COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES COM CAPTADORES DE VENTO MULTIDIRECIONAIS E COBERTURA VERDE[1]

ANDRADE, N.C., Universidade de São Paulo, e-mail: deandraden@bol.com.br; DORNELLES, K.A., Universidade de São Paulo, e-mail: kelend@usp.br

ABSTRACT

This research aims to evaluate the thermal behavior of a building with four types of wind tower, acting as catcher, associated with green roofs, using computational simulations with the EnergyPlus® software. The methodology of the work has the following steps: construction of the geometry of the models, definitions of the envelope, including the natural ventilation, and simulations in the EnergyPlus® software, for eight cities, representing each of the Brazilian bioclimatic zones, during the winter and summer periods. From the analysis of the results, represented by the graphs of the average day, it was observed that the green cover on the tower slab and / or the building reduced the internal air temperature in these environments, mainly in the Bioclimatic Zone 6, represented by the city of Goiânia , where there was a reduction of up to 6.4 ° C of the internal temperature of the building in relation to the external, directing architects and engineers to incorporate the wind towers correctly in their projects.

***Keywords**: Wind catcher. Green roof. Bioclimatic architecture. Computational simulation..*

1 INTRODUÇÃO

Uma alternativa para potencializar o uso da ventilação natural na edificação é a utilização de torres de vento situadas acima do nível da cobertura, funcionando como captadores de ar, sendo eficientes na promoção da renovação do ar e do conforto higrotérmico.

Segundo Bahadori (1994), as torres funcionando como captadores de vento ou "Baud-Geers" (em persa) consistem em torres projetadas para "capturar" o vento, que passa acima da cobertura das edificações, e redirecioná-lo para os espaços interiores de uma edificação.

Entretanto, quando não há vento ou a velocidade do vento é baixa, é necessária a combinação da torre de vento com outro sistema de resfriamento passivo como as coberturas verdes.

Tsang e Jim (2011) relataram que a disponibilidade de água de coberturas verdes se relaciona positivamente com a taxa de evapotranspiração, e a dissipação de calor latente e convecção do ar aumentam a eficácia da dispersão calorífica excessiva do solo, no qual a mudança de estado da água pode extrair o calor solar absorvido, transmiti-lo ao ambiente externo e nele reduzir o armazenamento de calor.

Este artigo tem como objetivo avaliar o comportamento térmico de uma

[1] ANDRADE, N.C. , DORNELLES, K.A. Comportamento térmico de edificações com captadores de vento multidirecionais e cobertura verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

edificação com torre de vento, atuando como captador, em combinação com cobertura verde, para oito cidades brasileiras, uma de cada zona bioclimática do Brasil, nos períodos de inverno e verão, cuja ferramenta utilizada é o software EnergyPlus®.

Os resultados obtidos a partir de uma série de simulações computacionais permitiram a análise e comparação dos diversos projetos propostos, auxiliando, portanto, na determinação das configurações mais viáveis para o resfriamento do ar no interior da edificação, cujos benefícios proporcionados são o conforto térmico e a economia de energia elétrica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Givoni (1976), quando um edifício não é ventilado, a temperatura do ar interno atinge valores em torno da temperatura externa. Do contrário, o ar que entra no espaço interior tem a sua temperatura semelhante à exterior, mas ao atravessar tal espaço há a troca de calor de acordo com a diferença das temperaturas interna e externa.

Saadatian et al. (2012) afirmaram que os captadores de vento podem ser utilizados como uma tentativa sustentável de resfriamento e ventilação, principalmente quando combinados com outros sistemas de refrigeração e ventilação mecânica, mas requer um sistema de controle elétrico de alta tecnologia para operar, reduzindo a temperatura em até 15°C e dobrando o fluxo de ar interno.

Andrade et al. (2016) propuseram a construção de uma torre octogonal em uma sala de aula universitária, a fim de promover maior conforto térmico no ambiente pela ventilação cruzada e analisá-lo através de simulações no software CFX®. Os resultados permitiram concluir que a posição da torre a 0° em relação ao vento aumentou a ventilação interna por apresentar os maiores valores, permitindo uma ligeira melhora na ventilação dentro do edifício.

Lee, Kim e Lee (2013) relataram sobre a importância em considerar os efeitos da ilha de calor urbana no planejamento de cidades com alta densidade populacional e construtiva, desenvolvendo estratégias para sua redução, como as coberturas verdes, sendo possível uma diminuição de até 10°C na temperatura superficial e mais de 4°C na temperatura do ar externo, promovendo o alívio efetivo dos estresses térmicos no meio urbano.

Abreu, Góes e Baumann (2015) avaliaram a aplicação de cobertura verde com relação ao seu potencial de redução da carga térmica interna, em protótipos parciais, com materiais drenantes diferentes e mesmas alturas de substratos de terra e tipo de vegetação. A comparação de tipos diferentes de camada drenante, brita e argila expandida, mostrou que o protótipo com argila expandida manteve-se em média 0,5°C abaixo da temperatura medida na camada de brita.

3 METODOLOGIA

3.1. Geometria dos modelos

Para essa pesquisa foram adotadas quatro tipos de torres com as seguintes geometrias: unidirecional (uma abertura), tetradirecional (quatro aberturas), octodirecional (oito aberturas) e dodecadirecional (doze aberturas).

A primeira etapa da simulação foi construir a geometria no aplicativo SketchUp®, o qual possui um plugin que transfere as dimensões dos modelos, em forma de coordenadas cartesianas, para o software EnergyPlus®.

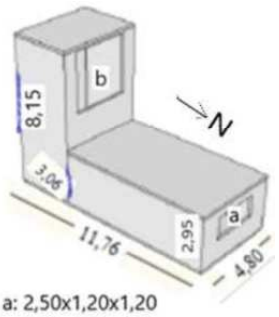
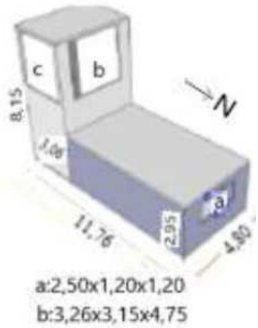
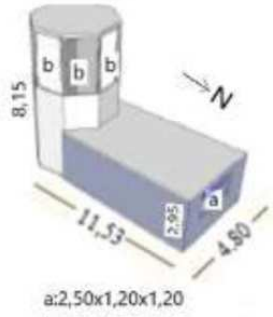
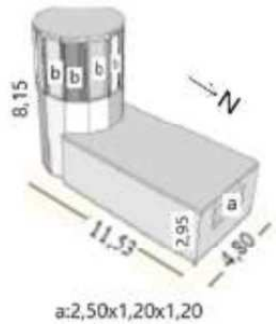
Os modelos possuem todos os elementos de interesse e suas características reais foram construídas com o máximo de precisão (Quadro1).

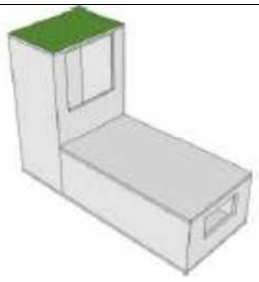
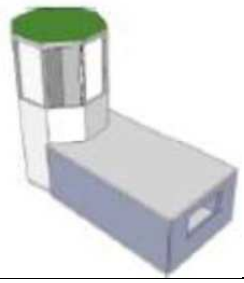
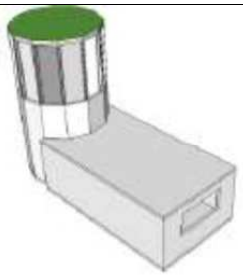
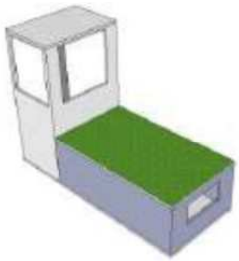
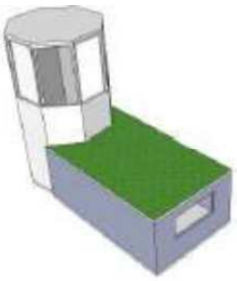
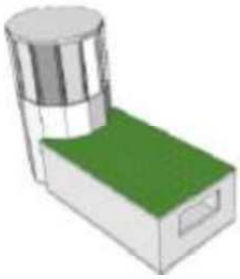
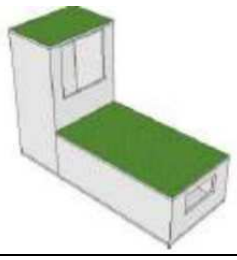
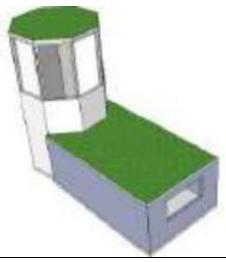
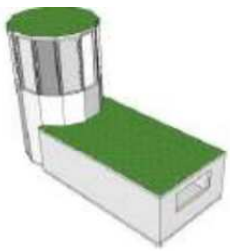
3.2. Definição dos modelos computacionais

3.2.1. Definições da envoltória

As paredes da edificação e da torre são de alvenaria constituída por tijolo cerâmico maciço (9,0cm x 5,0cm x 19,0cm), revestidas em ambas as faces com 3cm de argamassa de areia, cimento e cal, pintadas com tinta branca, totalizando 15cm de espessura, e para a cobertura foram definidas quatro tipologias distintas, aplicadas a cada torre, conforme o Quadro1.

Quadro 1 – Tipos das edificações com as torres analisadas

Torre X Casos	Unidirecional	Tetradirecional	Octodirecional	Dodecadirecional
Cobertura da torre e edificação em laje de concreto pintada de branco com 15cm de espessura (C1)	 a: 2,50x1,20x1,20 b: 3,26x3,15x4,75	 a:2,50x1,20x1,20 b:3,26x3,15x4,75 c:2,86x3,15x4,75	 a:2,50x1,20x1,20 b:1,70x2,95x4,95	 a:2,50x1,20x1,20 b:1,10x3,06x4,84
Cobertura verde na torre e laje de concreto pintada de branco				

com 15cm de espessura na edificação (C2)				
Laje de concreto pintada de branco com 15cm de espessura na torre e cobertura verde na edificação (C3)				
Cobertura verde na torre e na edificação (C4)				

Fonte: Os autores

O piso dos dois ambientes foi constituído por uma camada de concreto com 15cm de espessura, permitindo trocas térmicas entre os ambientes e o solo.

A abertura da edificação foi sempre orientada na direção Norte, pois todas as cidades simuladas encontram-se no hemisfério Sul, permitindo a circulação permanente do ar.

3.2.2. Uso e ocupação, Iluminação e Equipamentos

A edificação foi considerada sem ocupação de pessoas e energia elétrica, pois os objetos de estudo são células-teste.

3.2.3. Ventilação

A ventilação natural foi simulada utilizando-se o algoritmo AirflowNetwork® incorporado ao software EnergyPlus®, ocorrendo durante todo o dia.

3.2.4. Locais simulados

Os modelos foram simulados para 8 cidades brasileiras, uma para cada Zona Bioclimática Brasileira, de acordo com a classificação da NBR-15220 (ABNT, 2005).

O critério de escolha das cidades foi a disponibilidade de dados para simular dias típicos para inverno e verão, além da localização destas cidades, devendo contemplar todas as regiões brasileiras (Quadro 2).

Os arquivos EPW foram retirados do site da empresa Roriz Bioclimática (http://www.roriz.eng.br/epw_9.html).

Quadro 2– Cidades selecionadas para as simulações

Cidade	Estado	Zona	Direção predominante do vento
São Joaquim	SC	1	Norte
Teresópolis	RJ	2	Nordeste
Belo Horizonte	MG	3	Leste
São Carlos	SP	4	Leste
Vitória da Conquista	BA	5	Leste
Goiânia	GO	6	Calmo
Cuiabá	MT	7	Calmo
Belém	PA	8	Calmo

Fonte: www.inmet.gov.br/webcdp/.../Vento-Direcao-Predominante_NCB_1961-1990.xls

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

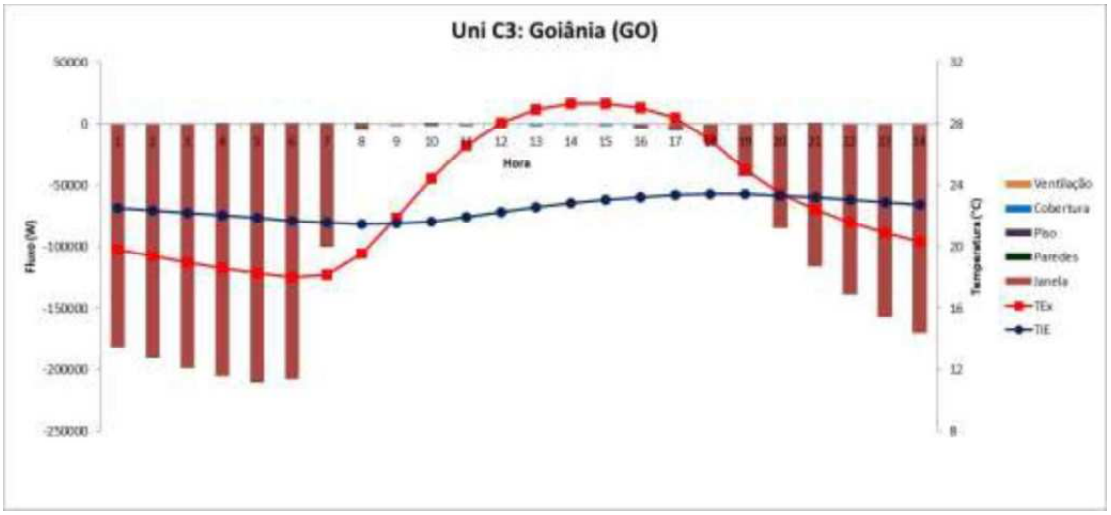
Os resultados são representados a seguir pelos gráficos do dia médio das temperaturas e do fluxo térmico com o período em que ocorre a maior diferença entre as temperaturas internas e externas à edificação.

4.1 Torre Unidirecional

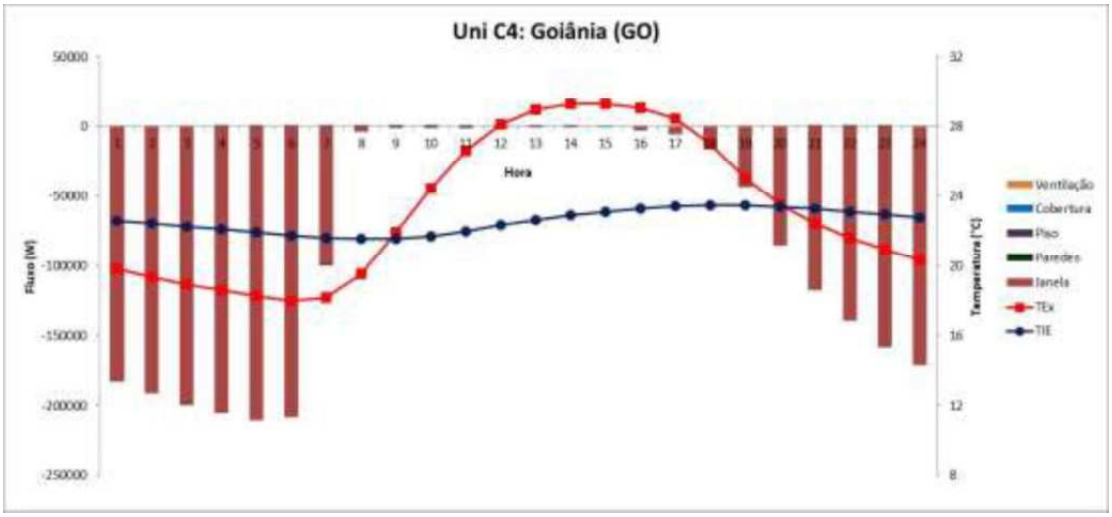
Percebe-se pela Figura 1 que nos casos 3 e 4 houve um melhor desempenho dessa torre para a edificação na cidade de Goiânia, atingindo às 14 horas a sua maior diferença entre as temperaturas externa e interna de 6,4°C, sendo que nos outros casos (C1 e C2) essa diferença foi em torno de 2,0°C entre às 12 e 13 horas.

Esse retardamento ocorre porque a área ocupada pela cobertura verde é maior nos dois últimos casos (C3 e C4), diminuindo assim a absorção de calor pelas lajes expostas, além de perder calor exclusivamente pelas janelas.

Figura 1 – Dia Médio: Temperaturas e Fluxo térmico para a edificação da torre unidirecional



TExt: Temperatura do ar externo; TIE: Temperatura do ar interno da edificação



TExt: Temperatura do ar externo; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

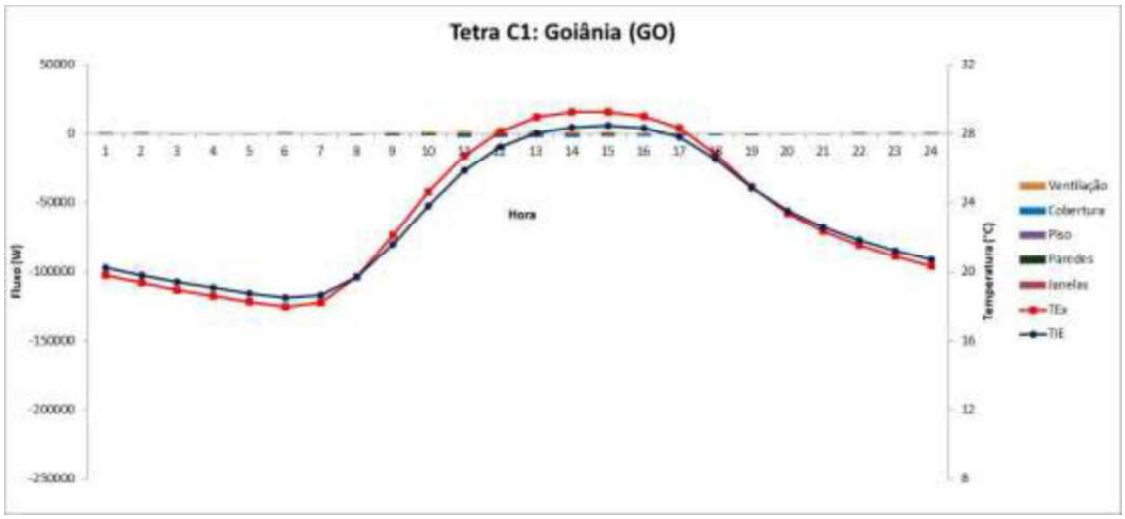
Fonte: Os autores

4.2 Torre Tetradirecional

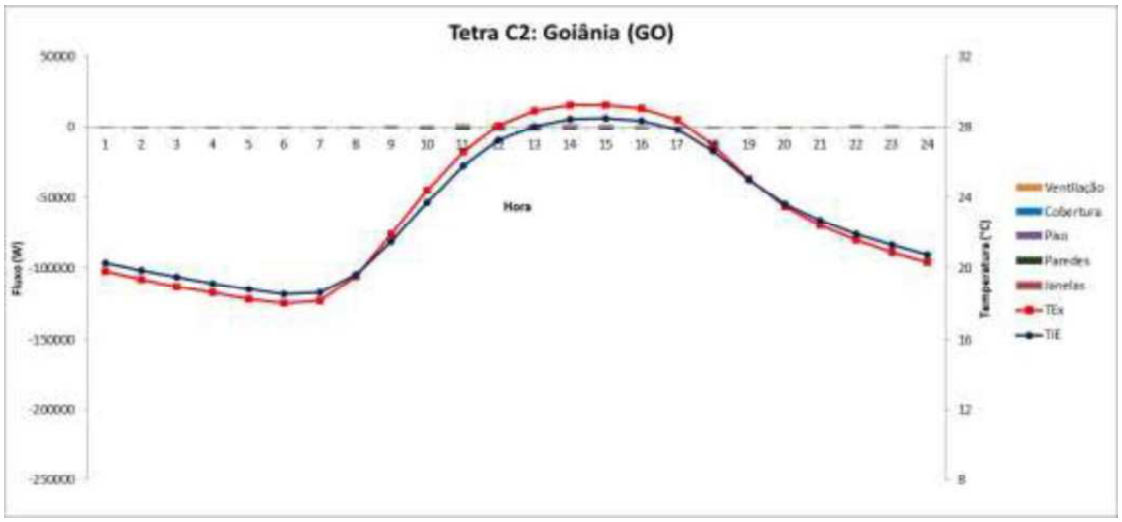
Observando a Figura 2 nota-se que nos casos C1 e C2 ocorreu um desempenho igual dessa torre na edificação para a cidade de Goiânia às 13 horas, no qual houve uma diferença entre as temperaturas interna e externa no valor de 0,9°C, ao contrário dos resultados da torre unidirecional.

Esse fato pode ser explicado pelo aumento do número de aberturas na torre, os quais aumentam a temperatura interna por meio da absorção de calor das paredes internas da torre (divisórias), e, consequentemente a laje exposta liberará esse calor rapidamente, embora perca calor pelas paredes e pelo piso.

Figura 2 – Dia Médio: Temperaturas e Fluxo térmico para a edificação da torre tetradirecional



TExt: Temperatura do ar externo; TIE: Temperatura do ar interno da edificação



TExt: Temperatura do ar externo; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

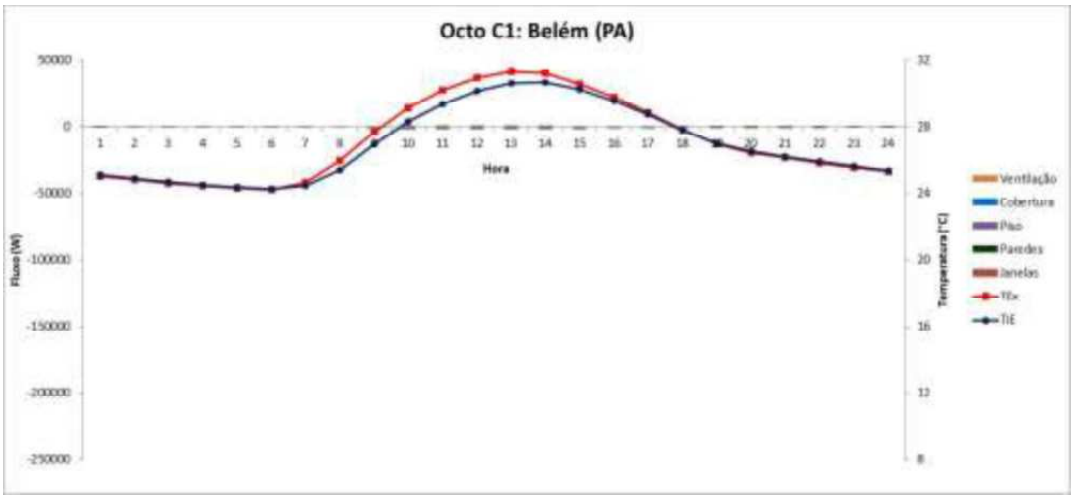
Fonte: Os autores

4.3 Torre Octodirecional

Observa-se pela Figura 3 que o caso C1 apresentou a maior diferença entre as temperaturas externas e internas da edificação em relação a essa torre para a cidade de Belém às 11 horas, cujo valor foi de 0,8°C, contrariando novamente os resultados da torre com uma abertura.

Essa situação ocorre pelo mesmo motivo que a torre tetradirecional, sendo que nesse caso o número de paredes internas da torre (divisórias) é maior, aumentando a absorção de calor e transferindo-o para a edificação, apesar de haver perda de calor pelo piso e pelas paredes.

Figura 3 – Dia Médio: Temperaturas e Fluxo térmico para a edificação da torre octodirecional



TExt: Temperatura do ar externo; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

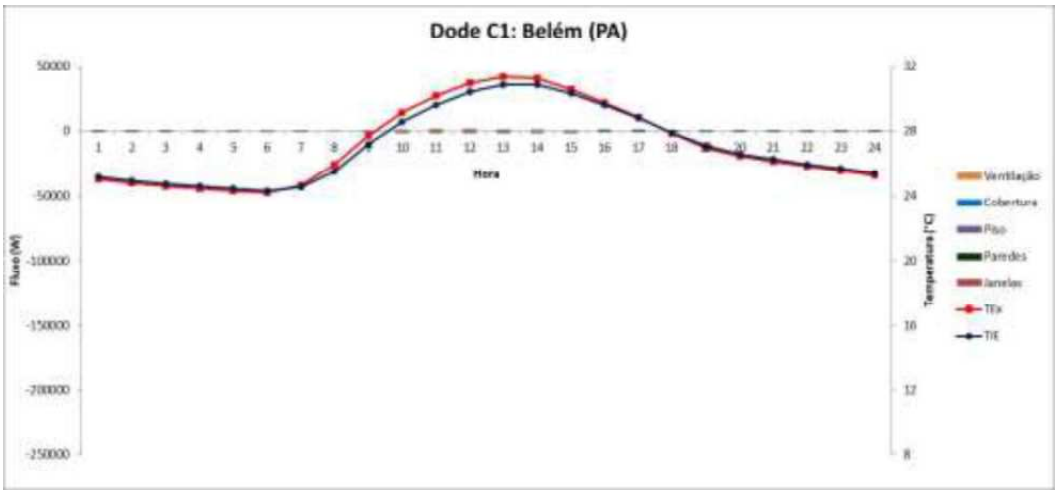
Fonte: Os autores

4.4 Torre Dodecadirecional

Pela Figura 4 verifica-se que houve destaque no caso C1 para a cidade de Belém às 11 horas, com uma diferença entre as temperaturas externas e internas de 0,6°C, discordando mais uma vez dos resultados da torre unidirecional.

Esse fato ocorre pelo mesmo motivo das torres com quatro e oito aberturas, uma vez que o número de paredes internas (divisórias) é maior quando comparado às outras, e, consequentemente a absorção de calor também se eleva, liberando calor pelas paredes e pelo piso.

Figura 4 – Dia Médio: Temperaturas e Fluxo térmico para a edificação da torre dodecadirecional



TExt: Temperatura do ar externo; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

A torre unidirecional com cobertura verde na edificação foi a que apresentou o melhor resultado, chegando a uma diferença de até 6,4°C entre as temperaturas externa e interna à edificação, ao contrário das outras torres com maior número de aberturas para a entrada do ar, devido ao aumento da temperatura do ar interno da torre provocado pela absorção de calor das divisórias, transferindo-o para o interior da edificação.

Quanto às cidades, Goiânia, pertencente a Zona Bioclimática 6, apresentou as maiores diferenças entre as temperaturas externa e interna à edificação para as torres uni e tetradirecional, seguida de Belém, vinculada a Zona Bioclimática 8, que mostrou maiores diferenças de temperaturas para as torres octo e dodecadirecional, por serem cidades com altas temperaturas predominantes em todo o ano, apesar de Belém ser mais quente, pois atingiu as máximas temperaturas uma hora antes que em Goiânia.

As simulações computacionais mostraram-se como uma ferramenta satisfatória, possibilitando a criação de um conjunto de diretrizes, para cada zona bioclimática, orientando arquitetos e engenheiros a incorporarem as torres de vento corretamente em seus projetos.

REFERÊNCIAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABREU, A.L.P.; GÓES, F.; BAUMANN, V.A.R. Protótipos parciais de cobertura verde para estudo da redução da carga térmica interna de edificação escolar em Florianópolis . In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2015, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

ANDRADE, N.C.; CASTRO, A.P.A.S.; MATHEUS, C.; LABAKI, L.C. Proposal for use of Wind Catcher in the Classroom University: A passive technic to improve thermal comfort of classrooms. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 32., 2016, Los Angeles. **Anais...** Los Angeles: University of Southern California, 2016. p. 1263-1268.

BAHADORI, M.N. Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the Middle East. **Renewable Energy**. V. 5, n. 5-8, p. 879-892, Aug. 1994.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. 2ed. London: Applied Science, 1976. 483 p.

LEE, J.S.; KIM, J.T.; LEE, M.G. Mitigation of urban heat island effect and green roofs. **Indoor and Built Environment**. V. 23, n.1, p. 62-69, Jan. 2013.

SAADATIAN, O.; HAW, L.C.H.; SOPIAN, K.; SULAIMAN, M.Y. Review of windcatcher Technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V. 16, n. 3, p. 1477-1495, Apr. 2012.

TSANG, S.W.; JIM, C.Y. Theoretical Evaluation of Thermal and Energy Performance of Tropical Green Roofs. **Energy.** V. 36, n. 5, p. 3590-3598, May. 2011.