INFLUÊNCIA DA OSCILAÇÃO DE TEMPERATURA SOBRE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS EM CAMPO GRANDE-MS

J. SOUSA
Acadêmica de Engenharia Civil
Centro Universitário Euro Americano
Distrito Federal; Brasil
jecianesousa20@gmail.com

R. LUCENAS
Acadêmica de Engenharia Civil
Centro Universitário Euro Americano
Distrito Federal; Brasil
raynnaralucenas1511@gmail.com

M. NASCIMENTO
Engenheiro Civil, Me.
Centro Universitário Euro Americano
Distrito Federal; Brasil
leoni.matheus@gmail.com

S. FERREIRA
Engenheira Civil, Esp.
Centro Universitário Euro Americano
Distrito Federal; Brasil
sirlane.ferreira@unieuro.com.br

RESUMO

Os edifícios estão continuamente sob a influência climática do meio em que estão inseridos, podendo sofrer com a incidência dos agentes de degradação externos, que podem ocasionar a perda de desempenho e redução de vida útil dos mesmos. Deste modo, se faz necessária a devida análise da incidência de tais agentes sobre a edificação, principalmente sobre as fachadas, por serem as áreas que tem o primeiro contato com estes agentes climáticos. O monitoramento e mensuração desta influência permite prever o comportamento em uso dos edifícios e auxilia na elaboração de efetivos planos de manutenção, de forma a amenizar estas ações de degradação sobre as fachadas. Desta forma, o presente artigo teve por objetivo realizar a quantificação dos agentes climáticos: radiação e amplitude térmica para um edifício localizado em Campo Grande-MS. Esta quantificação se deu através do *software* WUFI® Pro 6.1, que realiza simulações higrotérmicas por meio da relação de parâmetros de temperatura e umidade, possibilitando assim a correlação dos resultados obtidos com o surgimento de manifestações patológicas. Os resultados apontaram as fachadas Norte e Oeste como as mais influenciadas pela radiação solar, já para a amplitude térmica foram apontadas as orientações Oeste e Norte, respectivamente, sendo tais incidências responsáveis pelo possível surgimento de anomalias em edificações. O conhecimento destas informações se torna uma ferramenta poderosa na elaboração de projetos e planos de manutenção, capazes de amenizar os efeitos de desgaste provenientes do meio, garantindo conforto aos usuários e bom desempenho da edificação.
Palavras-chave: Desempenho. Fachadas. Patologia. Simulação. Higrotérmica.

ABSTRACT

Buildings are continuously under the influence of the environment in which they are inserted, and may suffer from the incidence of external degradation agents, which may lead to loss of performance and reduction of their useful life. Thus, it is necessary to properly analyze the incidence of such agents on the building, especially on the façades, as the areas that will have the first contact with these climatic agents. The monitoring and measurement of this influence allows to predict the behavior in use of the buildings and helps in the elaboration of effective plans of maintenance, in order to soften these actions of degradation on the façades. In this way, the present article aimed to quantify the climatic agents: radiation and thermal amplitude for a building located in Campo Grande-MS. This quantification was performed using the WUFI® Pro 6.1 software, which performs hygrothermal simulations through the relation of parameters of temperature and humidity, thus enabling the correlation of the results obtained with the appearance of pathological manifestations. The results indicated the North and West façades as the most influenced by the solar radiation, whereas for the thermal amplitude the West and North orientations were pointed out, respectively, and such incidences are responsible for the possible appearance of anomalies in buildings. The knowledge of this information becomes a powerful tool in the elaboration of projects and maintenance plans, capable of

softening the effects of wear coming from the environment, guaranteeing comfort to the users and good performance of the building.
Keywords: Performance. Facades. Pathologies. Simulation. Hygrothermal.

1. INTRODUÇÃO

As fachadas das edificações localizadas em Mato Grosso do Sul, são em sua maioria de revestimentos argamassados e cerâmicos, podendo ser encontradas também a combinação destes dois elementos. Campo Grande, está localizada na região central do estado e se encontra numa zona de transição climática, na qual diversas massas de ar poderão causar movimentações dimensionais na interface dos materiais constituintes do revestimento externo, tornando propicio o surgimento de manifestações patológicas nos mesmos.

Assim, o processo de deterioração dos elementos da fachada esta relacionado com diversos fatores, dentre eles, dedica-se atenção especial para os de origem climática e para os relacionados com os materiais, uso e manutenção do elemento construtivo, que dependendo da gravidade poderão afetar os parâmetros de desempenho, durabilidade e vida útil estimados para a edificação (ZANONI, 2015).

Neste contexto, de acordo com a ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013) desempenho é definido como o comportamento desenvolvido pela edificação e seus sistemas enquanto utilizados, ou seja, as condições mínimas de habitabilidade para que os usuários possam utilizá-la por um período de tempo determinado. O conceito de durabilidade está associado com a capacidade da edificação e seus sistemas de desempenhar as suas funções perante os requisitos de uso e manutenção especificados. E a vida útil, segundo esta mesma norma, corresponde ao período de tempo em que a edificação e seus sistemas atendem as finalidades para qual foram projetadas respeitando-se os níveis de desempenho previstos.

Assim, uma vez que os critérios de desempenho, durabilidade e vida útil não são observados, a edificação poderá sofrer com a ação cíclica dos agentes climáticos de degradação (BAUER, 1987). Para este estudo, destaca-se a temperatura como um dos agentes mais relevantes na variação física e química dos materiais de construção. Os revestimentos argamassados, por serem mais porosos, estão mais vulneráveis a absorção de umidade e calor, que provocam variações higrotérmicas em seus componentes, ocasionando assim o surgimento de manifestações patológicas (AGOSTINHO et al,2016).

Para avaliar a degradação das fachadas, quantificou-se a incidência dos agentes radiação, chuva dirigida e amplitude térmica. Sendo este último o foco principal deste estudo, pois são as variações de temperatura que provocam dilatações térmicas prejudiciais a estrutura (SILVA, 2014). Esta quantificação foi realizada por meio de um programa computacional denominado Wufi Pro 6.1. Com este *software* foram realizadas simulações higrotérmicas e a partir dos dados obtidos, foi possível analisar os agentes de degradação e relacioná-los com o comportamento das fachadas mediante as condições de exposição.

Em virtude dos aspectos mencionados, este estudo tem o objetivo de analisar por meio da Simulação Higrotérmica o comportamento de um sistema de revestimento argamassado sobre a influência da variação de temperatura para a cidade de Campo Grande-MS.

2. METODOLOGIA

O presente estudo utilizou a ferramenta computacional WUFI® Pro 6.1, desenvolvida na Alemanha pelo FraunhoferInstitute for BuildingPhysics (IBP), na mensuração dos agentes climáticos de degradação que incidem sobre o envelope construtivo das edificações, relacionando tais resultados com o possível surgimento de anomalias nas fachadas.

Este *software* possui um banco de dados onde constam materiais de diferentes partes do mundo, permitindo ao usuário definir seu sistema, de forma a reproduzir ao máximo a realidade da envoltória da sua edificação. Por meio da realização de uma simulação higrotérmica, relacionou-se parâmetros de umidade, temperatura e outras variáveis, com o objetivo de observar o comportamento de um sistema argamassado com valores distintos de absortância, focando-se nos resultados referentes ao fenômeno de amplitude térmica e sua ação sobre os revestimentos das fachadas de orientação Norte, Sul, Leste e Oeste.

A área de investigação é a região metropolitana de Campo Grande-MS, que por sua posição geográfica, se encontra em uma zona de transição climática, podendo ocasionar diferentes solicitações aos materiais constituintes do sistema de vedação vertical.

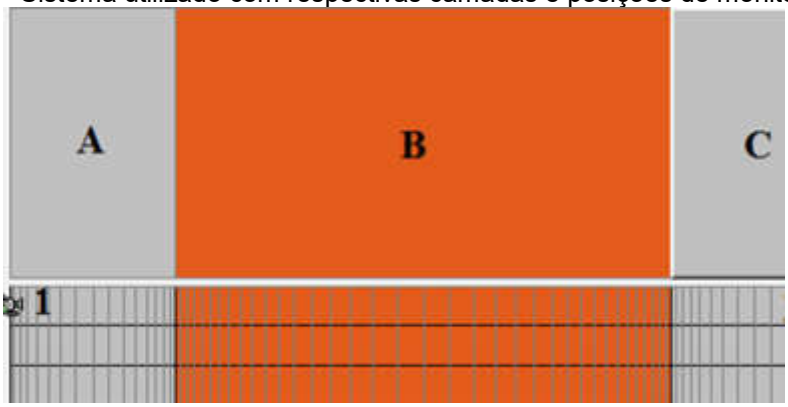
2.1. Características do sistema construtivo adotado

O sistema adotado foi uma vedação vertical em bloco cerâmico vazado, com acabamento interno e externo em revestimento argamassado. Este sistema é um dos mais usuais no Brasil e no local de estudo, sendo composto pelas seguintes partes (Figura 1):

- Camada A e C - argamassa de revestimento externo e interno, respectivamente – 3 cm;
- Camada B- bloco cerâmico – 9 cm.

De acordo com a Figura 1, para o sistema adotado foi posicionada uma câmera de monitoramento quanto a temperatura e umidade. O ponto escolhido foi a superfície externa da camada de revestimento argamassado. Com isso realizou-se a verificação dos dados horários de temperatura e umidade para todo o intervalo de simulação.

Figura 1 – Sistema utilizado com respectivas camadas e posições de monitoramento



Fonte: WUFI®, 2017.

3. CARACTERÍSTICAS HIGROTÉRMICAS DOS MATERIAIS

O *software* WUFI® Pro 6.1 tem como base a norma DIN EN 15026 (DIN, 2007) no que se refere aos parâmetros de entrada dos materiais na simulação higrotérmica. Estes parâmetros são responsáveis pela caracterização do sistema, tanto da envolvente do edifício quanto dos materiais que o constituem. A Tabela 1 mostra as características higrotérmicas dos materias adotados no sistema argamassado simulado.

Tabela 1 – Características Higrotérmicas dos Materiais

ELEMENTO CONSTRUTIVO	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (KG/M³)	POROSIDADE (M³/M³)	FATOR DE RESISTÊNCIA À DIFUSÃO DE VAPOR DE ÁGUA (-)	UMIDADE DE SATURAÇÃO LIVRE (KG/M³)	COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (KG/M².√S)
Bloco Cerâmico	578	0,486	23	193	0,09
Argamassa de Revestimento	1895	0,301	27	120	0,03

Fonte: Adaptado de WUFI®, 2017.

Tais informações podem ser alteradas no momento de composição do sistema no programa, de forma a representar os materiais da forma mais real possível.

4. SIMULAÇÃO HIGROTÉRMICA

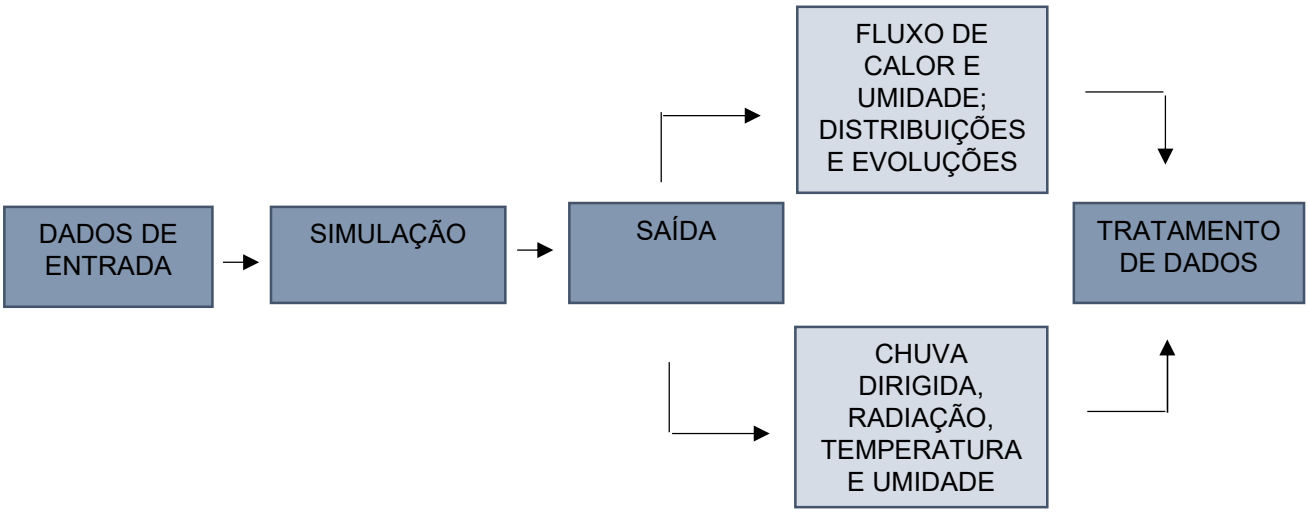
A simulação é dividida em quatro etapas principais, sendo elas: entrada de dados, simulação higrotérmica, saída dos resultados e tratamento dos dados, respectivamente (Figura 2). Na primeira etapa foi realizada a composição do sistema a ser simulado, desde os materiais e dimensões/caracteristicas dos mesmos, até a caracterização do ambiente cincundante da edificação e do edifício em si. Para a análise da ação destes agentes sobre as fachadas adotou-se com base na ABNT NBR 15220 (ABNT, 2003) os coeficientes de transferência à superfície, sendo a resistência térmica interna de 0,13 e a externa de 0,04 m²K/W. Também foram adotados dois valores distintos de absortância, 0,3 que representa cores claras e 0,7 representando as cores escuras, segundo a ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013).

Na segunda etapa foi realizada a simulação do sistema adotado, sendo que para este estudo, a simulação se deu para um edifício com altura de 10 a 20 metros, tendo como intervalo de tempo o período de 3 anos, a contar de 01/01/17 à 31/12/2019.

Na terceira etapa ocorreu a saída dos resultados da simulação, entre eles estão os valores quantitativos de fluxo de calor e umidade, radiação e precipitação, amplitude térmica, entre outros. Estes dados são horários, referentes aos três anos de simulação.

Na quarta e última etapa foi feito o tratamento dos dados obtidos por meio de planilhas, sendo estes organizados com a finalidade de analisar os resultados e observar o grau de intensidade da ação dos agentes climáticos sobre as edificações; relacionando os mesmos com a possível degradação e surgimento de manifestações patológicas nas fachadas. Para esta análise foram observados apenas os dados do último ano de simulação, ano de 2019, pois este é o primeiro ano completo após o início da simulaçao em que não há influencia da umidade inicial dos materiais (NASCIMENTO, 2016).

Figura 2 – Etapas da Simulação Higrotérmica



Fonte: (adaptado de DIN EN 15026: 2007 e NASCIMENTO, 2016)

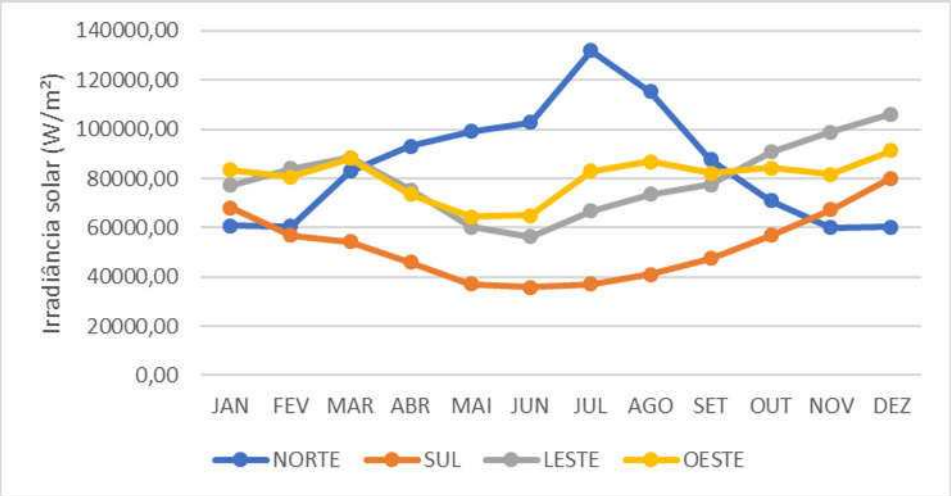
5. RESULTADOS

5.1 Radiação Global

Através da simulação computacional foram obtidos os valores totais mensais da radiação solar global incidente sobre as fachadas, sendo a mesma caracterizada por ser a soma das parcelas direta, difusa e refletida. Os resultados estão mensurados na forma de irradiância, sendo esta a quantidade de radiação

incidente por metro quadrado de fachada, para as quatro orientações: Norte, Sul, Leste e Oeste,conforme ilustra a Figura 3.

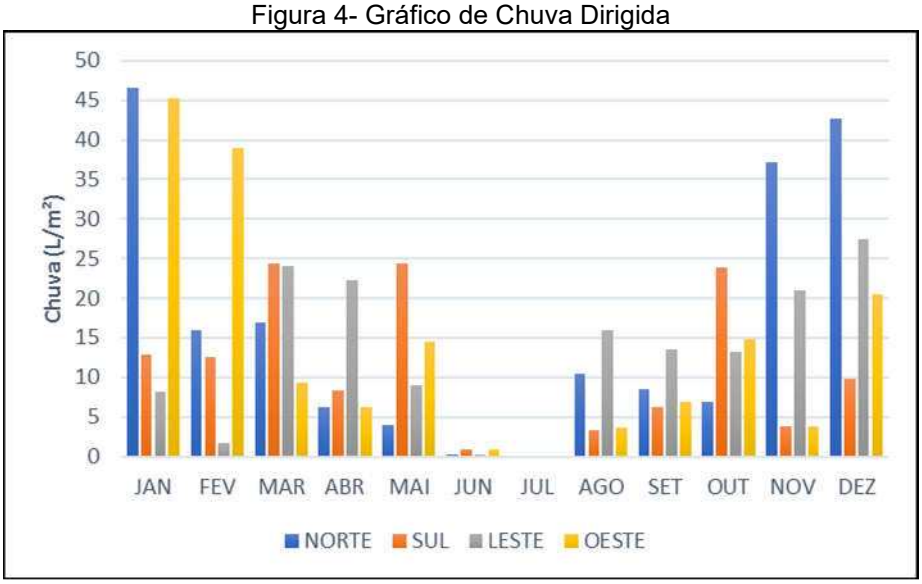
Figura 3 – Gráfico de Irradiância Mensal



Fonte: Os autores.

Observou-se que a orientação Norte é a que apresenta maiores valores de irradiância, seguida da Oeste e Leste, respectivamente, apresentando uma tendência de comportamento semelhante e por último se encontra a orientação Sul. É possível também se identificar um período com maior incidência de irradiância que vai desde os meses de março a outubro, sendo este intervalo de tempo conhecido por apresentaros menores volumes de chuvas, ou seja, para a localidade em estudo é o período de estiagem, conforme comprova a Figura 4.

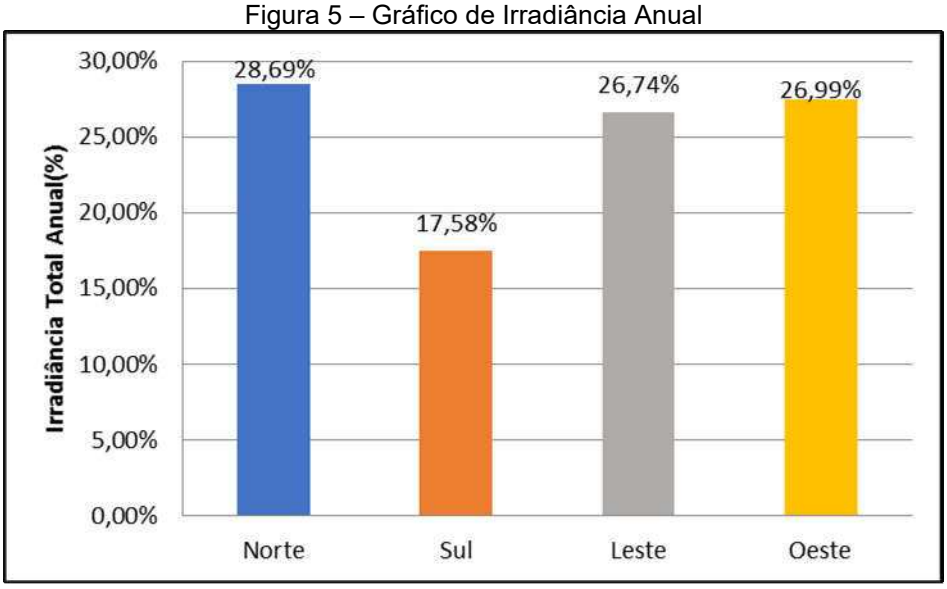
Figura 4- Gráfico de Chuva Dirigida



Fonte: Os autores.

A análise referente à porcentagem de incidência anual de irradiância, mostrou que o valor máximo ocorre na fachada Norte com 28,69%, seguida da fachada Oeste com 26,99%. Já as orientações Leste e Sul tiveram as menores incidências ao longo do ano, com 26,74% e 17,58% respectivamente, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Gráfico de Irradiância Anual



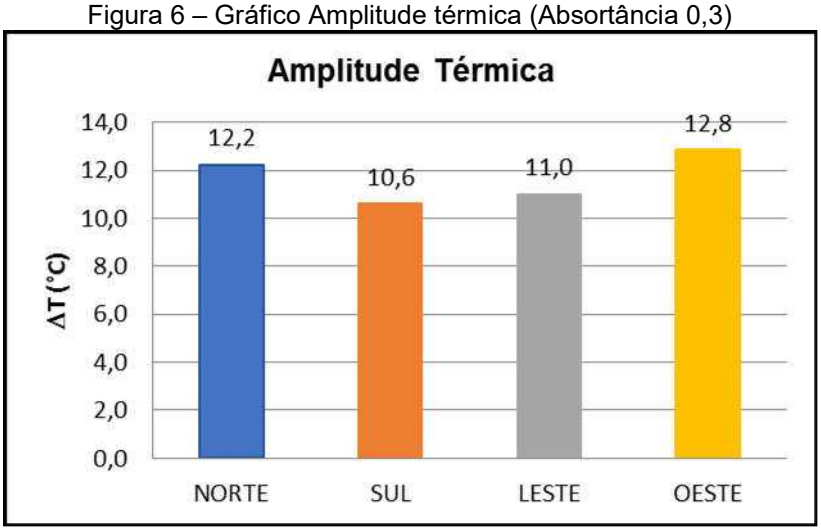
Fonte: Os autores.

5.2 Temperatura

A temperatura do ar é influenciada pela combinação da radiação solar e do balanço radiativo presentes no sistema atmosférico (ZANONI,2015). Neste contexto, foram elaborados dois gráficos, com o objetivo de determinar a média da amplitude térmica anual incidente sobre as fachadas. O fenômeno da amplitude térmica é referente ao gradiente de temperatura que se forma a partir da diferença entre as maiores e menores temperaturas diárias registradas.

Os resultados evidenciaram que a variação de temperatura em referência aos revestimentos de cores claras foi mais intensa para as fachadas Oeste (12,8°C) e Norte (12,2°C), já as fachadas Leste e Sul foram menos afetadas com (11,0°C) e (10,6°C) respectivamente, conforme ilustra a Figura 6.

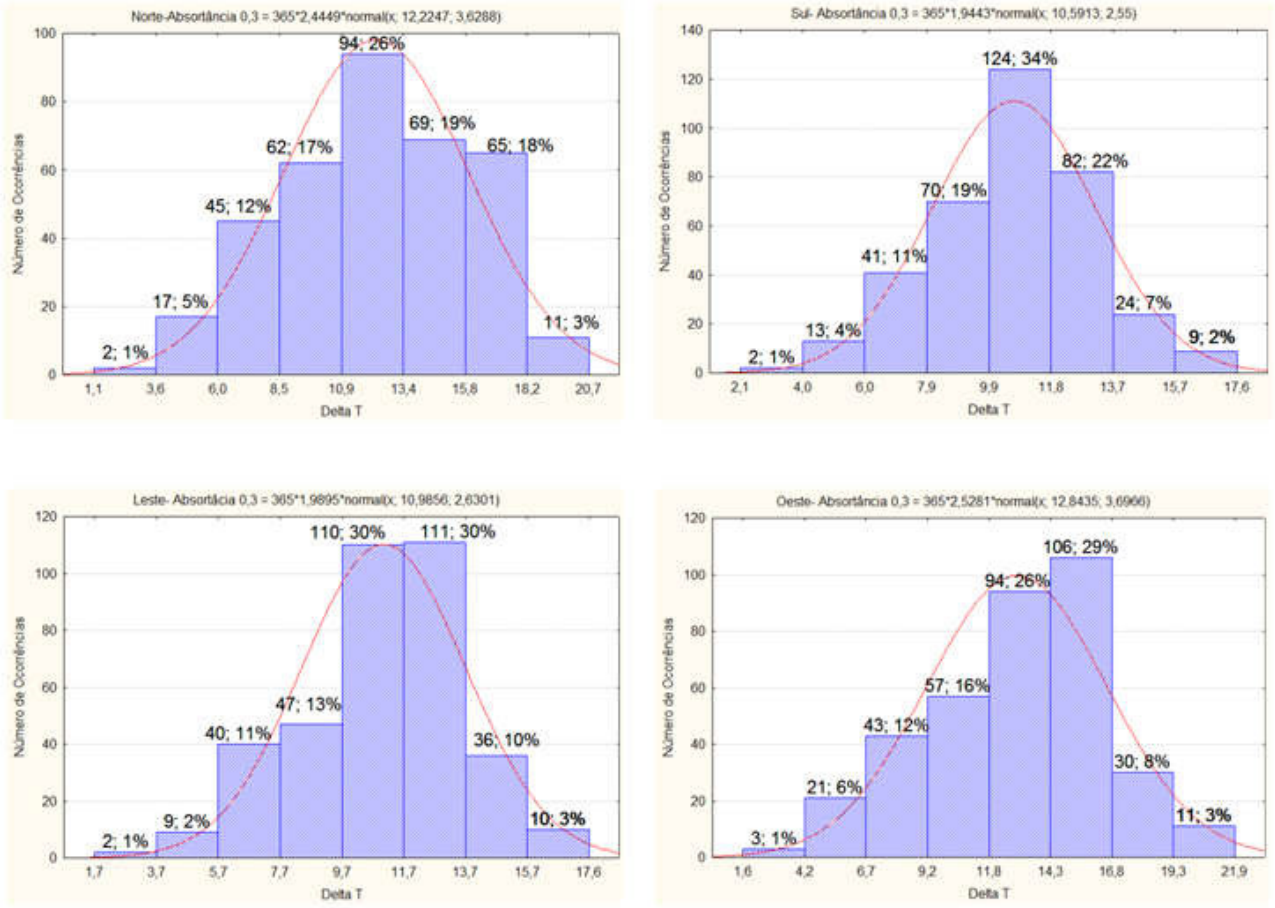
Figura 6 – Gráfico Amplitude térmica (Absortância 0,3)



Fonte: Os autores.

Os histogramas da figura 7 atestam que embora as maiores ocorrências de amplitude térmica sejam verificadas para as orientações Sul e Leste, elas não possuem os maiores valores deste fenômeno. As fachadas Oeste e Norte aparecem com um número de ocorrências menor, porém seus intervalos (que representam as temperaturas ocorridas sobre a superfície) possuem valores maiores quando comparados as orientações Sul e Leste. Isto conduz ao que está representado na figura 6, onde as fachadas Oeste e Norte, respectivamente, apresentaram os valores mais elevados de gradiente térmico (Figura 6).

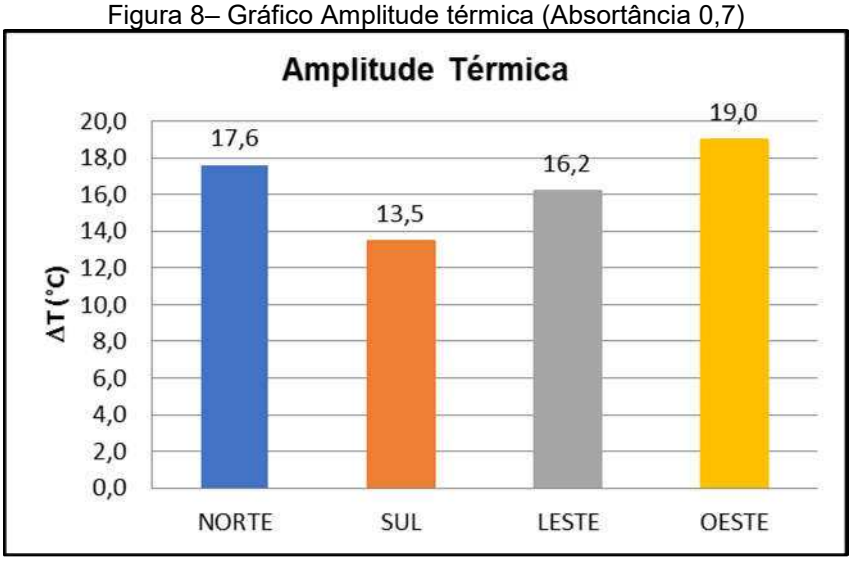
Figura 7 – Ocorrências de Amplitude Térmica



Fonte: Statistica.

Observou-se que os revestimentos de cores mais escuras apresentaram a mesma tendência de comportamento dos revestimentos em cores claras, sendo as fachadas Oeste e Norte as que evidenciam os maiores valores, respectivamente e as fachadas Leste e Sul os menores, fato este que se justifica na origem do arquivo climático, sendo este arquivo o mesmo para ambas as absortâncias (Figura 8).

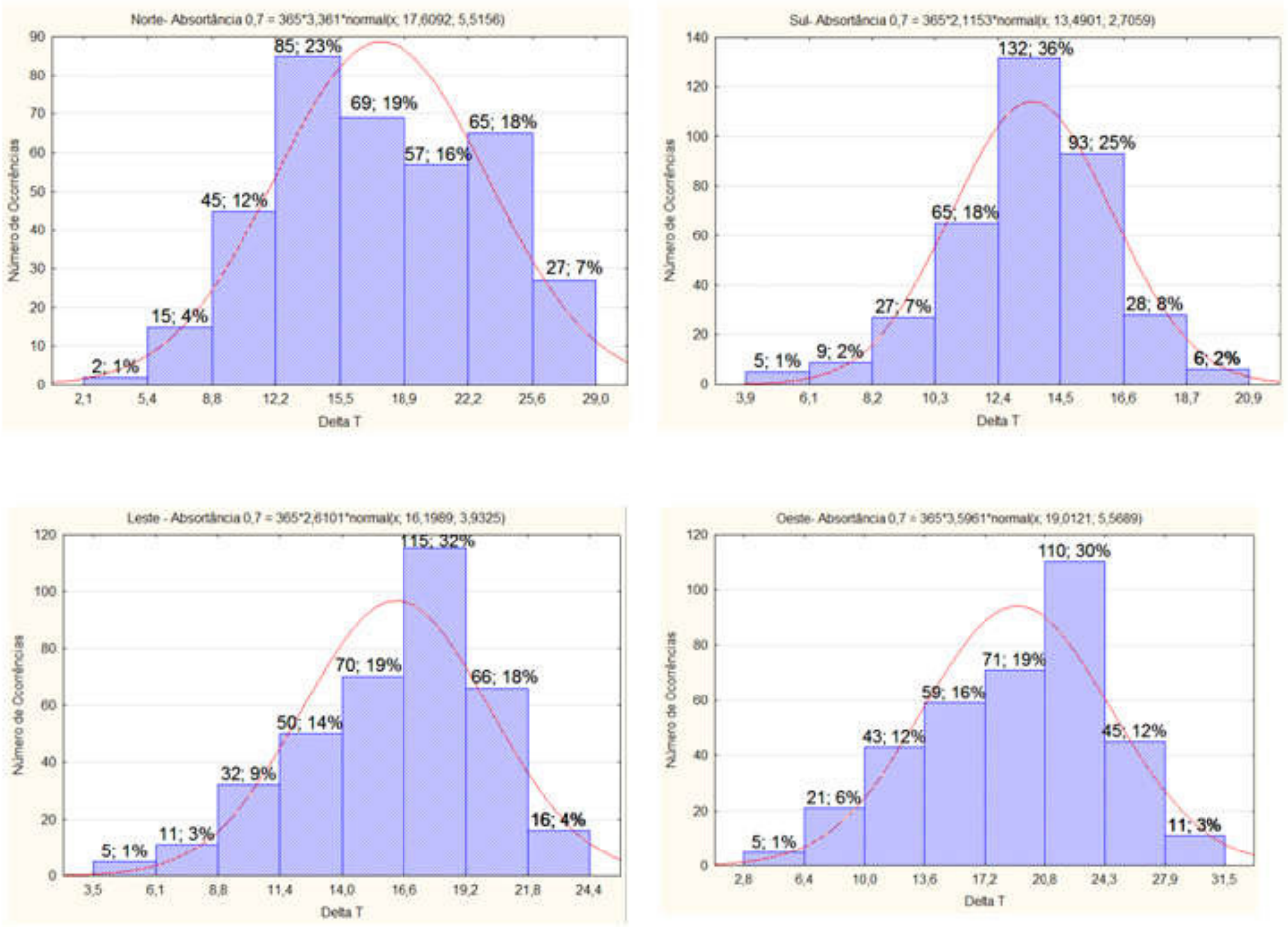
Figura 8– Gráfico Amplitude térmica (Absortância 0,7)



Fonte: Os autores.

De maneira análoga aos histogramas da figura 7, os histogramas da figura 9 revelam que as orientações com as maiores ocorrências do fenômeno de amplitude térmica são Sul e Leste, respectivamente, porém seus intervalos de ocorrência apresentaram valores inferiores aos das orientações Oeste e Norte. Estas orientações de fachadas (Oeste e Norte), mesmo com o número de ocorrências inferior, apresentaram os maiores valores de intervalos, afetando diretamente no resultado apresentado na figura 9, onde as mesmas obtiveram os maiores valores para amplitude térmica anual média.

Figura 9 – Ocorrências de Amplitude Térmica



Fonte: Statistica.

Através do *software* WUFI®, foi possível observar o comportamento higrotérmico das fachadas mediante a ação dos agentes climáticos,em especial à temperaturana superficial externa. Através da relação entre radiação e temperatura identificou-se que o aumento da incidência de radiação solar resulta em maiores gradientes de temperatura, nas fachadas atingidas.

Devido às características de exposição do elemento construtivo estudado, foi possível identificar que as fachadas mais propicias ao surgimento de anomalias foram a Oeste seguida da Norte, pois devido as condições de exposição recebem as maiores ocorrências destes agentes.

A Fachada Norte apresentou os maiores valores para irradiância porém e a orientação Oeste evidenciou os resultados mais relevantes para amplitude térmica. No período do dia em que as temperaturas são mais elevadas (período das 12 às 18 horas) será a fachada Oeste que irá receber tal incidência solar, uma vez que o sol nasce no Leste e se põe no Oeste.

6. CONCLUSÕES

O presente artigo permitiu enumerar as seguintes conclusões:

- A maior incidência de irradiância assim como de amplitude térmica, ocorre para as orientações Oeste e Norte, que apresentam valores muito semelhantes;

-Por serem influênciadas pela ação de degradação da amplitude térmica, as fachadas Oeste e Norte são as mais propícias ao surgimento de manifestações patológicas, para a cidade de Campo Grande-MS;

-A intensidade de atuação destes agentes podem ser a causa principal de anomalias tais como fissuração, desagregação da camada de reboco, fissuras e descolamentos;

- A análise destes valores, permite prever o comportamento destas fachadas diante dos agentes climáticos de degradação e o surgimento de possíveis anomalias, assim como prever medidas que possam aumentar a vida útil e a durabilidade do sistema.

7. AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Euro Americano pelo apoio a pesquisa.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-1**: Desempenho Térmico de Edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. ABNT, 2005. 7 p.

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

BAUER, E. **Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos** – Uma Análise de Desempenho. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987, 168p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15026 Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation**. CEN, Brussels, Belgium, 2007.

NASCIMENTO, M. L. M. (2016). **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-018A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p.

WUFI Pro 6.1. IBP - **FraunhoferInstitute for BuildingPhysics.**Holzkirchen, Germany, 2013.

ZANONI, V.A.G. (2015). **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, 293 p.