticos das Normais Climatológicas (BRASIL, 2018) médios mensais para o período de 30 anos. Esta metodologia propõe um método automatizado de análise de conforto térmico a partir de modelos simplificados de conforto, proporcionando uma análise preditiva para um maior número de cidades possível (constantes na base de dados das Normais Climatológicas), mantendo a confiabilidade dos dados. Optou-se por trabalhar com dados climáticos médios mensais para o período de 30 anos em razão da representatividade estatística das ocorrências climáticas históricas que dados de períodos mais longos apresentam. De forma similar, obteve-se os dados horários a partir dos arquivos climáticos no formato TMY, TMY2 e TMY3. Sobre os dados horários, foram analisadas as condições de conforto a partir do modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55 (2017).

3.1 Base de dados

A base de dados climáticos adotados nesta pesquisa são as Normais Climatológicas para o período de médias históricas para o período de janeiro de 1981 a dezembro de 2010 (BRASIL, 2018), considerada aqui como os dados climáticos de referência em razão do rigor metodológico adotado na medição e tratamento dos dados. Especificamente, nesta pesquisa são utilizados os dados de temperatura do ar média, mínima e máxima (Tabela 1). Além de três formatos de arquivos climáticos para a cidade de Viçosa: TMY (desenvolvido por Roriz (2012) a partir da base de dados climáticos do INMET)[2], TMY2 e TMY3 (ambos desenvolvidos pelo Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética)[3].

Tabela 1 - Resumo dos dados de temperatura do ar média, mínima e máxima [°C] das bases de dados climáticos utilizadas

Fonte dados	Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Normais Climatológicas	$T_{média}$ [∘C]	22,7	22,9	22,3	20,7	18,1	16,5	16,2	17,5	19,2	20,9	21,6	22,3
	$T_{mínima}$ [∘C]	18,9	18,7	18,4	16,6	13,7	11,5	11,1	11,8	14,1	16,5	17,9	18,7
	$T_{máxima}$ [°C]	28,5	29,5	28,6	27,3	25,1	24,2	24,3	25,6	26,3	27,3	27,4	27,9
TMY	$T_{média}$ [∘C]	21,6	22,2	21,9	19,8	17,8	16,1	17,3	17,3	20,7	21,1	22,5	21,7
	$T_{mínima}$ [∘C]	15,9	16,3	15,2	11,6	9,7	6,8	9,6	9,1	12,5	14,3	15,3	14,6
	$T_{máxima}$ [°C]	30,1	30,8	32,3	29	27,3	25,6	27,9	29,1	33,6	30,5	31,6	30,7
TMY2	$T_{média}$ [∘C]	22,0	22,2	21,6	20,0	17,3	16,3	16,3	17,2	19,0	20,9	20,9	22,1
	$T_{mínima}$ [∘C]	15,2	16,3	15,5	11	8,4	8,3	6,9	9,1	8,6	11,3	13,5	15
	$T_{máxima}$ [°C]	35,8	30,8	31,1	33,1	27,4	27,4	27,8	29,1	33,7	33,2	32,8	31,7
TMY3	$T_{média}$ [∘C]	21,9	22,9	21,3	20,4	16,9	16,3	16,4	17,2	18,2	20,9	20,9	21,7
	$T_{mínima}$ [∘C]	15,3	16,7	14,7	13	6,8	6,7	3,9	5,8	7,5	11,3	13,5	15,4
	$T_{máxima}$ [°C]	31	31,3	31,3	30	27,4	26,2	29,1	30,8	31,1	33,2	32,8	31,9

3.2 Definição do dia típico

Os dados climáticos fornecidos pelas Normais Climatológicas são dados médios mensais, usualmente pouco representativos das condições de conforto. Para refinamento da análise, gera-se dias típicos com valores horários a partir dos dados originais, conforme método proposto por Stensjö (2015). Os dados horários médios mensais de temperatura do ar foram obtidos pelo ajuste dos dados locais à curva-padrão da Organização Mundial de Meteorologia (WMO), a partir da Equação (1) apresentada por Assis (2001).

$$T_{ej} = T_x - (T_x - T_n)k_j \quad (1)$$

onde:T_{ej}: temperatura do ar externa na hora j, em °C; T_x: temperatura média mensal das máximas, em °C; T_n: temperatura média mensal das mínimas, em °C; k_j: valor de ajuste da curva horária de temperatura, para a hora a partir da hora 0 até a hora 23, sendo: 0,75; 0,78; 0,82; 0,87; 0,89; 0,96; 1,00; 0,93; 0,76; 0,57; 0,41; 0,28; 0,15; 0,11; 0,02; 0,00; 0,04; 0,08; 0,15; 0,46; 0,56; 0,64; 0,73; 0,70.

[2] http://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2018

[3] http://www.latecae.ufv.br/pt-BR/downloads

3.3 Modelo de conforto adotado

O modelo de conforto adotado foi o modelo adaptativo proposto por Brager e De Dear (1998) e incorporado pela norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017). Por meio da equação para cálculo da temperatura de conforto (T_c), com base na temperatura de bulbo seco média externa ($T_{a,ext}$), conforme se observa na Equação 2, infere-se uma faixa mensal de tolerância para conforto de ±2,5°C e ± 3,5 °C que representa a satisfação de 90% e 80% dos usuários, respectivamente (ASHRAE, 2017).

$$T_c = 0{,}310 \times T_{a,ext} + 17{,}8°C \quad (2)$$

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados nas Tabela 1 e Figura 2, para a base de dados das Normais Climatológicas e para a base de dados climáticos dos arquivos climáticos, respectivamente. As horas dentro da faixa de conforto estão representadas na cor cinza, a sensação de desconforto por calor em laranja (claro para Tn + 2,5°C e escuro para Tn + 3,5°C) e de desconforto por frio em azul (claro para Tn - 2,5°C e escuro para Tn - 3,5°C).

Tabela 1 - Condições de conforto térmico obtidas para a base de dados climáticos das Normais Climatológicas

	Normais Climatológicas											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tn	*24,8*	*25,1*	*24,8*	*24,0*	*22,6*	*21,7*	*21,6*	*22,2*	*23,2*	*24,1*	*24,4*	*24,8*
Tn - 3,5	*21,3*	*21,6*	*21,3*	*20,5*	*19,1*	*18,2*	*18,1*	*18,7*	*19,7*	*20,6*	*20,9*	*21,3*
Tn - 2,5	*22,3*	*22,6*	*22,3*	*21,5*	*20,1*	*19,2*	*19,1*	*19,7*	*20,7*	*21,6*	*21,9*	*22,3*
Tn + 2,5	*27,3*	*27,6*	*27,3*	*26,5*	*25,1*	*24,2*	*24,1*	*24,7*	*25,7*	*26,6*	*26,9*	*27,3*
Tn + 3,5	*28,3*	*28,6*	*28,3*	*27,5*	*26,1*	*25,2*	*25,1*	*25,7*	*26,7*	*27,6*	*27,9*	*28,3*
6:00	18,9	18,7	18,4	16,6	13,7	11,5	11,1	11,8	14,1	16,5	17,9	18,7
7:00	19,6	19,5	19,1	17,3	14,5	12,4	12,0	12,8	15,0	17,3	18,6	19,3
8:00	21,2	21,3	20,8	19,2	16,4	14,5	14,3	15,1	17,0	19,1	20,2	20,9
9:00	23,0	23,3	22,8	21,2	18,6	17,0	16,8	17,7	19,3	21,1	22,0	22,7
10:00	24,6	25,1	24,4	22,9	20,4	19,0	18,9	19,9	21,3	22,9	23,5	24,1
11:00	25,8	26,5	25,7	24,3	21,9	20,6	20,6	21,7	22,9	24,3	24,7	25,3
12:00	27,1	27,9	27,1	25,7	23,4	22,3	22,3	23,5	24,5	25,7	26,0	26,5
13:00	27,4	28,3	27,5	26,1	23,8	22,8	22,8	24,1	25,0	26,1	26,4	26,9
14:00	28,3	29,3	28,4	27,1	24,9	23,9	24,0	25,3	26,1	27,1	27,2	27,7
15:00	28,5	29,5	28,6	27,3	25,1	24,2	24,3	25,6	26,3	27,3	27,4	27,9
16:00	28,1	29,1	28,2	26,9	24,6	23,7	23,8	25,0	25,8	26,9	27,0	27,5
17:00	27,7	28,6	27,8	26,4	24,2	23,2	23,2	24,5	25,3	26,4	26,6	27,2
18:00	27,1	27,9	27,1	25,7	23,4	22,3	22,3	23,5	24,5	25,7	26,0	26,5
19:00	24,1	24,5	23,9	22,4	19,9	18,4	18,2	19,3	20,7	22,3	23,0	23,7
20:00	23,1	23,5	22,9	21,3	18,7	17,1	16,9	17,9	19,5	21,3	22,1	22,7
21:00	22,4	22,6	22,1	20,5	17,8	16,1	15,9	16,8	18,5	20,4	21,3	22,0
22:00	21,5	21,6	21,2	19,5	16,8	14,9	14,7	15,5	17,4	19,4	20,5	21,2
23:00	21,8	21,9	21,5	19,8	17,1	15,3	15,1	15,9	17,8	19,7	20,8	21,5

As condições de conforto geradas a partir dos dados das Normais Climatológicas apontam para sensações de desconforto por frio no início das manhãs e no período da noite. Há ampliação da região de desconforto por frio nos meses frios (maio a agosto). O desconforto por calor ocorre no período da tarde e sua região se reduz nos meses mais frios. Os meses com maior desconforto por calor são janeiro, fevereiro e março. Nos demais períodos a sensação é de conforto.

O arquivo TMY, em comparação com as condições de conforto obtidas a partir das Normais Climatológicas, superestima a sensação de desconforto por calor ao longo do ano. O desconforto por calor tem início no final da manhã e se estende por todo o período da tarde, não só nos meses mais quentes.

Figura 2 - Condições de conforto térmico obtidas para a base de dados climáticos dos arquivos climáticos: (A) TMY, (B) TMY2 e (C) TMY3

	TMY (INMET)											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tn	*24,5*	*24,8*	*24,6*	*24,1*	*23,3*	*22,8*	*22,7*	*23,1*	*23,6*	*24,2*	*24,4*	*24,6*
Tn - 3,5	*21,0*	*21,3*	*21,1*	*20,6*	*19,8*	*19,3*	*19,2*	*19,6*	*20,1*	*20,7*	*20,9*	*21,1*
Tn - 2,5	*22,0*	*22,3*	*22,1*	*21,6*	*20,8*	*20,3*	*20,2*	*20,6*	*21,1*	*21,7*	*21,9*	*22,1*
Tn + 2,5	*27,0*	*27,3*	*27,1*	*26,6*	*25,8*	*25,3*	*25,2*	*25,6*	*26,1*	*26,7*	*26,9*	*27,1*
Tn + 3,5	*28,0*	*28,3*	*28,1*	*27,6*	*26,8*	*26,3*	*26,2*	*26,6*	*27,1*	*27,7*	*27,9*	*28,1*
6:00	15,9	16,3	15,2	11,6	9,7	6,8	9,6	9,1	12,5	14,3	15,3	14,6
7:00	16,9	17,3	16,4	12,8	10,9	8,1	10,9	10,5	14,0	15,4	16,4	15,7
8:00	19,3	19,8	19,3	15,8	13,9	11,3	14,0	13,9	17,6	18,2	19,2	18,5
9:00	22,0	22,5	22,6	19,1	17,3	14,9	17,5	17,7	21,6	21,3	22,3	21,5
10:00	24,3	24,9	25,3	21,9	20,1	17,9	20,4	20,9	24,9	23,9	24,9	24,1
11:00	26,1	26,7	27,5	24,1	22,4	20,3	22,8	23,5	27,7	26,0	27,0	26,2
12:00	28,0	28,6	29,7	26,4	24,7	22,8	25,2	26,1	30,4	28,1	29,2	28,3
13:00	28,5	29,2	30,4	27,1	25,4	23,5	25,9	26,9	31,3	28,7	29,8	28,9
14:00	29,8	30,5	32,0	28,7	26,9	25,2	27,5	28,7	33,2	30,2	31,3	30,4
15:00	30,1	30,8	32,3	29,0	27,3	25,6	27,9	29,1	33,6	30,5	31,6	30,7
16:00	29,5	30,2	31,6	28,3	26,6	24,8	27,2	28,3	32,8	29,9	30,9	30,1
17:00	29,0	29,6	30,9	27,6	25,9	24,1	26,4	27,5	31,9	29,2	30,3	29,4
18:00	28,0	28,6	29,7	26,4	24,7	22,8	25,2	26,1	30,4	28,1	29,2	28,3
19:00	23,6	24,1	24,4	21,0	19,2	17,0	19,5	19,9	23,9	23,0	24,1	23,3
20:00	22,1	22,7	22,7	19,3	17,4	15,1	17,7	17,9	21,8	21,4	22,5	21,7
21:00	21,0	21,5	21,4	17,9	16,0	13,6	16,2	16,3	20,1	20,1	21,2	20,4
22:00	19,7	20,2	19,8	16,3	14,5	11,9	14,5	14,5	18,2	18,7	19,7	18,9
23:00	20,2	20,7	20,3	16,8	15,0	12,4	15,1	15,1	18,8	19,2	20,2	19,4

(A)

	TMY2											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tn	*24,6*	*24,7*	*24,5*	*24,0*	*23,2*	*22,9*	*22,8*	*23,1*	*23,7*	*24,3*	*24,3*	*24,7*
Tn - 3,5	*21,1*	*21,2*	*21,0*	*20,5*	*19,7*	*19,4*	*19,3*	*19,6*	*20,2*	*20,8*	*20,8*	*21,2*
Tn - 2,5	*22,1*	*22,2*	*22,0*	*21,5*	*20,7*	*20,4*	*20,3*	*20,6*	*21,2*	*21,8*	*21,8*	*22,2*
Tn + 2,5	*27,1*	*27,2*	*27,0*	*26,5*	*25,7*	*25,4*	*25,3*	*25,6*	*26,2*	*26,8*	*26,8*	*27,2*
Tn + 3,5	*28,1*	*28,2*	*28,0*	*27,5*	*26,7*	*26,4*	*26,3*	*26,6*	*27,2*	*27,8*	*27,8*	*28,2*
6:00	18,9	18,7	18,4	16,6	13,7	11,5	11,1	11,8	14,1	16,5	17,9	18,7
7:00	19,6	19,5	19,1	17,3	14,5	12,4	12,0	12,8	15,0	17,3	18,6	19,3
8:00	21,2	21,3	20,8	19,2	16,4	14,5	14,3	15,1	17,0	19,1	20,2	20,9
9:00	23,0	23,3	22,8	21,2	18,6	17,0	16,8	17,7	19,3	21,1	22,0	22,7
10:00	24,6	25,1	24,4	22,9	20,4	19,0	18,9	19,9	21,3	22,9	23,5	24,1
11:00	25,8	26,5	25,7	24,3	21,9	20,6	20,6	21,7	22,9	24,3	24,7	25,3
12:00	27,1	27,9	27,1	25,7	23,4	22,3	22,3	23,5	24,5	25,7	26,0	26,5
13:00	27,4	28,3	27,5	26,1	23,8	22,8	22,8	24,1	25,0	26,1	26,4	26,9
14:00	28,3	29,3	28,4	27,1	24,9	23,9	24,0	25,3	26,1	27,1	27,2	27,7
15:00	28,5	29,5	28,6	27,3	25,1	24,2	24,3	25,6	26,3	27,3	27,4	27,9
16:00	28,1	29,1	28,2	26,9	24,6	23,7	23,8	25,0	25,8	26,9	27,0	27,5
17:00	27,7	28,6	27,8	26,4	24,2	23,2	23,2	24,5	25,3	26,4	26,6	27,2
18:00	27,1	27,9	27,1	25,7	23,4	22,3	22,3	23,5	24,5	25,7	26,0	26,5
19:00	24,1	24,5	23,9	22,4	19,9	18,4	18,2	19,3	20,7	22,3	23,0	23,7
20:00	23,1	23,5	22,9	21,3	18,7	17,1	16,9	17,9	19,5	21,3	22,1	22,7
21:00	22,4	22,6	22,1	20,5	17,8	16,1	15,9	16,8	18,5	20,4	21,3	22,0
22:00	21,5	21,6	21,2	19,5	16,8	14,9	14,7	15,5	17,4	19,4	20,5	21,2
23:00	21,8	21,9	21,5	19,8	17,1	15,3	15,1	15,9	17,8	19,7	20,8	21,5

(B)

	TMY3											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tn	24,6	24,9	24,7	24,2	23,4	22,9	22,8	23,2	23,8	24,3	24,5	24,7
Tn - 3,5	*21,1*	*21,4*	*21,2*	*20,7*	*19,9*	*19,4*	*19,3*	*19,7*	*20,3*	*20,8*	*21,0*	*21,2*
Tn - 2,5	*22,1*	*22,4*	*22,2*	*21,7*	*20,9*	*20,4*	*20,3*	*20,7*	*21,3*	*21,8*	*22,0*	*22,2*
Tn + 2,5	*27,1*	*27,4*	*27,2*	*26,7*	*25,9*	*25,4*	*25,3*	*25,7*	*26,3*	*26,8*	*27,0*	*27,2*
Tn + 3,5	*28,1*	*28,4*	*28,2*	*27,7*	*26,9*	*26,4*	*26,3*	*26,7*	*27,3*	*27,8*	*28,0*	*28,2*
6:00	18,9	18,7	18,4	16,6	13,7	11,5	11,1	11,8	14,1	16,5	17,9	18,7
7:00	19,6	19,5	19,1	17,3	14,5	12,4	12,0	12,8	15,0	17,3	18,6	19,3
8:00	21,2	21,3	20,8	19,2	16,4	14,5	14,3	15,1	17,0	19,1	20,2	20,9
9:00	23,0	23,3	22,8	21,2	18,6	17,0	16,8	17,7	19,3	21,1	22,0	22,7
10:00	24,6	25,1	24,4	22,9	20,4	19,0	18,9	19,9	21,3	22,9	23,5	24,1
11:00	25,8	26,5	25,7	24,3	21,9	20,6	20,6	21,7	22,9	24,3	24,7	25,3
12:00	27,1	27,9	27,1	25,7	23,4	22,3	22,3	23,5	24,5	25,7	26,0	26,5
13:00	27,4	28,3	27,5	26,1	23,8	22,8	22,8	24,1	25,0	26,1	26,4	26,9
14:00	28,3	29,3	28,4	27,1	24,9	23,9	24,0	25,3	26,1	27,1	27,2	27,7
15:00	28,5	29,5	28,6	27,3	25,1	24,2	24,3	25,6	26,3	27,3	27,4	27,9
16:00	28,1	29,1	28,2	26,9	24,6	23,7	23,8	25,0	25,8	26,9	27,0	27,5
17:00	27,7	28,6	27,8	26,4	24,2	23,2	23,2	24,5	25,3	26,4	26,6	27,2
18:00	27,1	27,9	27,1	25,7	23,4	22,3	22,3	23,5	24,5	25,7	26,0	26,5
19:00	24,1	24,5	23,9	22,4	19,9	18,4	18,2	19,3	20,7	22,3	23,0	23,7
20:00	23,1	23,5	22,9	21,3	18,7	17,1	16,9	17,9	19,5	21,3	22,1	22,7
21:00	22,4	22,6	22,1	20,5	17,8	16,1	15,9	16,8	18,5	20,4	21,3	22,0
22:00	21,5	21,6	21,2	19,5	16,8	14,9	14,7	15,5	17,4	19,4	20,5	21,2
23:00	21,8	21,9	21,5	19,8	17,1	15,3	15,1	15,9	17,8	19,7	20,8	21,5

(C)

A região de sensação de desconforto por frio não teve uma grande ampliação, como a de desconforto por calor. Tanto para o desconforto por calor, como por frio

são observadas a ampliação das horas em que ocorrem sensações de desconforto para a faixa de T_C ± 3,5°C. A partir da faixa estabelecida por ± 3,5°C significa que sempre ocorrerá condições de desconforto. Isto significa que há um aumento da região de desconforto, havendo superestimação das condições de desconforto.

Analisando as condições de conforto geradas pelo arquivo TMY2 e TMY3 pode-se constatar um padrão das sensações de maior similaridade com as condições de conforto obtidas pela Normais Climatológicas. No caso do arquivo TMY2, ocorre uma pequena superestimação da sensação de desconforto por calor nos meses mais quentes (janeiro a março) e uma subestimação de desconforto por calor nos meses mais frios. Há também uma tendência a superestimar a sensação de desconforto por frio ao longo do ano. Por fim, o arquivo TMY3 subestima a sensação de calor e superestima um pouco a sensação de desconforto por frio nos meses mais frios. Este formato de arquivo climático é o que apresenta um padrão de sensações com maior similaridades ao obtido a partir dos dados das Normais Climatológicas.

A Tabela 1 apresenta os valores de temperatura média mensal para cada base de dado climático analisada e evidencia haver diferença nas temperaturas médias mensais para cada um dos arquivos climáticos em relação aos dados das Normais Climatológicas, sendo a maior diferença encontrada para o TMY. Assim, diferentes temperaturas neutras foram obtidas. Observa-se comportamento similar para as médias das máximas. Ainda, a escolha do método para desenvolver o arquivo climático implica em uma diferença no tratamento estatístico da base climática. Quanto maior o período compreendido pela base de dados climáticos, mas a representatividade estatística do arquivo climático. Os resultados iniciais obtidos neste trabalho, apontam que, para a cidade de Viçosa, o método por distribuição de probabilidade do TMY3 apresenta maior representatividade do clima local, em comparação ao método por valores médios do TMY.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho compara as condições de conforto térmico resultantes para a cidade de Viçosa a partir da aplicação dos dados climáticos das Normais Climatológicas com as condições de conforto térmico geradas a partir dos dados climáticos obtidos em três formatos de arquivos climáticos: TMY, TMY2 e o TMY3.

O formato TMY, arquivo com maior base de dados e comumente utilizado em simulações no país, é o que apresenta menor similaridade com as condições de conforto obtidas a partir das Normais Climatológicas. Este formato de arquivo superestima as sensações de desconforto por calor e por frio ao longo do ano. Assim, não é recomendável sua aplicação para a análise das condições de conforto térmico. Os arquivos no formato TMY2 e TMY3 apresentam um padrão bem similar às condições de conforto obtidas pelas Normais. O arquivo TMY2 apresenta algumas disparidades em alguns momentos, mas ainda sim boa aproximação. O arquivo no formato TMY3 é o que apresenta maior semelhança com as condições de conforto das Normais, são poucas as diferenças, sendo assim o mais recomendável para as análises de conforto térmico. Fica assim observada a importância do aprofundamento das análises realizando simulações e análises para outras localidades, assim como da expansão da base de dados de arquivos climáticos no formato TMY3 para o Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelos recursos financeiros aplicados no

financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. M. D. D. Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordestino Brasileiro. USP. São Paulo, p. 179. 1996.

ASHRAE. Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Humam Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta. 2017.

ASSIS, E. S. D. Método Integrado de Análise Climática para Arquitetura Aplicado à Cidade de Belo Horizonte, MG. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, novembro 2001.

BRAGER, G.; DEDEAR, R. J. Thermal Adaptation in the Built Environment: a literature review. Energy and Building, 17, 1998. 83-96.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas do Brasil: 1981 - 2010. Brasília. 2018.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Processamento de Arquivos Climáticos Para Simulação do Desempenho Energético de Edificações. LabEEE/UFSC. Florianópolis, p. 228. 2005.

DEDEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal Comfort in Naturally Ventilated Buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. Energy and Buildings, 34, n. 6, julho 2002.

DINIZ, F. D. A.; RAMOS, A. M.; REBELLO, E. R. G. Normais Climatológicas do Brasil 1981 - 2010. Pesquisa agropecuária brasileira, 53, n. 2, 2018. 131-143.

FRANÇA, T. N. F. L.; SILVA, M. A. D.; CARLO, J. C. A Análise de Sensibilidade do POC em Edificações Naturalmente Ventiladas. XV Encontro Nacional e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. João Pessoa: ANTAC. 2019. p. 873-881.

GONÇALVES, W. B. Estudo de Índices de Conforto Térmico Avaliados com Base em População Universitária na Região Metropolitana de Belo Horizonte. UFMG. Belo Horizonte. 2000.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. 2 ed. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.

GUIMARÃES, Í. B. B. Análises de incertezas e sensibilidade de arquivos climáticos e seus impactos em simulações computacionais termo energéticas. UFV. Viçosa, p. 109. 2016.

HUMPHREYS, M. Outdoor Temperatures and Comfort Indoors. Building Research & Information, 6, n. 2, 1978.

NICOL, J. F. Adaptative Thermal Comfort Standards in the Hot-Humid Tropics. Energy and Buildings, 36, julho 2004. 628-637.

PEREIRA, I. M.; ASSIS, E. S. D. Avaliação de Modelos de Índices Adaptativos para Uso no Projeto Arquitetônico Bioclimático. Ambiente Construído, 10, n. 1, 2010. 31-51.

RORIZ, M. Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros. [S.l.]. 2012.

SCHELLER, C. et al. Análise de arquivos climáticos para a simulação do desempenho energético de edificações. Laboratório de Eficiência Energética de Edificações Labeee/UFSC. Florianópolis. 2015.

STENSJÖ, I. P. Método de análise comparativa de índice de conforto térmico para o Brasil. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: ANTAC. 2015.

XAVIER, A. A. P. Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º Grau na Região de Florianópolis. UFSC. Florianópolis. 1999.