PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DIÁRIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM MEDIÇÕES DE CAMPO[1]

RIOS, R. B., Universidade de Brasília, email: rafaelb.rios@gmail.com; ZANONI, V.A.G., Universidade de Brasília, email: vandazanoni@unb.br

ABSTRACT

For building's studies, the classification of climate conditions are useful tools for design studies, performance evaluation. However, for a daily approach, such as building's surveys, there is a lack of methods for climate classification, which difficult the definition of test's parameters. So, based on the analysis of Typical Meteorological Year- TMY files from different Brazilian cities, this paper presents a method for daily weather classification. This method allows the daily weather characterization during building's surveys, and also contributes for the definition of on field test's parameters.

***Keywords**: Climate Classification. Daily Weather Classification. Performance Evaluation.*

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, o Zoneamento Bioclimático Brasileiro adotado pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) é um exemplo de classificação climática que permite estabelecer diretrizes para avaliar as ações do clima sobre as edificações (LAMBERTS *et al.*, 2013).

Os agentes climáticos influenciam não apenas o desempenho térmico e os mecanismos de degradação, mas também os procedimentos para medições em campo. A falta de caracterização destes agentes pode comprometer a representatividade dos dados coletados em medições e, consequentemente, afetar a análise de resultados (HAAGENRUD, 2004; BS ISO, 2006).

Neste sentido, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) propõe os dias típicos de projeto de verão e inverno, como parâmetros para balizar os estudos de campo ou as simulações computacionais. Para as medições em campo, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) recomenda que o período de medição possua condições climáticas correspondentes aos dias típicos de verão ou de inverno, e seja precedido por, pelo menos, um dia com condições semelhantes.

Akatsu e Vittorino (1991) recomendam, para os dias típicos, frequência de ocorrência da ordem de 10%. No entanto, segundo Brito *et al.* (2017), os parâmetros dados pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013) apresentam baixa frequência, dificultando a realização de medições em campo em um dia semelhante ao dia típico. Segundo Zanoni (2015), a temperatura máxima diária para um dia típico de verão para Brasília, dada pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013), corresponde a uma faixa de ocorrência de 1,5% da amostra.

[1] RIOS, R. B. Proposta de classificação climática diária para avaliação de desempenho em medições de campo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Brito *et al.* (2017) alerta para a ausência de procedimentos para avaliar dados coletados em campo em condições climáticas diferentes dos dias típicos.

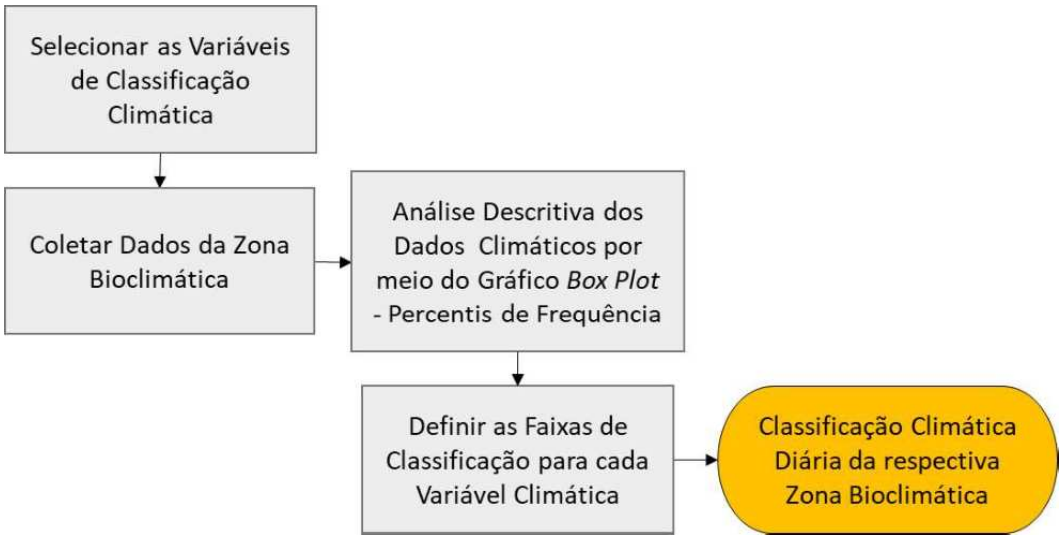
Neste contexto, este artigo apresenta um método para Classificação Climática Diária. O método proposto permite a caracterização climática em uma escala diária, de acordo com a representatividade das condições de exposição dada pela frequência de ocorrência de variáveis climáticas que influenciam o comportamento higrotérmico de fachadas, contribuindo para a avaliação de medições em campo, em condições climáticas similares.

2 MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DIÁRIA

A Classificação Climática Diária define faixas de variação das condições climáticas, com base em dados de uma escala local fornecidos pelos arquivos climáticos TMY-EPW (RORIZ, 2012).

Os procedimentos para a Classificação Climática Diária estão listados na Figura 1.

Figura 1 – Procedimentos para Classificação Climática Diária



Fonte: Os autores

Para a Classificação Climática Diária, foram selecionadas as variáveis:

- Temperatura Máxima Diária do Ar;
- Temperatura Mínima Diária do Ar;
- Amplitude Térmica Diária do Ar;
- Umidade Relativa Média Diária;
- Radiação Global Diária Acumulada.

A classificação proposta utilizou as temperaturas máximas e mínimas diárias, assim como a amplitude térmica diária.

O vento, a precipitação e a nebulosidade são agentes climáticos que devem ser observados durante a realização das medições em campo,

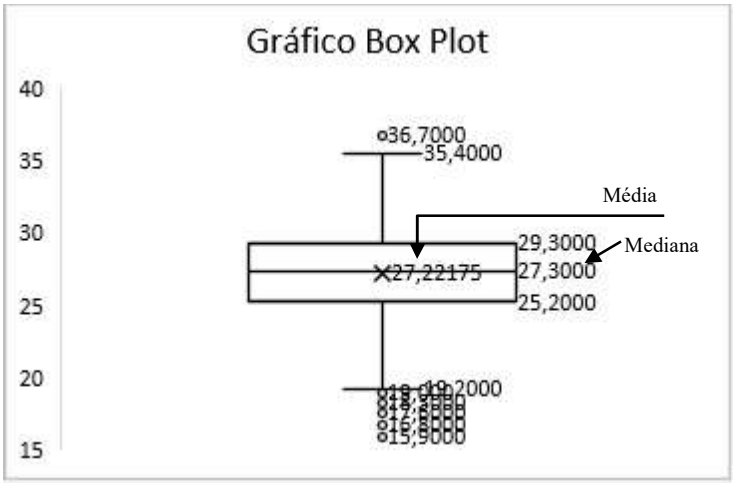
complementando as informações das condições de exposição diária.

Para que o método possa ser replicado em qualquer Zona Bioclimática, foi definido que a amostra de dados deve ser composta por 5 cidades pertencentes à mesma Zona Bioclimática, distribuidas espacialmente para garantir a representatividade da mesma.

A partir dos valores diários relativos às variáveis climáticas das cidades selecionadas, foram elaborados gráficos *Box Plot*, que identificam os percentis de frequência de cada variável em análise.

A Figura 2 é um exemplo de Box Plot. O retângulo indica a dispersão em torno da mediana (50% da amostra), que está contida entre o percentil de 75% (P75) e de 25% (P25) da amostra. As barras verticais representam valores máximos e mínimos, e cada barra corresponde a 25% da amostra. Os extremos são os pontos além das barras, considerados dados espúrios (não compõem os percentis de frequência).

Figura 2 – Gráfico Box Plot para a identificação dos percentis de frequência



Fonte: Os autores

Deste modo, as variáveis climáticas foram classificadas em 3 classes, determinadas pelos percentis de frequência, conforme a Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de classificação das variáveis climáticas

Classe	Intensidade do Agente	Composição
1	Mínimo	Dados≥P25 Valores Mínimos (25% da Amostra)
2	Médio	P25≤Dados≤ P75 Dispersão em torno da Mediana (50% da Amostra)
3	Máximo	Dados≥P75 Valores Máximos (25% da Amostra)

Fonte: Os autores

Propõe-se que a Classificação Climática Diária seja representada pelas classes de cada variável climática, conforme a expressão 1.

CCD = cTMín▪ cTMáx▪ cAT▪ cUR▪ cRS (1)

Onde:

CCD – Classificação Climática Diária;
cTMín – Classe da Temperatura do Ar Mínima Diária;
cTMáx – Classe da Temperatura do Ar Máxima Diária;
cAT – Classe da Amplitude Térmica Diária do Ar;
cUR – Classe da Umidade Relativa Média Diária;
cRS – Classe da Radiação Global Diária Acumulada.

3 RESULTADOS DO MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DIÁRIA

O Quadro 2 apresenta a composição da amostra formada por 5 cidades de cada Zona Bioclimática.

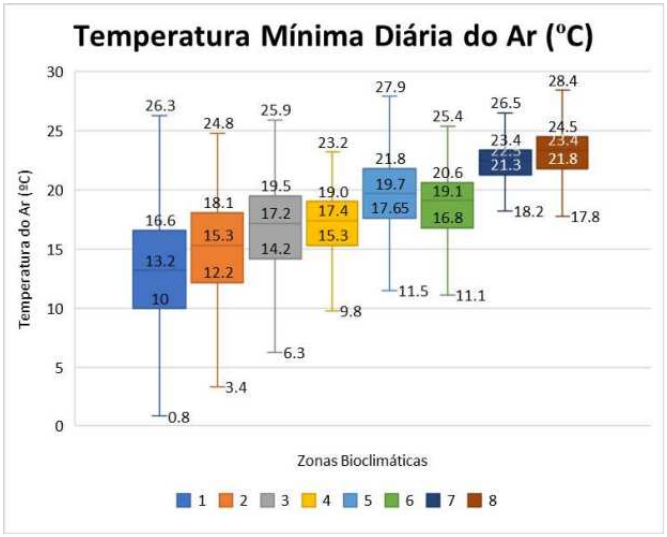
Quadro 2 – Cidades que compõem a amostra de acordo com a Zona Bioclimática

Zona Bioclimática	Cidades	
1	• Campos do Jordão/SP • São Joaquim/SC • Bento Gonçalves/RS	• Curitiba/PR • Maringá/PR
2	• Piracicaba/SP • Araranguá/SC • Santa Maria/RS	• Teresópolis/RJ • Ivaí/PR
3	• Belo Horizonte/MG • Ponta Porã/MS • Porto Alegre/RS	• Florianópolis/SC • São Paulo/SP
4	• Luziânia/GO • Patrocínio/MG • Pirapora/MG	• Franca/SP • São Carlos/SP
5	• Gorv. Valadares/MG • Porto Murtinho/MS • Sorriso/MS	• Garanhuns/PE • Niterói/RJ
6	• Campo Grande/MS • Goiânia/GO • Presidente Prudente/ SP	• Montes Claros/MG • Irecê/BA
7	• Cuiába/MT • Teresina/PI • Palmas/TO	• Petrolina/PE • Paulo Afonso/BA
8	• Rio de Janeiro/RJ • Manaus/AM • Fortaleza/CE	• Corumba/MS • Salvador/BA

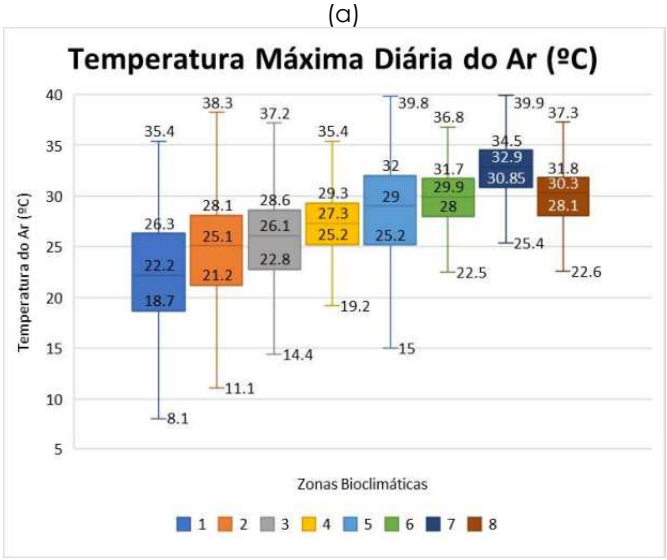
Fonte: Os autores

A partir desta amostra, foram identificados os percentis de frequência, por meio do gráfico *Box Plot*, de cada variável de classificação climática, conforme apresentados na Figura 3.

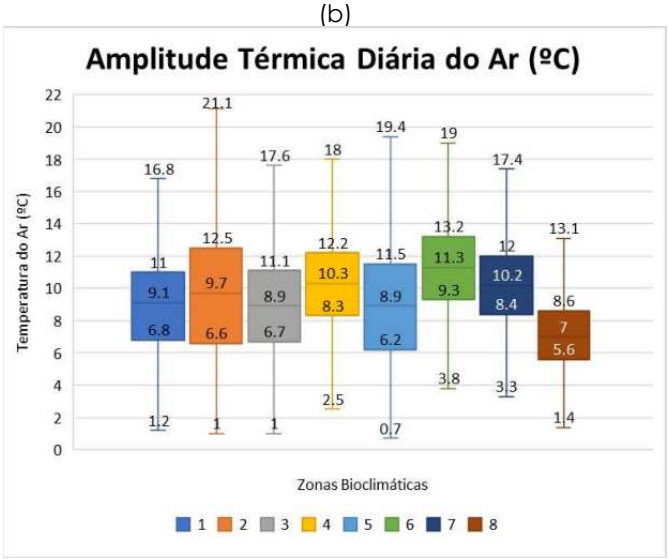
Figura 3 – Gráficos *Box Plot* para a identificação dos percentis de frequências das variáveis climáticas das 8 zonas bioclimáticas: (a)Temperatura Mínima; (b)Temperatura Máxima; (c) Amplitude Térmica; (d)Umidade Relativa; (e)Radiação Solar



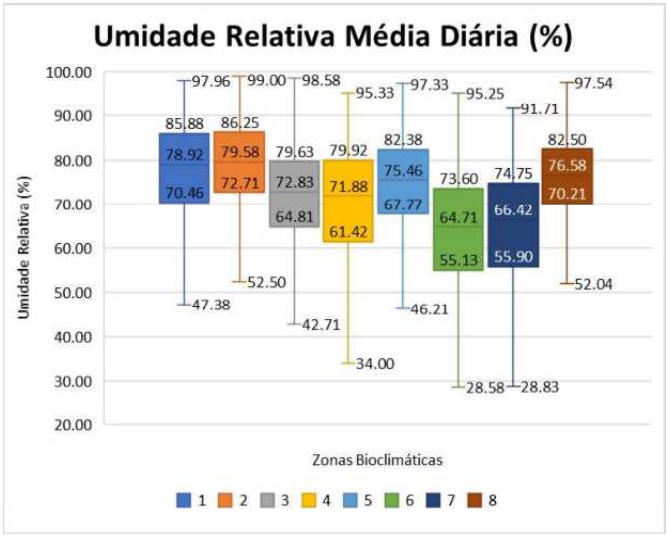
(a)



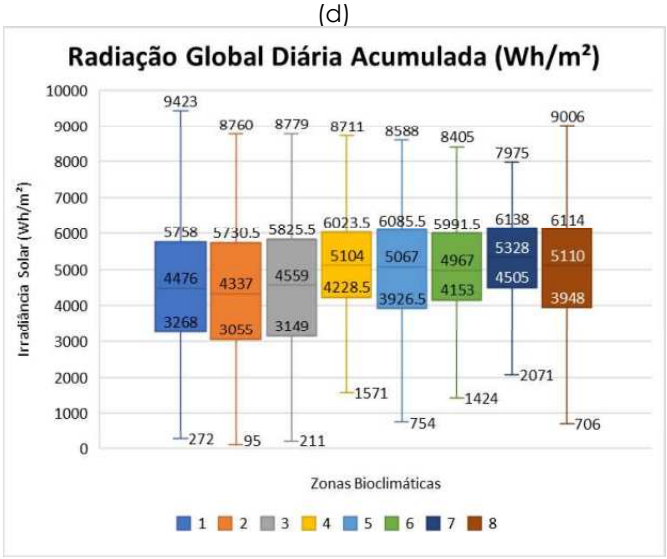
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Os autores

Para ilustrar o método proposto e as faixas de classificação, é apresenta uma aplicação para a zona bioclimática 4. A Tabela 1, mostra as faixas de classificação, a partir dos percentis de frequência identificados na Figura 3.

Tabela 1 – Faixas de classificação das variáveis climáticas para Zona Bioclimática 4

Zona Bioclimática 4					
Classe	**Variável Climática**				
	Temperatura do ar Mínima Diária (°C)	**Temperatura do ar Máxima Diária (°C)**	**Amplitude Térmica Diária do Ar (°C)**	**Umidade Relativa Média Diária (%)**	**Radiação Global Diária Acumulada (Wh/m²)**
1	≤15	≤25	≤8	≤60	≤4250
2	15<TMín<19	25<TMáx<29	8<AT<12	60<UR<80	4250<RS<6000
3	≥19	≥29	≥12	≥80	≥6000

Fonte: Os autores

Exemplificando um dia real de medição em campo (dia 23/07/2017, selecionado aleatoriamente), tomou-se os dados obtidos do INMET para o dia em Brasília-DF. Os dados e a respectiva Classificação Climática Diária são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação Climática Diária de Brasília-DF em 23/07/2017

Variável de Classificação Climática Diária	**Dado**	**Unidade**	**Faixa de Classificação**
Temperatura Mínima Diária do Ar	15,7	°C	2
Temperatura Máxima Diária do Ar	24,1	°C	1
Amplitude Térmica Diário do Ar	8,4	°C	2
Umidade Relativa Média	34,83	%	1
Radiação Global Acumulada	5747,2	Wh/m²	2
Estação:Brasília-DF -A001	Data:23/07/2017		
Classificação Climática Diária:2▪1▪2▪1▪2			

Fonte: Os autores

A Classificação Climática Diária CCD = 2▪1▪2▪1▪2, de acordo com as faixas de classificação da Tabela 1, representa um dia de temperatura máxima do ar e umidade relativa com intensidades mínimas (ver Quadro1); temperatura mínima, amplitude térmica diária e radiação global acumulada com intensidades médias.

Com base no estudo das variáveis climáticas em Brasília-DF, da série de 2001-2013 (ZANONI, 2015), julho é um mês com alta amplitude térmica; radiação global acumulada moderada; umidade relativa baixa; e temperaturas mínimas e máximas baixas. Apesar de a temperatura mínima e a amplitude térmica do dia analisado (23/07/2017) possuírem uma intensidade média, este dia é representativo do mês de julho. Uma característica preponderante do período seco, no qual o dia 23/07/2017 está inserido, é a baixa umidade relativa.

Conforme recomendado pela ISO 15686-7 (BS ISO, 2006), a realização de medições em campo deve ser acompanhada de uma caracterização das condições de exposição, dentre elas, as condições climáticas. Portanto, a classificação climática proposta permite uma fácil caracterização do clima, por meio de dados disponíveis nas estações meteorológicas, assim como a verificação da representatividade das medições realizadas em campo.

Esta proposta, em conjunto com as análises de sensibilidade das classes de classificação aplicadas ao sistema construtivo investigado, permite maior controle dos resultados das avaliações de desempenho por meio de medições de campo em condições climáticas diferentes dos Dias Típicos de Projeto da NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Conforme foi possível constatar no caso apresentado, a classificação proposta permitiu identificar se a medição foi realizada em um dia extremo ou em um dia representativo do período, e se as condições climáticas encontradas são relevantes à avaliação de desempenho do sistema. Por fim, ainda que tais condições de exposição não fossem representativas, a classificação dos dados viabiliza melhor a sua análise e interpretação.

4 CONCLUSÕES

O método proposto para a Classificação Climática Diária, com vistas à avaliação de desempenho em campo, para os estudos de fachada, é aplicável a qualquer dia real e Zona Bioclimática.

O método contribui para a caracterização das condições de exposição climáticas, procedimento essencial para a definição de ensaios e métodos de avaliação de desempenho que sofrem influência do clima.

A proposta apresentada consiste em 3 faixas de classificação. Porém, de acordo com o objetivo dos estudos, este número poderá ser alterado. Isto é, as faixas de classificação para os estudos de degradação podem diferenciar-se daquelas usadas para se avaliar o desempenho térmico, por exemplo, dependendo da escala de influência de cada agente climático, do seu impacto no sistema construtivo e dos resultados da análise de sensibilidade.

Para avaliar a representatividade e o número de faixas, é preciso avançar nos estudos para se obter, por meio da análise de sensibilidade, como os sistemas respondem às faixas de classificação. Neste sentido, pesquisas estão sendo conduzidas pelos autores que, por meio da simulação computacional, dão prosseguimento à elaboração de Perfis Higrotérmicos Diários, que caracterizam o comportamento do sistema de fachada ao longo de dias médios de referência, para validação de medições em campo.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15220-3:** Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais **–** Desempenho **–** Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. **Proposta de procedimentos para o tratamento de dados climáticos**. In: Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, p. 213-226, Florianópolis, 1991.

ALVARES, C.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONCALVES, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6. p.711**–**728. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, 2013.

BRITO, A. C.; SALES, E. M.; VITTORINO, F.; AQUILINO, M.; AKUTSU, M. **Necessidade de Revisão dos Métodos de Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações no Âmbito da Norma NBR 15575 e do SiNAT**. In: Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras. ANTAC, 2017.

BS ISO - BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS ISO 15686-7**: Buildings and constructed assets **—** Service life planning **—** Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice. London, 2006.

HAAGENRUD, S. **Factors Causing Degradation: Part II**. In: Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components. CIB Publication 295, p.1.2-104. CIB, Rotterdam, 2004.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel Edifica, 2013.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. ANTAC. São Carlos-SP, 2012.

WYPYCH, G. **Handbook of Material Weathering**. 5. ed. Toronto, 2013.

ZANONI, V. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasil. 2015.