ARQUIVOS CLIMÁTICOS DE BRASÍLIA DISPONÍVEIS NO CLIMATE ONE BUILDING PARA SIMULAÇÕES HIGROTÉRMICAS NO WUFI

Vanda Zanoni (1); Cinthia Cavalcante (2) Ariane Borges Barroso Moura (3)
(1) Doutora, docente do PPGFAU-UnB, vandazanoni@unb.br, Universidade de Brasília
(2) Graduanda da FAU-UnB, cinthia.alves@aluno.unb.br, Universidade de Brasília
(3) Graduanda da FAU-UnB, ariane.moura@aluno.unb.br, Universidade de Brasília

RESUMO
Os estudos higrotérmicos envolvem o transporte de calor e umidade na forma líquida e vapor. Nas simulações higrotérmicas computacionais, o arquivo climático fornece os dados de entrada para o processamento do desempenho do sistema construtivo. Esses dados de entrada devem ser representativos do local e das condições de exposição, uma vez que influenciam a estanqueidade da edificação, as temperaturas e os teores de umidade, que afetam o potencial de degradação dos elementos construtivos. Nesse contexto, é necessário verificar a qualidade das diferentes fontes de dados de entrada para obter resultados confiáveis nas simulações higrotérmicas. Portanto, o objetivo deste artigo é analisar os sete arquivos climáticos de Brasília disponíveis no repositório do site Climate One Building, comparando os valores do somatório anual da chuva dirigida (mm/a) em diversas orientações de fachada, obtidos por meio da leitura dos dados climáticos externos na simulação higrotérmica com o WUFI Pro® 6.5. Após a realização das análises comparativas entre os arquivos climáticos dos tipos TMY e TRY, foi constatado que o arquivo TRY não inclui informações sobre chuva dirigida e que existem diferenças significativas entre os diversos arquivos TMY disponíveis. Com base nessas constatações, é indicado o arquivo climático mais representativo para as simulações higrotérmicas em Brasília.

Palavras-chave: simulação higrotérmica, arquivo climático, chuva dirigida, umidade.

ABSTRACT
Hygrothermal studies involve the transport of heat and moisture in liquid and vapor forms. In computational hygrothermal simulations, the climate file provides input data for evaluating the performance of the building system. These input data must be representative of the location and the exposure conditions since they influence the building's airtightness, the temperatures, and the moisture contents, which in turn affect the potential for degradation of constructive elements. In this context, it is necessary to verify the quality of different input data sources to obtain reliable results in hygrothermal simulations. Therefore, the objective of this article is to analyze the seven climate files available for Brasília in the repository of the Climate One Building website, comparing the values of the annual sum of driving rain (mm/a) in various facade orientations, obtained by reading the external climatic data in the hygrothermal simulation with WUFI Pro® 6.5. After carrying out comparative analyzes of the TMY and TRY climate files, it was found that the TRY file does not include information on driving rain and that there are significant differences among the available TMY files. Based on these findings, the most representative climate file for hygrothermal simulations in Brasilia is indicated.

Keywords: hygrothermal simulation, climate file, driving rain, moisture.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos higrotérmicos envolvem o transporte de calor e massa (umidade na forma líquida e vapor). A chuva dirigida resultante da ação do vento sobre a precipitação incidente na envoltória edificada constitui-se como a principal fonte de umidade que causa danos e acelera os mecanismos de degradação atuantes na edificação.

No âmbito do comitê técnico ABNT/CB-002 - Construção Civil, está em andamento o Projeto de Estudo 002:135.007-003 - Desempenho higrotérmico de componentes e elementos de construção – Temperatura da superfície interna para evitar umidade superficial crítica e condensação intersticial – Métodos de Cálculo. As condições de exposição e as características do sistema construtivo são determinantes na temperatura da superfície interna e da umidade relativa do componente ou elemento de construção, podendo induzir ao crescimento de mofo. Interessa, também, avaliar o risco de condensação.

O comportamento da chuva dirigida em relação à cada orientação de fachada vai afetar os processos de molhagem e secagem dos componentes, além dos teores de água líquida e vapor, que comprometem a durabilidade e a habitabilidade. Entre as relações de causa e efeito que envolvem a ação da umidade destacam-se: movimentações higroscópicas, condensações superficiais ou intersticiais, processo corrosivo, fissuras, descolamento, eflorescência, manchas, desbotamento, degradação biológica, entre outros. A chuva dirigida como fonte de umidade na fachada influencia o fluxo de calor e as temperaturas superficiais das paredes (ZANONI et al. 2018; BRITO; BELIZARIO-SILVA, 2022).

Morishita et al. (2020) elaboraram um método com indicadores de chuva dirigida baseado no clima. O estudo aplicado no Brasil mostra a relevância das fontes de umidade, indicando alto potencial de risco de umidade em edifícios. Os mapas plotados escalam a sobreposição de áreas densamente povoadas e áreas de alto risco climático de umidade que podem causar condensação e crescimento de fungos.

Os processos que envolvem fenômenos simultâneos de transporte de calor e massa são complexos e de natureza multidimensional (SANTOS, 2009). Segundo Mendes (1997), nas paredes das edificações, os gradientes de temperatura e umidade e os fenômenos de transferência de calor e umidade ocorrem simultaneamente e são altamente interdependentes. Como os processos que envolvem a degradação de fachadas são complexos devido à sinergia entre os agentes de degradação, nem sempre é possível estudá-los somente no ambiente controlado do laboratório de ensaios. Por isso, as simulações computacionais, assim como as medições em campo e as experimentações laboratoriais, devem ser complementares, tornando-se um conjunto de recursos necessários para que se amplie a compreensão dos fenômenos de degradação e as variáveis envolvidas.

No Brasil, não são encontrados critérios que padronizem as simulações higrotérmicas ou parâmetros que amparem projetos e procedimentos que visem o controle da umidade. Por essas razões, é crescente o interesse em estabelecer referenciais normativos brasileiros para fundamentar os estudos higrotérmicos dos sistemas construtivos por meio de simulação computacional.

Nas simulações higrotérmicas computacionais, o arquivo climático fornece os dados de entrada para alimentar o processamento do desempenho do sistema construtivo. Nesse caso, o arquivo climático deve ser representativo do local, garantindo que as condições de exposição possam ser identificadas e caracterizadas, ao analisar a sua influência no comportamento e estanqueidade da edificação. No entanto, segundo Bre, Machado, Lawrie et al. (2021) poucos estudos abordam a influência da qualidade de diferentes fontes de dados do clima nos resultados da simulação do desempenho dos edifícios.

Por essas razões, este artigo aborda a qualidade dos arquivos climáticos para simulação higrotérmica em Brasília, verificando a representatividade dos dados de chuva dirigida. No Brasil, enquanto muitas pesquisas focam o desempenho termo energético que já apresenta uma consistente base referencial e normativa, os estudos higrotérmicos iniciam-se, mobilizando vários grupos de pesquisa que já possuem trabalhos em desenvolvimento nessa temática.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar os arquivos climáticos de Brasília disponibilizados no repositório do site Climate One Building, a partir da comparação entre valores do somatório anual da chuva dirigida (mm/a) nas diversas orientações de fachada, obtidos pela leitura dos dados do clima exterior na simulação higrotérmica com o WUFI Pro® 6.5.

3. MÉTODO

O portal Climate One Building (https://climate.onebuilding.org/), criado por Dru Crawley e Linda Lawrie, foi projetado como um repositório de arquivos climáticos de acesso gratuito para simulação computacional. Entre os diversos formatos de arquivos disponibilizados para várias localidades no mundo, foram selecionados os arquivos climáticos de Brasília, conforme a listagem apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Denominação dos arquivos climáticos da cidade de Brasília - Distrito Federal disponibilizados na plataforma Climate One Building.

BRA_DF_Brasilia.867150_INMET.zip
BRA_DF_Brasilia.867150_TMYx.2007-2021.zip
BRA_DF_Brasilia.867150_TMYx.zip
BRA_DF_Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TMYx.zip
BRA_DF_Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TMYx.2004-2018.zip
BRA_DF_Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TMYx.2007-2021.zip
BRA_DF_Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TRY.1962.zip

Fonte: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html#IDDF_Distrito_Federal-

Os arquivos climáticos de Brasília foram derivados principalmente da base de dados meteorológicos registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. No Brasil, o INMET se constitui como uma das mais importantes bases de dados obtidos por medições em estações de superfície. Em Brasília, o INMET possui duas estações meteorológicas convencionais e uma estação meteorológica automática, funcionando simultaneamente. São elas:

- Estação meteorológica convencional - Código 83377: longitude 47,92ºW; latitude 15,78ºS; altitude 1159,54m. Local: Bairro Sudoeste, Brasília-DF;
- Estação meteorológica convencional - o Código 83378: longitude 47,92ºW; latitude 15,87ºS; altitude 1060m. Local: Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, Brasília-DF;
- Estação meteorológica automática A001 - Código 86715: longitude 47,92ºW; latitude 15,78ºS; altitude 1161m. Bairro Sudoeste.

As pastas .zip disponibilizadas no Climate One Building contém arquivos climáticos em diversos formatos e são de acesso livre. Entre eles, para esta pesquisa, foram selecionados os arquivos listados no Quadro 1 no formato EPW (EnergyPlus Weather Format) que podem ser lidos pelo WUFI Pro®.

3.1. Arquivos climáticos oriundos dos dados históricos da Estação Automática A001 - Código 86715

A estação meteorológica automática A001 - Código 86715 é a primeira estação automática no Brasil a coletar dados horários pelo INMET e entrou em funcionamento em maio de 2000. O arquivo Brasilia.867150_INMET.epw refere-se ao conjunto de dados derivados da estação automática A001 – código 86715 do INMET, abrangendo os dados horários coletados desde o ano 2000 até 31/03/2023. Esses dados históricos anuais são fornecidos pelo INMET e podem ser acessados separadamente ano a ano no portal (https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos).

Os arquivos do tipo TMY são representativos de um conjunto de dados composto por uma série histórica na qual são excluídos os valores extremos e se obtém um ano com os meses de dados reais médios das variações climáticas do local. Em 2012, Roriz organizou um conjunto de arquivos climáticos TMY que foram disponibilizados como arquivos da base EPW-ANTAC (RORIZ, 2012). Para o arquivo climático TMY para Brasília, Roriz (2012) utilizou 10 anos de dados horários (2001 a 2010) medidos pelo INMET. Esse arquivo é identificado pelos utilizadores como INMET 2012.

Em 2016, Scheller, Melo e Lamberts publicaram um relatório onde analisam os arquivos climáticos para a simulação do desempenho energético de edificações e, mediante a identificação das imprecisões nas variáveis irradiância global horizontal e temperatura de bulbo seco nos arquivos climáticos TMY INMET 2012, foram realizadas as correções necessárias que geraram os arquivos climáticos TMY INMET 2016. As sugestões de alterações nessas variáveis foram realizadas pela equipe do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (Labeee) juntamente com Crawley e Lawrie (http://climate.onebuilding.org/). Em 2018, os pesquisadores (https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2018) realizaram correções no cálculo da nebulosidade e tais arquivos climáticos passaram a ser identificados como TMY INMET 2018.

Segundo Bre, Machado, Lawrie et al. (2021), o conjunto de arquivos em formato EPW foi gerado por Roriz (2012), a partir dos dados brutos horários medidos em 411 estações meteorológicas automáticas do INMET durante 11 anos de registro (2000-2010). Muitas cidades possuíam grandes períodos de dados

ausentes, dados nulos ou discrepantes que foram descartados pela baixa qualidade. Tais fatos limitaram a geração adequada de TMY para a maioria das localidades, levando à confecção de anos climáticos do tipo TMY derivados de um curto período de registro (três a quatro anos), resultando em um conjunto de dados com representatividade muito baixa de padrões climáticos de longo prazo.

Para Brasília, consta no arquivo da base EPW-ANTAC (RORIZ; 2012) todo o período dos dados horários de 2000-2010. Zanoni (2015) avaliou a qualidade dos dados brutos do período 2000-2013 registrados pelo INMET pela estação A001 em Brasília. Com exceção da Radiação Global Horizontal que apresentou cerca de 10% de dados nulos, a quantidade de dados nulos registrados para as variáveis meteorológicas ficou abaixo de 5% (4,28% para o vento-velocidade; 4,28% para o vento-direção e 3,8% para a precipitação). Em geral, os três primeiros anos de dados horários coletados em Brasília apresentaram problemas, mas após sanados, manteve-se um bom percentual de dados aproveitados.

Os arquivos climáticos do tipo TMYx foram criados pelos autores do Climate One Building (CRAWLEY; LAWRIE, 2020), aplicando o método normatizado pela ISO 15927-4:2005. Quando o tipo de arquivo TMY é acompanhado pelo x (TMYx), isso significa que foram usados anos meteorológicos típicos derivados da base Dados Integrados de Superfície (US NOAA's Integrated Surface - ISD), com dados horários de 2004 até 2018. Além do TMYx de longo prazo (Brasilia.867150_TMYx.epw), oriundo de todo o banco de dados ISD, também estão acessíveis os TMYx derivados dos dados disponíveis e processados nos últimos 15 anos (Brasilia.867150_TMYx.2007-2021.epw).

3.2. Arquivos climáticos oriundos dos dados históricos da Estação Convencional - Código 83378

Os arquivos para Brasília com código é 83378, disponíveis do Climate One Building, foram derivados de dados da estação convencional que se localiza no Aeroporto Internacional de Brasília. Os arquivos mencionados são do tipo TMY- Typical Meteorological Year e, além deles, há um arquivo climático TRY - Test Reference Year, cujo ano de referência para a cidade de Brasília é 1962, com dados registrados pela estação convencional de superfície, localizada no aeroporto.

Um arquivo climático do tipo *Test Reference Year* – TRY (Ano Climático de Referência) deve ser obtido de uma série histórica de 30 anos para selecionar um ano de referência, resultante de uma metodologia baseada na eliminação de anos que contém temperaturas médias mensais extremas (altas e baixas), apresentando um ano de dados meteorológicos médios (GOULART, 1997). Visando aos estudos de projetos e avaliações energéticas de edificações, Goulart et al. (1998) organizaram arquivos climáticos do tipo TRY (Test Reference Year) para 14 cidades brasileiras, com dados horários do período 1961-1970.

Carlo e Lamberts (2005), com vistas ao processamento de arquivos climáticos para simulação de desempenho energético de edificações, realizaram uma revisão e correção de dados dos arquivos climáticos TRY, inserindo dados de radiação e compilando arquivos em formatos para consultas compatíveis com os dois programas computacionais de simulação de desempenho térmico, o DOE 2.1-E e o EnergyPlus. Como não havia arquivos de dados horários medidos de irradiância solar, os autores recorreram aos métodos de cálculo para estimar os valores de irradiação solar global horizontal horária (CARLO; LAMBERTS, 2005).

Segundo Bre, Machado, Lawrie et al. (2021), o arquivo climático Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TRY.1962 (Figura 2) foi derivado de uma série de dados brutos fornecidos pela ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento) junto com CTA/IAE INFRAERO (Centro Técnico Aeroespacial - Instituto de Aeronáutica e Space). Na confecção do TRY foram utilizados os dados brutos medidos em aeroportos durante 1950-1970. Coube ao LabEEE revisar e formatar esse conjunto de dados que deu origem ao TRY_1962. Os autores consideram que o banco de dados utilizado possui baixa representatividade devido à sua pequena extensão geográfica, além da incerteza da fonte de radiação solar e idade dos dados.

3.2. Arquivos climáticos como dados de entrada da simulação higrotérmica

O WUFI Pro® (*Wärme-und Feuchtetransport Instationär – Transient Heat and Moisture Transport*) é uma ferramenta de cálculos computacionais desenvolvida pelo Fraunhofer Institute for Building Physics (FAUNHOFER IBP, 2018). Esse programa apresenta um modelo unidirecional para os estudos do transporte de calor e de massa e atende às exigências da DIN EN15026:2007 *Hygrothermal performance of Building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation* (DIN, 2007).

Para a simulação higrotérmica computacional é necessário alimentar os dados de entrada do programa WUFI Pro® (versão 6.5) com um arquivo de dados horários, contabilizando as 8760 horas de um ano climático representativo do local. Ao ler os dados do arquivo climático, o WUFI gera uma tela com uma

análise do clima exterior, representando graficamente o somatório anual da radiação solar (kWh/m^{2}a) e o somatório anual da chuva dirigida (mm/a), além dos valores médios anuais das temperaturas, do índice de nebulosidade, das umidades relativas do ar, da velocidade do vento e da precipitação.

A distribuição anual do somatório da Radiação Solar (kWh/m^{2}a) do arquivo climático é representada no gráfico por meio de uma escala de cor. A cor vermelha indica a Radiação Solar menos intensa que varia até a cor verde para mostrar as maiores intensidades de radiação incidente na envoltória da edificação para todas as orientações de fachada. O gráfico da chuva dirigida (mm/a) mostra o somatório anual em cada orientação de fachada.

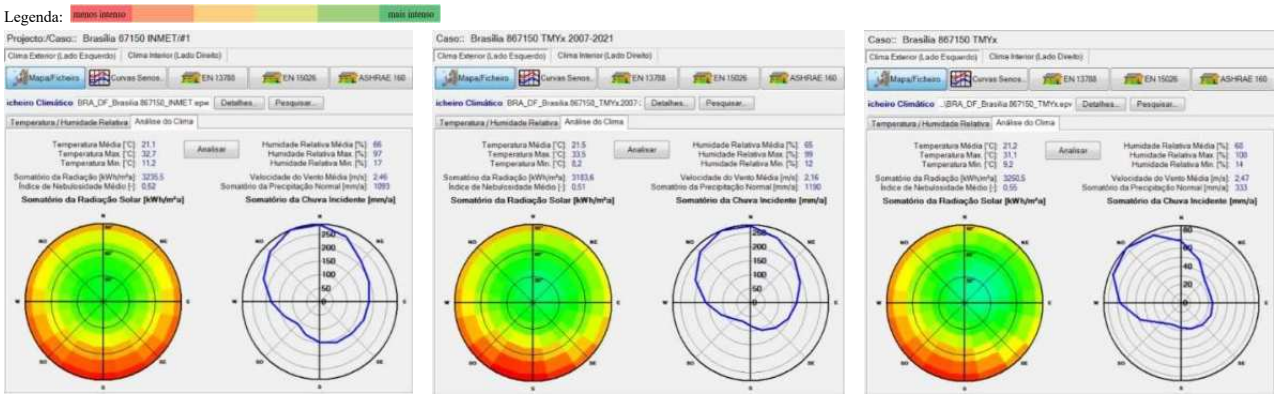
Para a discussão da qualidade dos arquivos climáticos foram analisados comparativamente os gráficos, considerando os seguintes pontos de análises: somatório anual da precipitação (mm/a), distribuição e intensidade da chuva dirigida em cada orientação de fachada.

4. RESULTADOS

Esta seção apresenta a análise efetuada nos arquivos climáticos para Brasília (ver Quadro 1) agrupada por tipo de estação. Para a discussão da qualidade dos arquivos, são apresentados os gráficos gerados pelo programa de simulação higrotérmica WUFI Pro®. Cada uma das telas representa a leitura dos dados de cada um dos arquivos climáticos analisados.

4.1. Resultados obtidos com os dados históricos da Estação Automática A001 - Código 86715

A Figura 1 mostra os três diferentes anos meteorológicos típicos (TMY) para Brasília, com os respectivos somatórios anuais da chuva dirigida (mm/a) e a distribuição anual do somatório da Radiação Solar (kWh/m^{2}a), obtidos na simulação higrotérmica no WUFI Pro®.



A) Brasilia.867150_INMET.epw B) Brasilia.867150_TMYx.2007-2021.epw C) Brasilia.867150_TMYx.epw

Figura 1 – Distribuição anual do somatório da radiação (kWh/m^{2}a) e da chuva dirigida (mm/a) para Brasília-DF, obtida dos arquivos climáticos da Estação Automática A001 - Código 86715. Fonte: simulação higrotérmica no WUFI Pro 6.5®.

Com base na Figura 1, discute-se a qualidade dos arquivos para uso nas simulações computacionais higrotérmicas. Nesse sentido, são apresentados os seguintes pontos de análises:

- Zanoni (2015) calculou a intensidade da chuva dirigida com dados da série 2001-2013 registrados pelo INMET na estação automática A001 e obteve um resultado fortemente correspondente com o gráfico da Figura 1.B obtido no WUFI, a partir da leitura do ano climático Brasilia.867150_TMYx.2007-2021 que, por sua vez, mantém uma similaridade de comportamento e intensidade com o resultado obtido quando aplicado o Brasilia.867150_INMET (derivados do conjunto de dados completos).
- Bre, Machado e Lawrie et al. (2021) sugerem que o arquivo climático mais representativo dos padrões climáticos típicos para uso em simulação do desempenho termo energético das edificações são os do tipo TMY derivados do conjunto de dados completo. Por outro lado, os autores obtiveram melhores resultados nos casos estudados quando aplicaram os arquivos TMYx, por apresentarem dados mais recentes. No entanto, ao observar a Figura 1.C resultante das simulações higrotérmicas no WUFI, o arquivo climático Brasilia.867150_TMYx.epw não é representativo, visto que os dados não correspondem ao somatório anual de chuva dirigida esperado para a cidade de Brasília. Ao leitor, cabe observar que, neste caso, o gráfico mostra uma variação de 0 a 80 mm/a nas diferentes orientação de fachada, enquanto os outros gráficos variam de 0 a 300 mm/a. Tal fato reforça a diferença significativa da precipitação entre os arquivos.

- Os autores do Climate One Building, criadores dos arquivos TMYx, utilizaram, além dos dados do INMET, outros dados oriundos de diversas fontes, inclusive de satélites obtidos pelo NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) para o Banco de Dados Integrados de Superfície - ISD (US NOAA's Integrated Surface Database). Os modelos para a determinação da variável radiação solar também foram aprimorados e atualizados. Dessa forma, os meses reais selecionados podem apresentar qualidade para algumas variáveis meteorológicas, mas não serem representativos para outras, explicando a discrepância entre os arquivos, mesmo que confeccionados pela mesma metodologia. Verifica-se que o somatório da chuva dirigida diferenças tão significativas entre os TMYx (que usam a base de dados completa) e os TMYx.2007-2021 (que usam os dados dos últimos 15 anos).

4.2. Resultados obtidos com os dados da Estação Convencional - Código 83378

Conforme observado na Figura 2, o Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TRY.1962 não possui dados do somatório de precipitação e o gráfico que representa o comportamento anual da chuva dirigida está vazio. Portanto, esse arquivo climático não permite ao programa computacional higrotérmico WUFI computar a variável chuva dirigida como fonte de umidade.

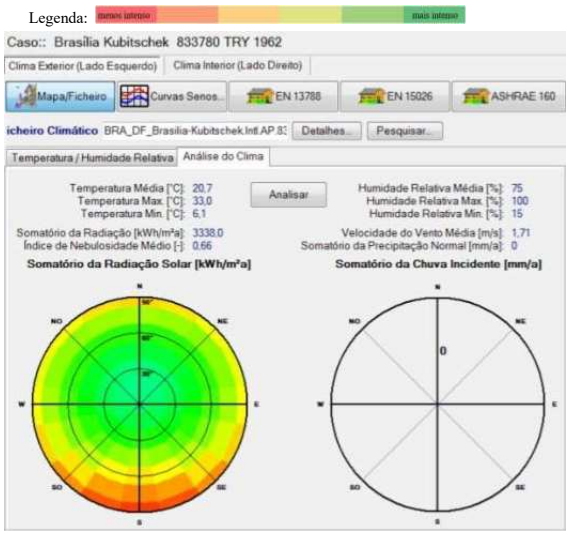


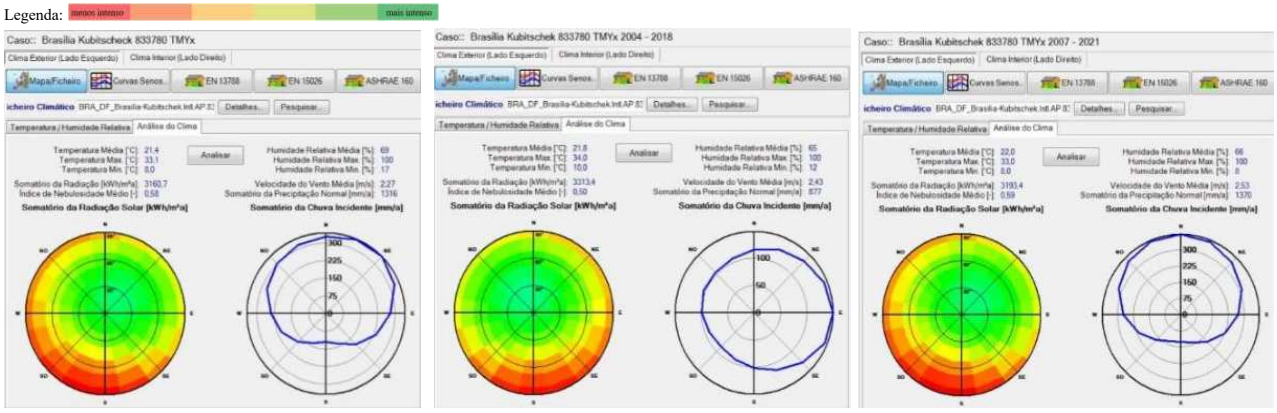
Figura 2 - Arquivo climático Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TRY.1962.epw: distribuição anual do somatório da radiação (kWh/m^{2}a) e da chuva dirigida (mm/a) para Brasília-DF. Fonte: simulação higrotérmica no WUFI Pro® 6.5.

Com base na Figura 2, discute-se a qualidade do arquivo para uso nas simulações computacionais higrotérmicas. Nesse sentido, são apresentados os seguintes pontos de análises:

- Para o programa WUFI calcular a chuva dirigida nas simulações higrotérmicas é preciso que as variáveis precipitação e vento (velocidade e direção) sejam dados de entrada. O arquivo climático Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TRY.1962.epw disponibilizado no Climate One Building não apresenta o somatório da chuva dirigida incidente nas orientações cardeais e colaterais.
- Para selecionar o TRY1962, foram utilizados os dados brutos medidos em aeroportos durante 1950-1970 (GOULART et al.;1998). No entanto, salienta-se que o INMET disponibiliza a série histórica com 30 anos de dados coletados em estação convencional (1961-1990) e, considerando possíveis atualizações, a série de dados do período 1991-2020 pode ser obtida.
- O arquivo climático TRY apresentado pelos autores do Climate One Building, cujo código da estação é 83378, pode induzir ao entendimento de uma suposta atualização, com base na última série histórica (1991-2020) com 30 anos de registro de dados. Inclusive, caso haja uma atualização do TRY, os dados de chuva dirigida deverão ser incluídos, visto que os outros arquivos climáticos derivados dos dados obtidos na estação do Aeroporto Brasília-Kubitschek possuem os somatórios de chuva dirigida incidente nas diversas orientações.

A Figura 3 mostra a leitura de três arquivos de clima exterior derivados do conjunto de dados registrados na estação convencional de superfície do Aeroporto Juscelino Kubitschek, aplicando o método normatizado pela ISO 15927-4:2005. Os resultados da simulação higrotérmica no WUFI Pro® 6.5

representam graficamente o comportamento do somatório anual da radiação (kWh/m^{2}a) e da chuva dirigida (mm/a).



A) Brasilia-Kubitschek.Intl.AP. 833780_TMYx.epw

B) Brasilia-Kubitschek.Intl.AP. 833780_TMYx.2004-2018. epw

C) Brasilia-Kubitschek.Intl.AP. 833780_TMYx.2007-2021. epw

Figura 3 - Distribuição anual do somatório da radiação (kWh/m^{2}a) e da chuva dirigida (mm/a) para Brasília-DF, obtida dos arquivos climáticos da Estação Convencional - Código 83378. Fonte: simulação higrotérmica no WUFI Pro® 6.5.

Com base na Figura 3, discute-se a qualidade dos arquivos para uso nas simulações computacionais higrotérmicas. Nesse sentido, são apresentados os seguintes pontos de análises:

- O arquivo Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TMYx.epw (Figura 3.A) mostra similaridade no comportamento dos dados quando comparado com os 15 anos de dados do arquivo Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TMYx.2007-2021.epw. No entanto, ambos os arquivos citados diferem significativamente, tanto no comportamento como na escala dos dados, do arquivo Brasilia-Kubitschek.Intl.AP.833780_TMYx.2004-2018.epw.
- Observa-se que o TMYx.2004-2018 apresenta-se muito discrepante quando comparado com os arquivos TMYx.2007-2021 e TMYx de todo o período. Observa-se que a discrepância do arquivo TMYx.2004-2018 está tanto na direção dos ventos como na intensidade da precipitação. A direção dos ventos altera o comportamento da chuva dirigida, além de gerar um gráfico radar de chuva dirigida variando de 0 a 150, enquanto os outros dois arquivos variam de 0 a 350.

5. CONCLUSÕES

Ao analisar os arquivos climáticos de Brasília disponibilizados no repositório do site Climate One Building, verificou-se que existem diferenças entre eles, principalmente considerando os diferentes tipos de arquivo, forma de medição dos dados, períodos de registro e localização da estação. Em especial, as diferenças significativas do comportamento da chuva dirigida foi a variável analisada entre os arquivos. Para as simulações higrotérmicas, importa que o arquivo climático contemple as variáveis precipitação e vento (velocidade e direção) para gerar a variável chuva dirigida, obtida por meio de métodos semiempíricos, a exemplo do método proposto na ASHRAE 160 (ANSI/ASHRAE, 2016).

Para as simulações higrotérmicas que consideram a influência da chuva dirigida, os arquivos do tipo TMY são mais confiáveis que os arquivos TRY. Após a comparação entre os arquivo climáticos, conclui-se que o ano climático típico (Brasilia.867150_TMYx.2007-2021.epw) guarda similaridade com o arquivo de dados completos registrados pelo INMET (Brasilia.867150_INMET.epw) e, portanto, indicados para as simulações higrotérmicas.

Os arquivos climáticos do tipo TMY são mais representativos para as simulações higrotérmicas por selecionarem meses reais representativos da condição local. No entanto, nem sempre os meses selecionados são devidamente representativos tanto para a radiação solar, cobertura de nuvens e temperaturas, como para as variáveis precipitação, vento, umidade relativa e pressão atmosférica. De alguma forma, a composição do ano meteorológico típico deve atender aos objetivos das simulações termo energéticas e, também, considerar as simulações higrotérmicas.

Por isso, a partir da comparação entre os valores do somatório anual da chuva dirigida (mm/a), recomenda-se que as simulações higrotérmicas com o WUFI Pro® 6.5 sejam efetuadas utilizando o arquivo climático Brasilia.867150_INMET.epw. No entanto, considerando a possibilidade de atualizações propostas pelos autores do repositório Climate One Building, os novos arquivos TMY derivados de séries históricas

mais recentes de dados medidos podem ser a melhor opção, desde que compatíveis com o comportamento da chuva dirigida medida para a cidade de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 160** - Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. Atlanta, 2016.

BRE, F.; MACHADO, R. M.S.; LAWRIE, L. K.; CRAWLEY, D. B.; LAMBERTS, R. Assessment of solar radiation data quality in typical meteorological years and its influence on the building performance simulation. **Energy & Buildings** 250, p. 111251, 2021. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111251

BRITO, A. C.; BELIZARIO-SILVA, F. Análise de sensibilidade do comportamento higrotérmico de paredes com diferentes tipos de concreto. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTECONSTRUÍDO,** 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-14.

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

CRAWLEY, D. B.; LAWRIE, L. K. **Development of Global Typical Meteorological Years (TMYx).** Climate. One Building.Org, 2020. Disponível em: http://climateonebuilding.org. Acesso em abril de 2021.

DIN EN-15026:2007– **Hygrothermal performance of Building components and building elements** – Assessment of moisture transfer by numerical simulation, 2007.

FRAUNHOFER IBP - INSTITUTE FOR BUILDING PHYSICS. **WUFI Pro 6.5.** Holzkirchen, Germany, 2018.

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

ISO 15927-4:2005 **Hygrothermal performance of buildings** – Calculation and presentation of climatic data - Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling, International Organization for Standardization, 2005.

MENDES, N. **Modelos para Previsão da Transferência de Calor e de Umidade em Elementos Porosos de Edificações**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

MORISHITA, C.; BERGER, J.; MENDES, N.Weather-based indicators for analysis of moisture risks in buildings. **Science of the Total Environment**, 709, p. 1348500, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134850

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. [S.l.]. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2012.

SANTOS, G. H. **Transferência de calor, ar e umidade através de elementos porosos de edificações**. Tese (Doutorado). Orientador Paulo C. Philippi; Coorientador Nathan Mendes. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

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.

ZANONI, V. A.G.; SANCHEZ, J. M.M.; BAUER, E. Métodos para quantificação de chuva dirigida incidente nas fachadas das edificações. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 122-132, jun. 2018.

ZANONI, V.A.G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade de Brasília e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pelos recursos financeiros aplicados nas bolsas de auxílio à Iniciação Científica.