SBQP 2023
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Sustentabilidade e Responsabilidade Social no Projeto. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). De 16 a 18 de Novembro, Pelotas, RS, Brasil.

Projeto de edificações resilientes nas zonas bioclimáticas 1 a 4: impacto do envelhecimento das fachadas e mudanças climáticas no desempenho térmico[1]

CAVALCANTI, Fernando Sá (1); MONTEIRO, Leonardo Marques (2)

(1) Universidade Federal de Alagoas - UFAL, fernando.antonio@fau.ufal.br

(2) Universidade de São Paulo - USP, leo4mm@usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise do desempenho térmico de uma edificação padrão (multifamiliar vertical) na tipologia "H" considerando o envelhecimento dos sistemas de fachadas ao longo dos anos para quatro zonas bioclimáticas brasileiras seguindo os requisitos da norma de desempenho para edificações (PHFT$_{UH}$ To$_{mín}$ e To$_{máx}$). Além do desgaste natural pelas intempéries proposto pela normativa brasileira, foi investigado o desempenho destas edificações em cenários climáticos futuros, para 2050 e 2080 o que representa uma avaliação considerando o período de vida útil destes sistemas. Esta avaliação se deu por meio de simulações computacionais para três padrões de absortância e seu comportamento ao longo deste período utilizando o software energyplus. Os resultados apontam que para cores claras o desempenho térmico desta edificação se comportou de modo satisfatório ao longo dos anos em grande parte das UH analisadas, corroborando com a necessidade de repensar práticas projetuais que não consideram a ação do tempo e as mudanças climáticas durante a utilização da edificação.

Palavras-chave: *absortância térmica, vida útil de projeto, Energyplus, NBR-15575.*

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the thermal performance of a standard building (vertical multifamily) in typology "H" considering the aging of facade systems over the years for two Brazilian bioclimatic zones following the requirements of the performance standard for buildings (PHFTUH Tomín and Tomax). In addition to the natural weathering proposed by the Brazilian regulations, the performance of these buildings in future climate scenarios was investigated, for 2050 and 2080, which represents an evaluation considering the useful life of these systems. This evaluation was carried out through computer simulations for three absorbance patterns and their behavior over this period using the energyplus software. The results indicate that for light colors, the thermal performance of this building behaved satisfactorily over the years in most of the HU analyzed, corroborating the need to rethink design practices that do not consider the action of time and climate changes during the use of the building.

Keywords*: thermal absorbance, design lifetime, Energyplus, NBR-15575.*

---

[1] CAVALCANTI, Fernando Sá; MONTEIRO, Leonardo Marques. Projeto de edificações resilientes nas zonas bioclimáticas 1 a 4: impacto do envelhecimento das fachadas e mudanças climáticas no desempenho térmico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais**... Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 01-10. DOI https: //doi.org./ 10.46421/sbqp.v3i.3285

1 INTRODUÇÃO

A NBR 15575, lançada em 2013 e revisada em 2021 insere o desempenho térmico como um dos quesitos a serem atendidos para obtenção de um alto nível de desempenho de edificações habitacionais (ABNT, 2021). Além de tratar de desempenho térmico, esta norma estabelece que as edificações devem atender aos requisitos estabelecidos durante todo o período de vida útil de projeto (VUP) e define valores para este tempo em cada sistema construtivo. No caso de sistemas de vedação vertical externa, este período é de 40 anos.

Diversos estudos trataram do envelhecimento de telhas e sua relação com a variação da absortância solar (TAKEBAYASHI et al, 2016; LOUZICH et al, 2016) e comprovaram que a exposição de coberturas às intempéries altera as características iniciais de absorção dos materiais, além da modificação de cor, perda de brilho, empolamento, entre outras propriedades dessas superfícies (DORNELLES; SICHIERI, 2014; LEVINSON; BERDAHL; AKBARI, 2005; WERLE; LOH; JOHN, 2014; COELHO, GOMES e DORNELLES, 2017).

Para o envelhecimento de sistemas de fachadas e variação da absortância destas superfícies, ainda há poucos estudos realizados no Brasil, no entanto, a NBR-15575 (ABNT, 2021) especifica uma equação para estimar o envelhecimento das superfícies considerando um período de 3 anos e a variação da absortância térmica. Esta equação apresentou uma correlação alta (R^2=0,9346) em relação aos dados medidos aos 24 meses por Araújo (2022).

Além do processo natural de envelhecimento dos sistemas construtivos, ocorrem as mudanças climáticas ao longo dos últimos anos que têm provocado diferentes cenários climáticos podendo colocar em risco muitas pessoas ao redor do mundo.

2 OBJETIVO

Este artigo apresenta uma avaliação do desempenho térmico para uma edificação multifamiliar padrão em quatro zonas bioclimáticas e discute o impacto do envelhecimento do sistema de fachadas quanto à absortância, visando investigar os efeitos da ação do tempo nas fachadas e seu impacto no desempenho térmico das edificações, considerando o longo período de financiamento imobiliário e o período de VUP estabelecido pelas normas brasileiras.

3 MÉTODO

Para a realização deste trabalho, optou-se pelo procedimento de simulação computacional utilizando o software energyplus® em sua versão 9,3 e foi dividido conforme as etapas descritas a seguir.

3.1 Cidades e cenários climáticos simulados

Foram selecionadas quatro cidades brasileiras, localizadas nas zonas bioclimáticas 1 a 4, conforme o zoneamento definido pela NBR-15220 (ABNT, 2005). Estas cidades foram escolhidas a partir da disponibilidade de arquivo climático com extensão epw e por necessitarem de análise da temperatura operativa mínima segundo a NBR-15575. O quadro 1 apresenta as cidades avaliadas, indicando a zona bioclimática e o intervalo de temperatura estabelecido pela NBR-15575 (ABNT, 2021).

Quadro 1 – Cidades simuladas

CIDADES	ZB	INTERVALO DA NBR-15575	REGIÃO
Curitiba – PR	01	1	SUL
Uruguaiana – RS	02	1	SUL
São Paulo – SP	03	1	SUDESTE
Brasília – DF	04	1	CENTRO OESTE

Após a definição das cidades, dois novos arquivos climáticos foram gerados para cada uma delas considerando as variações estimadas ao longo do tempo pela ferramenta *CCWorldWeatherGen*® produzido pela Universidade de Southampton (JENTSH, 2010) que possibilitou verificar os cenários para 2020, 2050 e 2080 levando em consideração todo o período de VUP para os sistemas de fachadas.

Para confecção do *Assessment Reports 4* (AR4) foram usados cenários de emissões de gases do efeito estufa (GEE) baseados no *Special Report Emission Scenarios* (SRES). Estes cenários estão divididos em 4 grupos, A1, A2, B1 e B2, em que o grupo A representa o baixo compromisso com as questões de sustentabilidade e o B corresponde ao alto compromisso. Dentre os cenários, o A2 *(utilizado neste trabalho) é considerado o mais pessimista, pois indica uma tendência de crescimento contínuo da população, economia fragmentada e lento

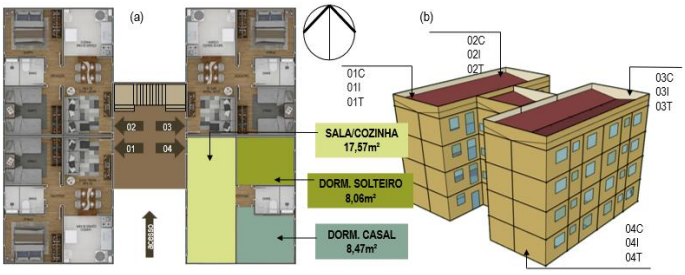
3.2 desenvolvimento tecnológico além de alto níveis de emissões de GEE.Descrição do modelo digital

Para este estudo, foi considerada como padrão, uma edificação multifamiliar projetada na tipologia "H" com 04 pavimentos (térreo, 02 pavimentos intermediários e um pavimento na cobertura) e 04 apartamentos por pavimento. As unidades habitacionais foram inseridas no bloco de modo espelhado e com as mesmas dimensões entre si.

Esta tipologia padrão é composta por unidades habitacionais (UH) com dois dormitórios, uma sala e cozinha integrados e um banheiro, com 41,85 m² de área total e 2,40 m de pé direito. Para este estudo, considerou-se a implantação em que as aberturas se encontram voltadas para o eixo leste-oeste (Figura 1a), considerando as mudanças climáticas e o ciclo de vida útil das edificações.

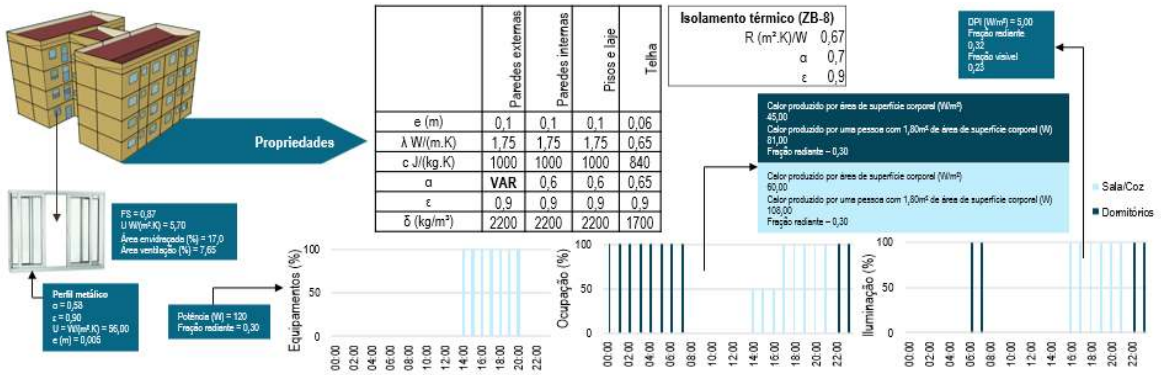
Foram avaliados 12 apartamentos, sendo 04 no pavimento térreo, 04 no segundo piso (aqui chamado de pavimento intermediário) e 04 no quarto piso (pavimento de cobertura) em todas as orientações disponíveis no modelo (Figura 1b). Os ambientes de permanência prolongada (APP) considerados neste estudo foram uma sala/cozinha e dois dormitórios, sendo um de casal e um de solteiro, conforme apresentado na figura 1c.

Figura 1 – Dados gerais dos modelos digitais (a) planta do pavimento tipo e (b) volumetria indicando as UH simuladas



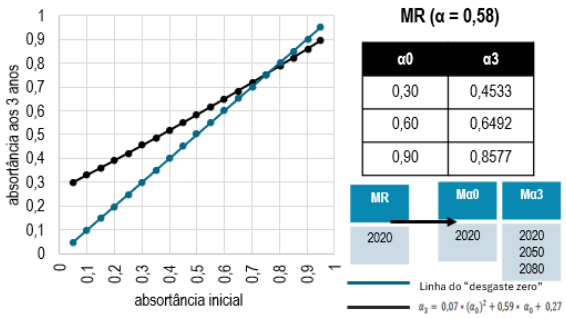
O sistema construtivo considerado para esta edificação está de acordo com as recomendações da NBR-15575 (ABNT, 2021) para os modelos avaliados quanto ao desempenho térmico pelo processo de simulação computacional, os dados para a simulação estão apresentados na figura 2 e para o modelo de referência, utilizou-se o valor de absortância de 0.58, recomendado pela normativa brasileira. Esta variável foi alterada neste estudo para identificar diferentes valores e sua influência no desempenho térmico desta edificação padrão ao longo da VUP.

Figura 2 – Propriedades e parâmetros de simulação adotados nos modelos digitais



A variação da absortância das fachadas ocorreu conforme apresentado na figura 3 que mostra além dos valores adotados para os modelos simulados, a curva da equação estabelecida pela NBR-15575 (ABNT, 2021), em azul escuro, onde é possível observar uma tendência de aumento da absortância para valores menores que 0,75 e para os valores acima deste, há uma redução desta variável ao longo do tempo, enquanto a linha em azul claro indica a reta de erro zero (caso não houvesse desgaste pelas ações externas), ilustrando melhor esta tendência de aumento ou diminuição da absortância ao longo do tempo.

Figura 3 – variação da absortância ao longo do tempo e dados adotados nas simulações



A figura 3 apresenta também a associação entre os modelos e os climas simulados. O modelo de referência e o modelo de absortância inicial foram simulados apenas para o ano de 2020, enquanto os modelos com a absortância corrigida foram simulados para os três cenários climáticos considerados neste estudo. O modelo Ma3 foi simulado também para o ano de 2020 (análogo ao cenário climático de 2023), considerando o período de 3 anos para o envelhecimento da fachada e desconsiderando neste caso as mudanças climáticas que pode ser desprezado neste curto espaço de tempo, enquanto para os demais cenários climáticos (2050 e 2080), esta variação climática foi considerada.

3.3. Descrição do processo de análise dos resultados

Para a análise dos resultados, foram utilizados como dados de saída as temperaturas operativas para cada zona térmica, além dos padrões de ocupação, sendo possível investigar apenas as horas ocupadas em cada APP. Os critérios considerados na análise do desempenho destas UH foram o percentual de horas de ocupação dentro

da faixa de temperatura operativa dos ambientes de permanência prolongada ($PHFT_{APP}$) e das Unidades Habitacionais ($PHFT_{UH}$) que deve ser no mínimo 90% do valor obtido para o modelo de referência, além da temperatura operativa anual máxima ($To_{máx}$) e mínima (To_{min}) da UH.

Para a temperatura operativa, as UH devem apresentar $To_{máx}$ com até 1°C acima deste valor obtido para o modelo de referência, para os pavimentos térreo e intermediário e até 2ºC para o pavimento da cobertura, enquanto para a $To_{mín}$ este valor deve ser até 1°C abaixo do valor encontrado para o MR.

4 RESULTADOS

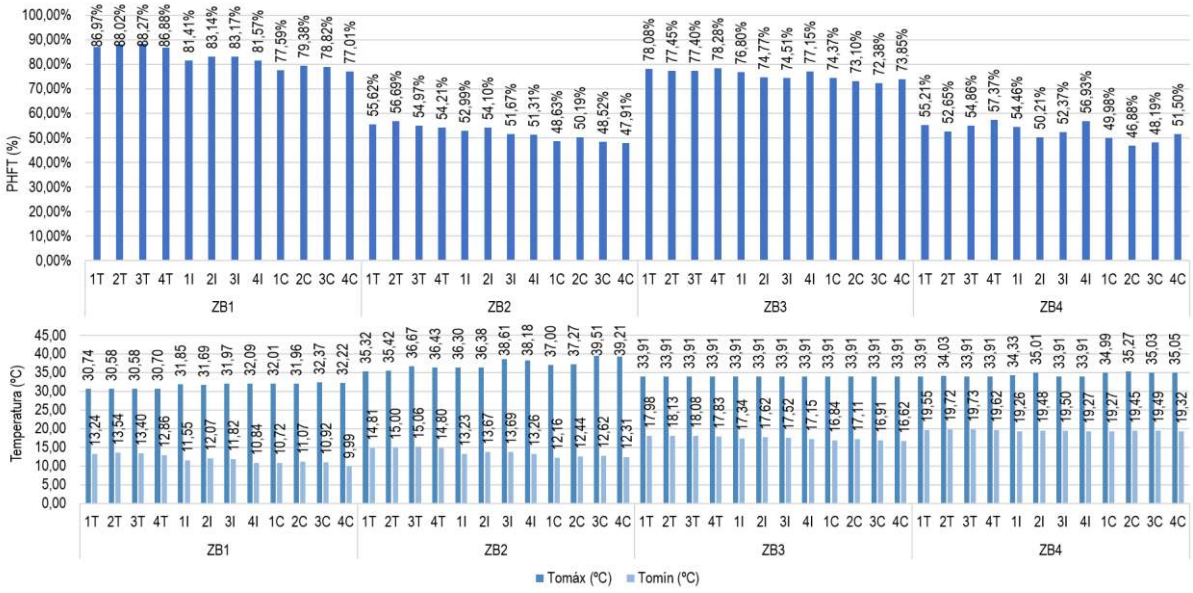
Os resultados obtidos por meio das simulações computacionais estão apresentados e discutidos a seguir a partir de um comparativo entre os modelos simulados e o modelo de referência.

4.1 Modelo de Referência

Ao avaliar o modelo de referência, observa-se que para as ZB-1 e ZB-3 o percentual de horas dentro da faixa de temperatura operativa está sempre acima de 70% das horas ocupadas, enquanto para as ZB-2 e ZB-4 este percentual esteve sempre abaixo deste valor.

No que se refere às temperaturas máximas das UH, a ZB-2 foi a que obteve os maiores valores, com $To_{máx(UH)}$ acima de 35ºC e com temperaturas operativas mínimas para as UH da cobertura, representando a perda de calor pela coberta que para o modelo base não apresenta isolamento térmico. Os dados obtidos para o modelo de referência estão detalhados de forma mais clara na figura 4.

Figura 4 – Dados de PHFT, Tomáx e Tomín para o modelo de referência nas zonas bioclimáticas avaliadas



4.2 Curitiba – PR (ZB-1)

Para a cidade de Curitiba, as mudanças climáticas e o processo de envelhecimento das fachadas não afetaram significativamente o desempenho térmico no que se

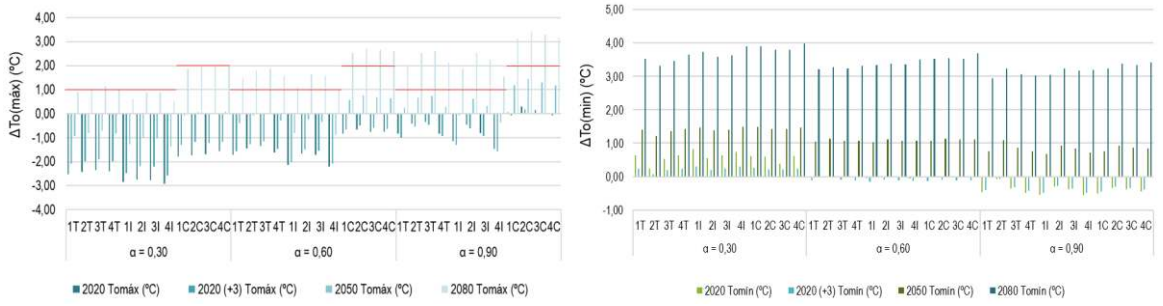
refere ao PHFT, apenas no cenário de 2080 o $PHFT_{UH}$ ficou abaixo de 90% do valor obtido para o $PHFT_{MR}$ (modelo de referência), sendo as UH 01 e 04 nos pavimentos intermediários e cobertura ainda dentro desta faixa aceitável pela NBR-15575, conforme é possível observar na tabela 1 sendo os dados em vermelho, os valores que não estão de acordo com a recomendação desta norma.

Tabela 1 – Dados obtidos para $To_{máx}$, $To_{mín}$ e $PHFT_{UH}$ para a cidade de Curitiba-PR e relação entre $PHFT_{UH}$ e $PHFT_{MR}$

		2020				2020 (+3)				2050				2080			
		Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)
α = 0,30	1T	28,22	13,88	93,06%	107,00%	28,64	13,48	91,06%	104,71%	29,81	14,64	85,09%	97,84%	31,65	16,76	70,80%	81,42%
	2T	28,16	13,77	93,64%	106,39%	28,60	13,61	92,00%	104,53%	29,77	14,76	84,96%	96,53%	31,61	16,85	68,56%	77,90%
	3T	28,22	13,93	94,15%	106,66%	28,68	13,60	92,14%	104,39%	29,86	14,76	85,11%	96,42%	31,70	16,87	68,70%	77,83%
	4T	28,29	13,49	92,91%	106,94%	28,70	13,11	90,81%	104,52%	29,87	14,28	85,01%	97,85%	31,72	16,50	70,71%	81,39%
	1I	29,00	12,37	89,56%	110,01%	29,37	11,86	87,42%	107,38%	30,57	13,03	82,49%	101,33%	32,46	15,30	68,97%	84,72%
	2I	28,96	12,62	91,03%	109,49%	29,52	12,26	88,97%	107,02%	30,69	13,44	82,08%	98,73%	32,59	15,66	65,35%	78,60%
	3I	29,21	12,46	91,00%	109,41%	29,76	12,06	88,84%	106,82%	30,94	13,23	81,84%	98,41%	32,85	15,45	65,11%	78,29%
	4I	29,16	11,58	89,33%	109,51%	29,52	11,13	87,23%	106,94%	30,73	12,32	82,38%	100,99%	32,64	14,73	68,67%	84,18%
	1C	30,23	11,33	86,42%	111,38%	30,72	10,98	84,68%	109,14%	31,94	12,20	79,61%	102,60%	33,89	14,61	65,61%	84,55%
	2C	30,23	11,67	87,72%	110,51%	30,78	11,29	86,20%	108,59%	32,01	12,50	79,60%	100,28%	33,95	14,88	63,41%	79,89%
	3C	30,68	11,29	87,19%	110,61%	31,15	11,14	85,31%	108,23%	32,40	12,34	78,82%	99,99%	34,36	14,72	62,34%	79,09%
	4C	30,65	10,61	85,75%	111,35%	31,06	10,23	83,84%	108,86%	32,31	11,46	79,09%	102,70%	34,26	13,99	64,82%	84,17%
α = 0,60	1T	29,03	13,20	90,36%	103,90%	29,16	13,12	89,23%	102,60%	30,35	14,28	83,20%	95,67%	32,21	16,44	68,37%	78,62%
	2T	29,13	13,53	91,23%	103,65%	29,32	13,51	90,16%	102,43%	30,52	14,68	82,48%	93,71%	32,39	16,81	64,97%	73,82%
	3T	29,23	13,38	91,36%	103,50%	29,42	13,31	90,30%	102,30%	30,59	14,48	82,61%	93,59%	32,44	16,64	64,97%	73,61%
	4T	29,09	12,82	90,17%	103,79%	29,22	12,74	89,19%	102,67%	30,41	13,92	83,12%	95,68%	32,28	16,18	68,59%	78,95%
	1I	29,71	11,51	86,78%	106,60%	29,83	11,41	85,80%	105,40%	31,03	12,58	80,62%	99,03%	32,96	14,90	66,88%	82,15%
	2I	30,02	12,04	88,21%	106,09%	30,21	11,98	87,09%	104,75%	31,45	13,18	79,38%	95,48%	33,35	15,45	62,19%	74,81%
	3I	30,25	11,79	88,11%	105,95%	30,41	11,71	86,89%	104,47%	31,63	12,90	79,20%	95,23%	33,56	15,18	61,75%	74,25%
	4I	29,89	10,79	86,61%	106,18%	30,02	10,69	85,58%	104,92%	31,20	11,90	80,79%	99,04%	33,13	14,35	66,72%	81,80%
	1C	31,18	10,68	84,20%	108,52%	31,34	10,58	83,19%	107,22%	32,58	11,78	78,09%	100,64%	34,53	14,23	63,62%	81,99%
	2C	31,29	11,05	85,68%	107,94%	31,46	10,98	84,73%	106,75%	32,72	12,20	77,20%	97,26%	34,66	14,62	60,44%	76,14%
	3C	31,61	10,89	84,89%	107,70%	31,77	10,81	83,79%	106,29%	33,05	12,02	76,53%	97,09%	35,01	14,45	59,57%	75,58%
	4C	31,46	9,96	83,35%	108,23%	31,59	9,88	82,42%	107,03%	32,86	11,12	77,72%	100,92%	34,81	13,68	63,05%	81,87%
α = 0,90	1T	29,89	12,77	93,71%	107,76%	29,74	12,82	93,95%	108,03%	30,99	13,99	90,08%	103,58%	32,76	16,19	77,95%	89,64%
	2T	30,17	13,46	93,71%	106,47%	30,04	13,46	93,92%	106,71%	31,25	14,62	88,92%	101,03%	33,12	16,77	74,87%	85,07%
	3T	30,24	13,05	93,13%	105,51%	30,11	13,08	93,58%	106,02%	31,31	14,26	88,62%	100,40%	33,19	16,46	74,49%	84,39%
	4T	29,87	12,37	93,62%	107,76%	29,77	12,43	93,80%	107,97%	30,96	13,62	90,18%	103,80%	32,83	15,88	77,74%	89,48%
	1I	30,71	11,01	91,79%	112,75%	30,56	11,07	92,04%	113,05%	31,79	12,24	88,67%	108,91%	33,70	14,59	76,55%	94,03%
	2I	31,23	11,76	91,52%	110,08%	31,07	11,79	91,92%	110,56%	32,32	12,99	86,14%	103,61%	34,23	15,30	72,11%	86,74%
	3I	31,16	11,43	91,15%	109,60%	31,05	11,47	91,47%	109,98%	32,28	12,66	85,70%	103,04%	34,22	15,00	71,30%	85,73%
	4I	30,61	10,28	91,77%	112,51%	30,52	10,34	91,95%	112,72%	31,72	11,55	88,43%	108,41%	33,64	14,03	76,47%	93,74%
	1C	32,06	10,21	90,08%	116,09%	31,95	10,27	90,17%	116,21%	33,20	11,47	86,44%	111,41%	35,15	13,95	73,56%	94,80%
	2C	32,26	10,74	89,69%	113,00%	32,14	10,77	90,03%	113,43%	33,40	12,00	84,51%	106,47%	35,35	14,46	70,21%	88,45%
	3C	32,51	10,53	88,95%	112,85%	32,40	10,57	89,21%	113,17%	33,68	11,79	83,68%	106,17%	35,65	14,25	69,29%	87,91%
	4C	32,24	9,55	89,34%	116,01%	32,14	9,60	89,43%	116,12%	33,41	10,84	85,63%	111,19%	35,38	13,43	73,02%	94,81%

Observa-se que para o cenário climático de 2080 a $To_{máx}$ ficou acima do limite para todos os casos simulados com cores médias e escuras enquanto para as cores claras, não se observou prejuízo ao desempenho térmico das UH analisadas, conforme é possível observar na figura 5 que apresenta também a diferença de temperatura para a $To_{mín}$, que neste caso não houve prejuízo em nenhuma UH no que se refere ao desempenho térmico.

Figura 5 – ΔTo (em °C) para $To_{máx}$ e $To_{mín}$ em cada UH e cenário climático avaliado para a cidade de Curitiba - PR



4.3 Uruguaiana – RS (ZB-2)

Ao avaliar o modelo na cidade de Uruguaiana – RS, observou-se que as UH localizadas ao norte do bloco (UH-02 e UH-03) não obtiveram bom desempenho ao considerar as mudanças climáticas para o cenário de 2080 principalmente

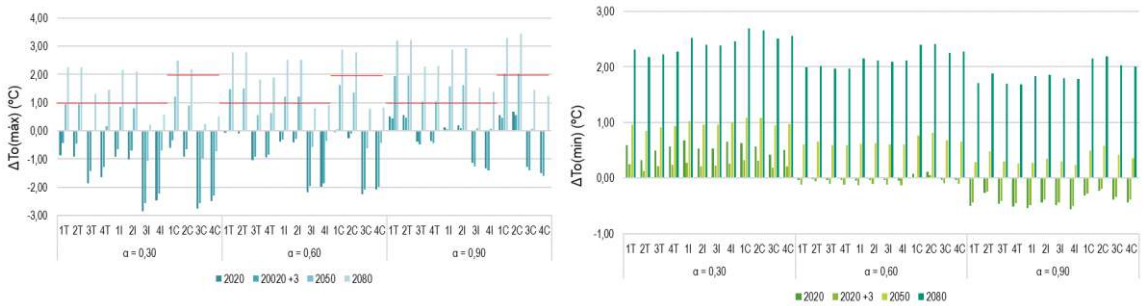
considerando as UH dos pavimentos térreo e intermediários, no entanto, para as demais situações, o resultado da avaliação do PHFT foi satisfatório, mesmo ao considerar o processo de envelhecimento natural das fachadas, conforme é possível observar na tabela 2, no entanto, cores escuras promoveram um bom desempenho ao longo dos anos elevando o PHFT das UH.

Tabela 2 – Dados obtidos para $To_{máx}$, $To_{mín}$ e $PHFT_{UH}$ para a cidade de Uruguaiana – RS e relação entre $PHFT_{UH}$ e $PHFT_{MR}$

		Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)
α = 0,30	1T	34,47	15,41	60,29%	108,40%	34,89	15,06	58,58%	105,33%	36,27	15,77	54,77%	98,47%	37,59	17,13	50,19%	90,25%
	2T	34,50	15,33	61,15%	107,86%	34,95	15,13	59,60%	105,13%	36,35	15,84	54,34%	95,85%	37,66	17,17	47,77%	84,26%
	3T	34,82	15,56	60,61%	110,25%	35,24	15,27	58,96%	107,24%	36,71	15,98	53,97%	98,17%	37,97	17,29	47,21%	85,87%
	4T	34,78	15,38	59,67%	110,07%	35,15	15,04	58,01%	107,00%	36,59	15,74	54,47%	100,38%	37,87	17,08	49,45%	91,23%
	1I	35,37	13,90	58,63%	110,64%	35,64	13,50	56,98%	107,52%	37,14	14,25	53,28%	100,53%	38,45	15,75	48,76%	92,01%
	2I	35,37	14,20	59,64%	110,24%	35,68	13,89	59,05%	107,30%	37,17	14,63	52,92%	97,83%	38,49	16,07	46,20%	85,40%
	3I	35,76	14,23	58,50%	113,21%	36,04	13,92	56,99%	110,30%	37,56	14,65	52,09%	100,80%	38,84	16,07	45,15%	87,37%
	4I	35,73	13,92	57,66%	112,36%	35,97	13,52	56,16%	109,44%	37,49	14,26	52,55%	102,42%	38,76	15,72	48,09%	93,71%
	1C	36,39	12,79	55,23%	113,58%	36,67	12,48	53,78%	110,59%	38,22	13,24	50,70%	104,26%	39,50	14,85	46,56%	95,74%
	2C	36,35	13,01	56,11%	111,78%	36,62	12,76	55,09%	109,76%	38,17	13,52	50,93%	101,47%	39,45	15,10	44,86%	89,37%
	3C	36,74	13,04	55,54%	114,46%	36,95	12,80	54,39%	112,10%	38,51	13,57	50,20%	103,46%	39,75	15,12	44,01%	90,71%
	4C	36,73	12,82	54,74%	114,26%	36,93	12,53	53,45%	111,56%	38,48	13,29	50,32%	105,05%	39,72	14,88	45,82%	95,64%
α = 0,60	1T	35,24	14,77	58,33%	104,87%	35,35	14,69	57,62%	103,61%	36,80	15,41	53,76%	96,67%	38,10	16,80	49,10%	88,28%
	2I	35,32	14,98	59,20%	104,42%	35,43	14,93	58,42%	103,04%	36,91	15,65	52,45%	92,52%	38,19	17,02	45,84%	80,85%
	3T	35,64	15,03	58,55%	106,50%	35,75	14,95	57,64%	104,84%	37,23	15,66	51,97%	94,54%	38,48	17,03	45,23%	82,26%
	4T	35,48	14,77	57,78%	106,59%	35,59	14,68	57,03%	105,20%	37,06	15,39	53,47%	98,64%	38,32	16,78	48,24%	88,99%
	1I	35,91	13,19	56,74%	107,06%	36,00	13,09	55,98%	105,63%	37,51	13,85	52,24%	98,58%	38,81	15,38	47,87%	90,32%
	2I	35,98	13,64	57,42%	106,14%	36,08	13,57	56,56%	104,54%	37,59	14,31	51,05%	94,36%	38,89	15,79	44,13%	81,58%
	3I	36,45	13,66	56,32%	109,00%	36,65	13,58	55,42%	107,25%	38,03	14,30	50,04%	96,83%	39,41	15,78	43,18%	83,57%
	4I	36,21	13,22	55,87%	108,88%	36,33	13,13	55,12%	107,42%	37,89	13,86	51,51%	100,39%	39,10	15,37	47,13%	91,85%
	1C	36,95	12,23	53,64%	110,31%	37,05	12,16	52,99%	108,98%	38,61	12,93	49,89%	102,59%	39,88	14,56	45,69%	93,95%
	2C	37,01	12,55	54,80%	109,18%	37,18	12,49	53,94%	107,46%	38,63	13,26	49,29%	98,20%	40,05	14,85	43,32%	86,30%
	3C	37,26	12,59	54,04%	111,38%	37,44	12,53	53,29%	109,87%	38,88	13,29	48,56%	100,08%	40,27	14,87	42,44%	87,47%
	4C	37,15	12,28	53,37%	111,39%	37,23	12,21	52,66%	109,93%	38,79	12,97	49,38%	103,07%	40,04	14,58	44,91%	93,75%
α = 0,90	1T	35,84	14,32	70,35%	126,49%	35,77	14,37	69,72%	125,36%	37,25	15,10	62,58%	112,51%	38,53	16,52	54,44%	97,89%
	2T	35,98	14,73	68,55%	120,92%	35,89	14,76	68,06%	120,05%	37,38	15,48	59,75%	105,40%	38,64	16,88	51,03%	90,01%
	3T	36,29	14,59	67,66%	123,07%	36,20	14,65	67,16%	122,16%	37,71	15,36	59,12%	107,53%	38,94	16,76	50,39%	91,65%
	4T	36,07	14,29	69,26%	127,75%	35,99	14,35	68,63%	126,60%	37,48	15,06	61,54%	113,52%	38,74	16,48	53,61%	98,89%
	1I	36,43	12,69	69,17%	130,53%	36,36	12,75	68,55%	129,35%	37,88	13,30	61,59%	116,22%	39,18	15,06	54,02%	101,93%
	2I	36,56	13,23	66,91%	123,69%	36,48	13,28	66,38%	123,06%	38,01	14,02	58,35%	107,85%	39,30	15,53	49,47%	91,45%
	3I	37,47	13,20	65,41%	126,59%	37,35	13,26	65,07%	125,92%	38,71	13,98	57,18%	110,66%	40,13	15,50	48,53%	93,91%
	4I	36,86	12,70	67,72%	131,97%	36,77	12,76	67,07%	130,71%	38,26	13,50	60,29%	117,50%	39,56	15,04	53,00%	103,28%
	1C	37,55	11,84	66,55%	136,85%	37,47	11,88	65,91%	135,54%	39,02	12,65	59,11%	121,56%	40,28	14,30	51,53%	105,97%
	2C	37,98	12,21	65,12%	129,73%	37,84	12,25	64,52%	128,53%	39,30	13,02	56,85%	113,26%	40,70	14,63	48,73%	97,06%
	3C	38,24	12,23	63,90%	131,69%	38,11	12,28	63,50%	130,86%	39,58	13,03	55,89%	115,18%	40,96	14,64	48,03%	98,99%
	4C	37,71	11,87	65,49%	136,70%	37,62	11,92	64,97%	135,61%	39,21	12,68	58,19%	121,47%	40,44	14,31	50,69%	105,82%

Para a temperatura operativa, observou-se mais uma vez que a To_{min} das UH ficaram dentro do limite estabelecido pela NBR-15575, no entanto, para a $To_{máx}$, apesar de apresentarem um resultado satisfatório para o cenário atual, cores médias e escuras elevaram o ΔTo para valores fora dos limites aceitáveis já para o cenário climático de 2050 enquanto para cores claras, apenas as UH-03C e UH-04C apresentaram desempenho satisfatório (Figura 6).

Figura 6 – ΔTo (em °C) para $To_{máx}$ e $To_{mín}$ em cada UH e cenário climático avaliado para a cidade de Uruguaiana - RS



4.4 São Paulo – SP (ZB-3)

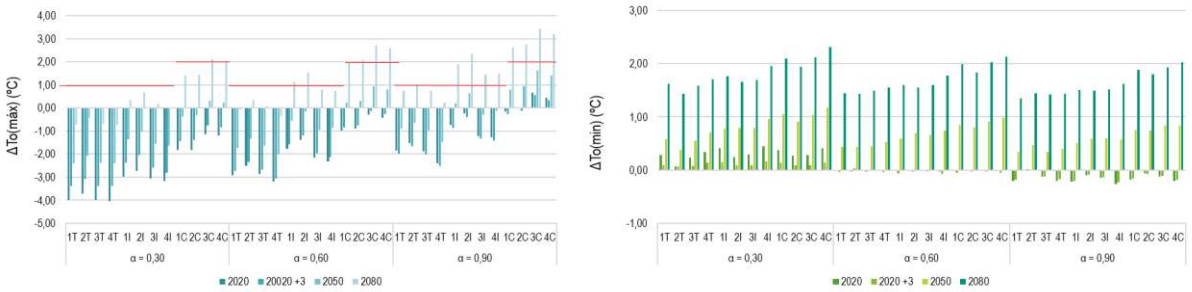
Na cidade de São Paulo – SP, apenas o envelhecimento das fachadas, assim como na cidade de Curitiba e Uruguaiana não representou impacto significativo no desempenho térmico, no entanto, as mudanças climáticas fizeram com que as UH-02 (T, I e C) e UH-03 (I e C) para cores médias não apresentassem um desempenho satisfatório, assim como todas as UH para o cenário climático de 2080 (tabela 3).

Tabela 3 – Dados obtidos para $To_{máx}$, $To_{mín}$ e $PHFT_{UH}$ para a cidade de São Paulo – SP e relação entre $PHFT_{UH}$ e $PHFT_{MR}$

		2020				2020 (+3)				2050				2080			
		Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)
α = 0,30	1T	29,91	18,26	88,92%	113,87%	30,52	18,08	86,86%	111,24%	31,52	18,56	75,59%	96,81%	33,17	19,60	48,26%	61,81%
	2T	30,20	18,20	88,52%	114,30%	30,82	18,20	86,16%	111,25%	31,82	18,52	73,27%	94,61%	33,49	19,57	44,20%	57,07%
	3T	29,92	18,31	89,22%	115,27%	30,52	18,16	86,63%	111,93%	31,53	18,64	74,11%	95,75%	33,19	19,67	46,27%	59,78%
	4T	29,85	18,18	89,35%	114,15%	30,52	17,97	87,37%	111,62%	31,52	18,54	76,51%	97,74%	33,17	19,54	50,77%	64,86%
	1I	30,92	17,75	87,12%	113,43%	31,54	17,49	84,91%	110,56%	32,55	18,12	73,60%	95,82%	34,25	19,11	46,63%	60,71%
	2I	31,18	17,87	86,24%	115,33%	31,86	17,72	83,16%	111,22%	32,88	18,42	69,44%	92,86%	34,58	19,28	41,12%	55,00%
	3I	30,85	17,82	86,50%	116,08%	31,32	17,62	83,56%	112,14%	32,35	18,32	70,39%	94,47%	34,07	19,22	42,66%	57,25%
	4I	30,75	17,59	87,62%	113,58%	31,10	17,31	85,57%	110,91%	32,27	18,10	74,79%	96,95%	33,90	19,11	49,28%	63,88%
	1C	32,07	17,22	84,45%	113,54%	32,48	16,98	82,42%	110,82%	33,53	17,89	70,55%	94,86%	35,30	18,94	43,84%	58,95%
	2C	32,09	17,38	83,99%	114,91%	32,52	17,20	81,30%	111,23%	33,58	18,02	67,81%	92,77%	35,34	19,05	40,12%	54,89%
	3C	32,77	17,20	83,32%	115,12%	33,15	17,01	80,93%	111,81%	34,20	17,95	67,69%	93,52%	36,01	19,03	40,67%	56,20%
	4C	32,72	17,03	84,04%	113,80%	33,07	16,77	82,03%	111,07%	34,13	17,79	70,72%	95,76%	35,93	18,93	45,09%	61,06%
α = 0,60	1T	30,98	17,98	86,05%	110,20%	31,17	17,94	84,65%	108,41%	32,17	18,41	72,87%	93,32%	33,83	19,43	45,53%	58,31%
	2T	31,39	18,10	84,85%	109,56%	31,57	18,17	83,32%	107,58%	32,57	18,57	69,17%	89,31%	34,24	19,57	40,79%	52,67%
	3T	31,05	18,05	85,38%	110,31%	31,22	18,06	83,88%	108,38%	32,26	18,53	70,31%	90,84%	33,96	19,57	42,80%	55,29%
	4T	30,72	17,83	86,68%	110,74%	30,85	17,79	85,51%	109,25%	31,88	18,36	74,35%	94,98%	33,55	19,39	48,12%	61,48%
	1I	32,13	17,33	84,29%	109,75%	32,32	17,28	83,07%	108,15%	33,33	17,93	71,24%	92,76%	35,04	18,94	44,66%	58,14%
	2I	32,51	17,61	81,52%	109,02%	32,72	17,60	79,83%	106,76%	33,74	18,32	65,51%	87,61%	35,45	19,18	38,09%	50,94%
	3I	31,77	17,52	82,01%	110,07%	31,93	17,50	80,45%	107,97%	32,96	18,19	66,76%	89,59%	34,71	19,12	39,45%	52,95%
	4I	31,60	17,12	85,12%	110,33%	31,78	17,08	83,90%	108,76%	33,04	17,89	72,91%	94,51%	34,66	18,93	47,46%	61,52%
	1C	32,92	16,83	81,76%	109,94%	33,07	16,79	80,37%	108,07%	34,13	17,70	68,20%	91,70%	35,89	18,83	42,21%	56,75%
	2C	33,00	17,11	79,98%	109,41%	33,16	17,09	78,46%	107,33%	34,22	17,91	63,89%	87,41%	35,98	18,96	37,47%	51,26%
	3C	33,61	16,90	79,81%	110,26%	33,78	16,88	78,28%	108,16%	34,84	17,83	64,20%	88,70%	36,62	18,94	37,96%	52,44%
	4C	33,48	16,60	81,59%	110,48%	33,64	16,57	80,17%	108,56%	34,70	17,60	68,52%	92,78%	36,48	18,76	43,38%	58,74%
α = 0,90	1T	32,06	17,78	89,88%	115,10%	31,91	17,80	89,80%	115,00%	33,01	18,32	82,00%	105,02%	34,65	19,33	63,23%	80,97%
	2T	32,38	18,15	87,79%	113,35%	32,25	18,12	87,99%	113,61%	33,26	18,60	78,81%	101,76%	34,92	19,58	58,99%	76,16%
	3T	32,03	17,96	87,88%	113,55%	31,89	17,95	87,95%	113,63%	32,92	18,42	79,13%	102,24%	34,65	19,50	60,43%	78,08%
	4T	31,49	17,63	90,49%	115,60%	31,39	17,66	90,42%	115,51%	32,43	18,23	82,96%	105,98%	34,13	19,26	64,91%	82,93%
	1I	33,18	17,12	88,63%	115,39%	33,04	17,14	88,59%	115,35%	34,11	17,85	80,91%	105,34%	35,80	18,84	62,44%	81,30%
	2I	33,67	17,52	84,86%	113,49%	33,52	17,53	84,98%	113,65%	34,54	18,21	75,03%	100,35%	36,25	19,12	55,55%	74,30%
	3I	32,70	17,38	84,83%	113,84%	32,57	17,39	85,03%	114,11%	33,61	18,13	75,51%	101,34%	35,36	19,04	56,85%	76,30%
	4I	32,62	16,89	89,16%	115,57%	32,49	16,92	89,15%	115,56%	33,77	17,73	81,89%	106,14%	35,39	18,78	66,49%	83,59%
	1C	33,74	16,67	86,21%	115,92%	33,64	16,68	86,15%	115,83%	34,70	17,59	77,91%	104,76%	36,50	18,72	59,90%	80,55%
	2C	33,91	17,05	83,44%	114,15%	33,79	17,04	83,47%	114,19%	34,85	17,86	73,83%	101,00%	36,66	18,92	55,06%	75,35%
	3C	34,58	16,79	82,59%	114,10%	34,45	16,80	82,80%	114,39%	35,52	17,75	73,12%	101,03%	37,34	18,84	55,41%	76,55%
	4C	34,36	16,41	85,53%	115,81%	34,24	16,44	85,44%	115,70%	35,31	17,46	77,40%	104,81%	37,13	18,65	60,72%	82,22%

A figura 7 apresenta o ΔTo para a cidade de São Paulo e observa-se que embora todas as UH de acordo com o critério do PHFT não obtenham desempenho satisfatório, o ΔTo_{min} obtido está dentro do limite aceitável e o $\Delta To_{máx}$ apenas em algumas UH para o cenário climático de 2080 encontram-se fora do considerado aceitável pela NBR-15575, corroborando com a necessidade de avaliação dos critérios de forma integrada.

Figura 7 – ΔTo (em °C) para $To_{máx}$ e $To_{mín}$ em cada UH e cenário climático avaliado para a cidade de São Paulo - SP



4.5 Brasília – DF (ZB-4)

O $PHFT_{UH}$ na cidade de Brasília – DF para as UH simuladas sofreu influência direta do envelhecimento das fachadas nas Uh localizadas no pavimento da cobertura já para o cenário climático atual, para os cenários climáticos futuros esta influência foi mais notada à medida em que todas as UH obtiveram um percentual de horas com temperatura operativa abaixo do recomendado pela norma em um longo período do ano, como é possível observar na tabela 4.

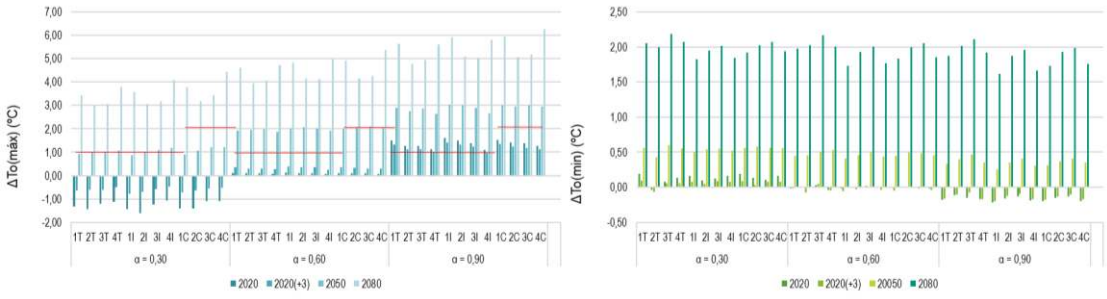
Tabela 4 – Dados obtidos para $To_{máx}$, $To_{mín}$ e $PHFT_{UH}$ para a cidade de Brasília DF e relação entre $PHFT_{UH}$ e $PHFT_{MR}$

		2020				2020 +3				2050				2080			
		Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)	Tomáx (°C)	Tomín (°C)	PHFT	PHFT (UH/MR)
α = 0,30	1T	31,81	19,74	44,16%	122,63%	32,49	19,65	39,12%	108,62%	34,06	20,11	24,77%	68,78%	36,57	21,61	9,67%	26,86%
	2T	32,57	19,68	43,81%	134,94%	33,41	19,65	36,86%	113,54%	35,02	20,15	20,39%	62,82%	37,02	21,72	6,66%	20,51%
	3T	31,98	19,81	46,37%	132,78%	32,60	19,79	39,59%	113,37%	34,23	20,33	21,29%	60,98%	36,27	21,92	7,54%	21,59%
	4T	31,62	19,76	46,48%	120,55%	32,26	19,68	41,81%	108,44%	33,82	20,17	26,00%	67,44%	36,52	21,69	10,96%	28,44%
	1I	32,89	19,42	42,71%	118,14%	33,55	19,34	38,63%	106,85%	35,20	19,76	25,56%	70,69%	37,90	21,08	10,91%	30,18%
	2I	33,41	19,58	39,84%	133,03%	34,32	19,53	34,16%	114,06%	36,00	20,02	19,49%	65,08%	38,08	21,43	5,97%	19,93%
	3I	32,57	19,62	42,77%	131,91%	33,22	19,59	36,77%	113,42%	34,89	20,05	20,54%	63,36%	36,99	21,51	6,90%	21,27%
	4I	32,20	19,43	45,52%	116,77%	32,79	19,34	41,41%	106,23%	34,44	19,79	27,42%	70,36%	37,35	21,11	12,26%	31,46%
	1C	33,59	19,45	36,09%	115,03%	34,26	19,35	33,34%	106,28%	35,89	19,82	22,18%	70,70%	38,76	21,19	9,00%	28,67%
	2C	33,85	19,58	33,85%	126,51%	34,62	19,48	29,89%	111,69%	36,34	20,03	18,16%	67,85%	38,44	21,47	5,94%	22,19%
	3C	33,92	19,60	35,05%	124,91%	34,48	19,57	31,15%	110,99%	36,23	20,05	18,81%	67,03%	38,46	21,56	6,59%	23,49%
	4C	33,97	19,47	37,55%	113,47%	34,52	19,39	34,79%	105,13%	36,27	19,87	23,09%	69,78%	39,49	21,25	9,96%	30,11%
α = 0,60	1T	33,25	19,53	35,61%	98,88%	33,51	19,53	34,61%	96,09%	35,05	20,00	22,34%	62,05%	37,75	21,53	8,31%	23,06%
	2T	34,12	19,72	31,85%	98,09%	34,34	19,65	30,64%	94,37%	35,97	20,17	16,60%	51,12%	37,97	21,75	5,21%	16,05%
	3T	33,30	19,76	34,33%	98,31%	33,51	19,78	32,87%	94,14%	35,18	20,24	17,77%	50,88%	37,26	21,90	6,07%	17,37%
	4T	32,82	19,58	38,09%	98,80%	33,00	19,57	37,11%	96,25%	34,62	20,16	23,67%	61,40%	37,46	21,63	9,71%	25,20%
	1I	34,45	19,24	35,83%	99,10%	34,72	19,21	34,97%	96,74%	36,32	19,66	23,35%	64,58%	39,15	20,99	9,50%	26,29%
	2I	35,12	19,47	29,44%	98,32%	35,37	19,46	28,03%	93,60%	37,07	19,94	15,53%	51,87%	39,15	21,41	4,65%	15,51%
	3I	33,91	19,52	31,78%	98,02%	34,15	19,51	30,46%	93,95%	35,80	20,01	16,84%	51,95%	37,93	21,50	5,44%	16,79%
	4I	33,34	19,27	38,62%	99,09%	33,51	19,23	37,70%	96,72%	35,19	19,70	25,07%	64,32%	38,24	21,03	11,08%	28,43%
	1C	35,10	19,27	31,16%	99,33%	35,35	19,22	30,47%	97,12%	37,01	19,71	20,25%	64,56%	39,92	21,10	7,80%	24,87%
	2C	35,37	19,45	26,26%	98,14%	35,60	19,44	25,25%	94,35%	37,32	19,94	14,86%	55,55%	39,43	21,44	4,56%	17,03%
	3C	35,12	19,48	27,55%	98,16%	35,34	19,47	26,57%	94,67%	37,14	19,97	15,66%	55,82%	39,29	21,54	5,32%	18,97%
	4C	35,14	19,30	32,80%	99,12%	35,34	19,28	31,94%	96,51%	37,13	19,77	21,26%	64,25%	40,41	21,17	8,91%	26,92%
α = 0,90	1T	34,64	19,37	30,83%	85,61%	34,47	19,39	31,47%	87,40%	36,03	19,89	20,46%	56,81%	38,76	21,42	7,25%	20,13%
	2T	35,30	19,61	24,84%	76,52%	35,16	19,62	25,75%	79,30%	36,76	20,12	14,08%	43,35%	38,79	21,74	4,32%	13,30%
	3T	34,49	19,58	26,92%	77,08%	34,33	19,65	27,84%	79,72%	36,06	20,20	15,31%	43,84%	38,16	21,84	5,16%	14,79%
	4T	33,86	19,45	33,46%	86,79%	33,72	19,45	33,85%	87,80%	35,37	19,98	21,84%	56,64%	38,33	21,54	8,76%	22,72%
	1I	35,94	19,04	31,77%	87,89%	35,75	19,06	32,20%	89,06%	37,37	19,52	21,66%	59,90%	40,24	20,87	8,44%	23,35%
	2I	36,51	19,32	22,77%	76,04%	36,34	19,36	23,41%	78,17%	38,01	19,84	12,71%	42,45%	40,12	21,35	3,77%	12,58%
	3I	35,20	19,37	25,04%	77,23%	35,04	19,41	25,84%	79,71%	36,70	19,91	14,31%	44,14%	38,82	21,45	4,45%	13,71%
	4I	34,36	19,08	34,39%	88,24%	34,22	19,10	34,95%	89,66%	35,92	19,57	23,36%	59,93%	39,06	20,93	10,11%	25,94%
	1C	36,50	19,06	27,31%	87,04%	36,33	19,08	27,78%	88,55%	37,99	19,58	18,37%	58,57%	40,93	20,99	6,83%	21,77%
	2C	36,68	19,30	20,94%	78,25%	36,52	19,32	21,54%	80,50%	38,21	19,82	12,21%	45,64%	40,33	21,37	3,75%	14,01%
	3C	36,40	19,36	22,19%	79,07%	36,23	19,39	22,71%	80,93%	38,05	19,90	13,61%	48,51%	40,21	21,48	4,44%	15,82%
	4C	36,33	19,11	29,01%	87,66%	36,17	19,15	29,42%	88,89%	37,99	19,67	19,55%	59,06%	41,32	21,08	8,14%	24,59%

Já para a temperatura operativa, a $To_{mín}$ não foi afetada pelo envelhecimento das fachadas nem pelas mudanças climáticas, no entanto, para a $To_{máx}$ com cores claras, não foi mantido o desempenho para o cenário climático de 2080 com as UH-04T, UH-02I, 03I e 04I este desempenho foi comprometido já no cenário de 2050. Para as cores médias, as mudanças climáticas afetaram diretamente o desempenho térmico das UH, sando possível manter o desempenho térmico apenas para o cenário climático atual.

Já para as cores escuras, mesmo no cenário climático atual, as UH localizadas no térreo e pavimento intermediário não obtiveram um bom desempenho térmico e as UH localizadas no pavimento de cobertura conseguiram manter resultado satisfatório para o cenário atual, no entanto perdem este desempenho para cenários futuros (Figura 8).

Figura 8 – ΔTo (em °C) para $To_{máx}$ e $To_{mín}$ em cada UH e cenário climático avaliado para a cidade de brasília - DF



5 CONCLUSÕES

Ao avaliar o desempenho térmico de uma edificação padrão em quatro zonas bioclimáticas brasileiras, considerando o envelhecimento de fachadas e as mudanças climáticas como variável, é possível afirmar que edificações localizadas em climas mais frios são mais resilientes às mudanças climáticas e mesmo que projetadas e produzidas com cores escuras, o desempenho térmico será perdido em

apenas algumas UH da edificação.

Para climas mais severos, como é o caso da cidade de Brasília e São Paulo, deve-se pensar em estratégias além das recomendações da NBR-15575 para garantir que as edificações mantenham seu desempenho durante toda a vida útil de projeto, pois pensar em edificações para o futuro não é somente garantir um bom desempenho no cenário climático atual, mas garantir que serão resistentes às mudanças climáticas que é uma realidade na sociedade atual.

Projetar edificações de forma responsável e eficiente é uma função do arquiteto e urbanista que deve garantir o uso e ocupação dos espaços de forma agradável, evitando assim futuros gastos com manutenção e uso de equipamentos mecânicos para refrigeração ou aquecimento.

Considerando o período de vida útil de projeto para sistemas de vedação vertical externos que é de 40 anos, a edificação deveria apresentar desempenho satisfatório até o ano de 2060 ao considerar a data inicial de 2020, no entanto, este fato não foi observado e no cenário de 2050 para a cidade de Brasília e em algumas UH na cidade de São Paulo, as edificações já não apresentaram bom desempenho térmico.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220–03**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____, **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho: Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ARAUJO, A. C. H; **Absortância solar e o envelhecimento natural de telhas expostas ao tempo**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IAU-USP, 2022.

COELHO, T. da C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. Desempenho térmico e absortância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 147-161, jan./mar. 2017.

DORNELLES, K. A.; SICHIERI, E. P. Efeitos do Intemperismo Natural Sobre a Refletância de Tintas Brancas Para Coberturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., Maceió, 2014. **Anais…** Maceió: ANTAC, 2014.

JENTSCH, M. F. **Climate Change Weather File Generators. Technical reference manual for the CCWeatherGen and CCWorldWeatherGen tools**. 2010.

LEVINSON, R.; BERDAHL, P.; AKBARI, H. Solar Spectral Optical Properties of Pigments: part 1: model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v. 89, p. 319-349, 2005.

LOUZICH, K. M. D.; CALLEJAD, I. J. A.; DURANTE, L. C.; MARTINS, A. F. S.; ROSSETI, K. A. C.; MARTINS, W. T. O. Absortância de telhas cerâmicas novas e deterioradas pela exposição às intempéries: impacto no desempenho térmico de edificações. In: ENTAC, 16., 2016, São Paulo. **Anais…** São Paulo, 2016.

TAKEBAYASHI, H.; MIKI, K.; SAKAI, K.; MURATA, Y.; MATSUMOTO, T.; WADA, S.; AOYAMA, T. Experimental examination of solar reflectance of high-reflectance paint in Japan with natural and accelerated aging. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 173-179, 2016.

WERLE, A. P.; LOH, K.; JOHN, V. M. Pintura à Base de Cal Como alternativa de Revestimento Frio. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 149-157, jul./set. 2014.