XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ADEQUAÇÃO CLIMÁTICA DE EDIFICAÇÕES COM CAPTADOR DE VENTO E COBERTURA VERDE EM OITO CIDADES BRASILEIRAS

Nixon Cesar de Andrade (1); Kelen Almeida Dornelles (2)
(1) Engenheiro Civil, Pós-Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, deandraden@bol.com.br
(2) PhD, Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, kelend@usp.br
Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Avenida Trabalhador São-Carlense 400, São Carlos–SP, 13566-590, Tel.: (16) 3373 9285

RESUMO
Uma alternativa para adaptar a edificação ao clima local é a utilização de captadores de vento situados acima do nível da cobertura, combinados ou não com outro sistema de resfriamento passivo como as coberturas verdes, promovendo a renovação do ar e o conforto higrotérmico. O objetivo deste artigo é avaliar a adequação de captadores de vento, em combinação com cobertura verde nas edificações, para oito cidades brasileiras, uma de cada zona bioclimática do país, nos períodos de inverno e verão. A metodologia do trabalho possui as seguintes etapas: construção da geometria dos modelos, definições da envoltória, incluindo a ventilação natural e simulações no software EnergyPlus® para oito cidades brasileiras, representando cada uma das zonas bioclimáticas do país, nos períodos de inverno e verão. Posteriormente à análise dos resultados comprovou-se que a torre tetradirecional obteve maior número de escolha porque propiciou uma considerável quantidade de trocas de ar e reduzido tempo com a temperatura externa menor que a interna. A presença de cobertura verde na torre e na edificação também foi a mais adotada, pois proporciona alta inércia térmica, a qual promove o resfriamento da laje, permitindo elevar o período de conforto no interior da edificação. Além disso, a utilização de simulações computacionais mostrou-se como uma ferramenta satisfatória, possibilitando a avaliação dos ambientes analisados em curto período de tempo.
Palavras-chave: adequação ambiental, captador de vento, cobertura verde, simulação computacional.

ABSTRACT
Alternative to adapt buildings to local climate is the use of wind catchers above the level of the roof, combined or not with another passive cooling system such as green roofs, promoting air renewal and hygrothermal comfort. The objective of this paper is to evaluate the suitability of wind catchers in combination with green roof on buildings, for eight Brazilian cities according to each Brazilian bioclimatic zone, during winter and summer conditions. The methodology includes the following steps: construction of the models geometry, definitions of the envelope, including natural ventilation and simulations with EnergyPlus® software for eight Brazilian cities during winter and summer periods. The results analysis confirmed that the tetradirectional tower obtained a greater number of choices because it provided considerable amount of air changes and reduced time with outdoor temperature lower than indoor temperatures. The presence of green roof on the tower and building was also the better solution, since it offers high thermal inertia, which promotes the cooling of the slab, allowing increasing the comfort period inside the building. In addition, the use of building simulations proved to be a satisfactory tool, enabling the evaluation of the analysed environments in a short period of time.
Keywords: environmental adequacy, wind catcher, green roof, building simulation.

1. INTRODUÇÃO

Para Castro e Leder (2011) a atenção aos aspectos ligados às condições físicas de temperatura, umidade e ventilação por parte dos projetistas das edificações, tendo em conta o aproveitamento das potencialidades climáticas e a atenuação de seus efeitos negativos, deve ser primordial nos tempos atuais, buscando a redução dos custos de execução e manutenção das edificações.

Uma alternativa para adaptar a edificação ao clima local é a utilização de captadores de vento situados acima do nível da cobertura, combinados ou não com outro sistema de resfriamento passivo como as coberturas verdes, sendo eficientes como solução arquitetônica na promoção da renovação do ar e do conforto higrotérmico.

Muitos pesquisadores estudaram a eficiência de captadores de vento, como Khodakarami e Aboseba (2015), que analisaram a influência do número de aberturas da edificação e da direção do fluxo de ar na ventilação interna de uma edificação com captador de vento, utilizando o software Fluent®, comprovando a instabilidade de 2,5 vezes maior no captador com uma abertura em comparação ao de quatro aberturas.

Para Andrade et al (2016) a proposta de construir uma torre octogonal em uma sala de aula da Faculdade de Atibaia, por meio de simulações no software CFX®, permitiu concluir que a posição de 0° é a mais efetiva em aumentar a ventilação interna por apresentar os maiores valores quando comparada à posição de 90°.

A ventilação natural de uma edificação com dois andares e um captador de vento equipado a um aspersor d'água foi analisado por Poshtiri e Mohabbati (2017), a partir de simulações no software Fluent®, constatando que para velocidade do vento acima de 0,4m/s, os valores da taxa de troca de ar ficaram entre 3 e 20 por hora.

Noroozi e Veneris (2018) também investigaram um captador de vento de uma abertura com um sistema de resfriamento evaporativo, instalado na Universidade de Bozrgmehr, Irã, mostrando que a velocidade do ar interno foi maior em uma altura próxima a janela, quando estava aberta, e aproximadamente zero, quando fechada e numa altura bem abaixo dela.

Da mesma forma, as coberturas verdes auxiliam na amenização das temperaturas internas das edificações, fato comprovado por Abreu, Góes e Baumann (2015), que analisaram a aplicação de cobertura verde num prédio em Santa Catarina, em protótipos parciais, com a alteração da camada drenante: brita e argila expandida, a qual manteve-se com temperatura de 0,5°C abaixo da temperatura medida na camada de brita.

O consumo de energia e o comportamento térmico de três protótipos idênticos em Lérida, Espanha, foram avaliados por Coma et al (2016), sendo: laje tradicional, cobertura verde com camada drenante de raspas de borracha e cobertura verde com camada drenante de pozolana, constatando-se que os protótipos com vegetação consumiram menos energia durante os períodos mais quentes e nos períodos mais frios, quando comparados ao de laje tradicional.

As células-teste construídas por Jiang e Tang (2017) na Universidade de Xunquim, China, permitiram concluir que o desempenho térmico da integração entre a cobertura verde e a ventilação noturna em comparação com a cobertura tradicional pode reduzir a temperatura do ar interno (3,3°C em média) e os ganhos de calor em dias ensolarados (75% a 79%), mas não tem efeito apreciável em dias chuvosos.

Lee e Jim (2018) monitoraram uma cobertura verde intensiva e uma laje tradicional em Hong Kong, cujos resultados demonstraram que o sombreamento e a evapotranspiração da cobertura verde reduziram a temperatura próxima a superfície externa, atingindo diferenças de até 19,8°C em relação à tradicional, tanto nos dias ensolarados como também nos nublados e chuvosos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma adequação de captadores de vento, em combinação com cobertura verde, nas edificações, para oito cidades brasileiras, uma de cada zona bioclimática do país, nos períodos de inverno e verão, obedecendo as estratégias de condicionamento térmico passivo da NBR 15220 (ABNT, 2005).

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em duas etapas principais:

1. Geometria dos modelos.
2. Definição dos modelos computacionais representativos, utilizando o software EnergyPlus® versão 8.0.0.

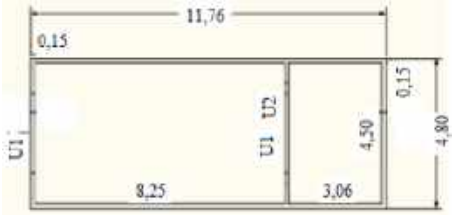
3.1. Geometria dos modelos

Para essa pesquisa foram adotados 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®.

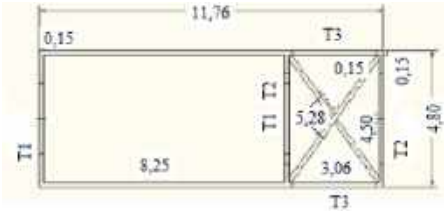
Os modelos possuem todos os elementos de interesse e suas características reais foram construídas com o máximo de precisão, pois a simplificação do modelo pode gerar dúvida sobre a confiabilidade dos resultados (Tabela 1).

Tabela 1– Esquema das edificações com as torres analisadas



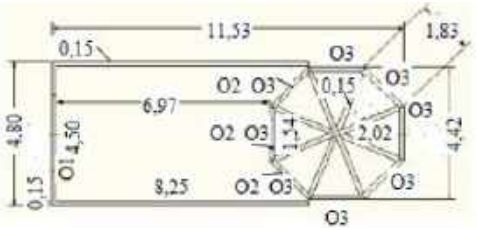
Abertura	U1	U2
Largura (m)	2,50	3,26
Altura (m)	1,20	3,15
Peitoril (m)	1,20	4,75
Quantidade	2	1

Unidirecional



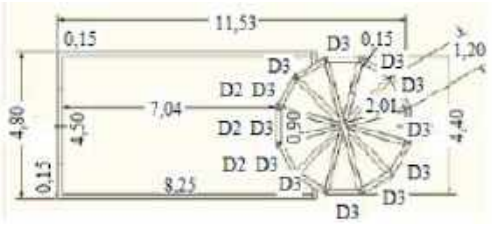
Abertura	T1	T2	T3
Largura (m)	2,50	3,26	2,86
Altura (m)	1,20	3,15	3,15
Peitoril (m)	1,20	4,75	4,75
Quantidade	2	2	2

Tetradirecional



Abertura	O1	O2	O3
Largura (m)	2,50	1,00	1,70
Altura (m)	1,20	1,00	2,95
Peitoril (m)	1,20	1,20	4,95
Quantidade	1	3	8

Octodirecional



Abertura	D1	D2	D3
Largura (m)	2,50	1,00	1,10
Altura (m)	1,20	1,00	3,06
Peitoril (m)	1,20	1,20	4,84
Quantidade	1	3	12

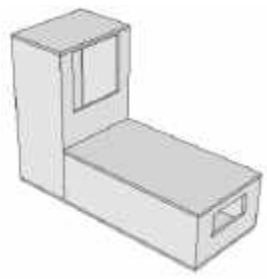
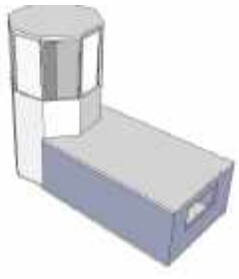
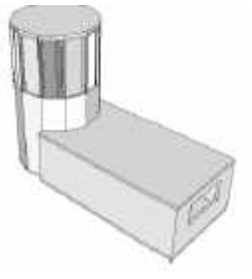
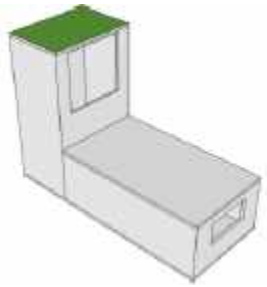
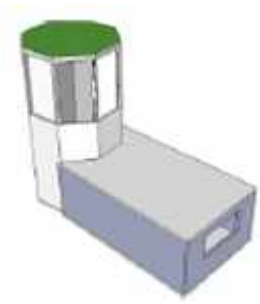
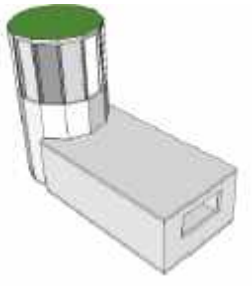
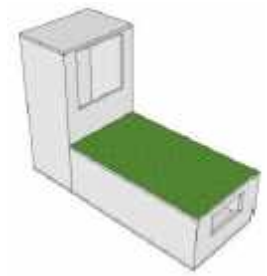
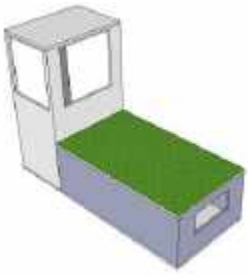
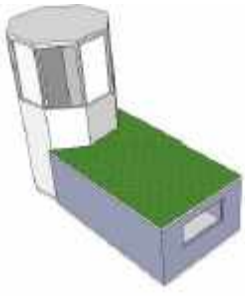
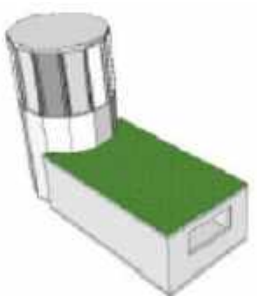
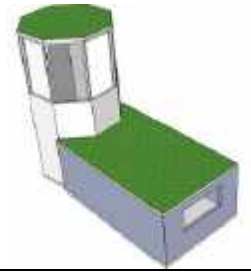
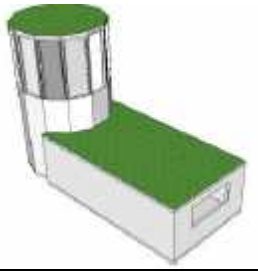
Dodecadirecional

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 a Tabela 2.

Tabela 2 – 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)				
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)				

A cobertura verde foi construída sobre a laje de concreto, a qual está representada na Figura 1.

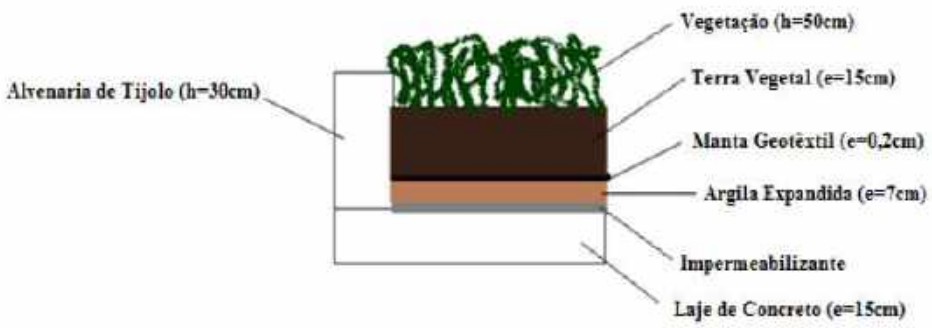


Figura 1- Esquema da cobertura verde analisada

O piso dos dois ambientes foi constituído por uma camada de concreto aplicada diretamente sobre o solo, 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, considerando a direção do vento variando a cada 90°, e todas as áreas para entrada e saída do ar sempre abertas, permitindo a circulação permanente do ar.

3.3.2. Uso e ocupação, Iluminação e Equipamentos

A edificação foi considerada sem ocupação de pessoas e sem utilização de equipamentos com consumo energético, pois os objetos de estudo são células-teste, isto é, modelos utilizados para avaliar algo que poderá ser aperfeiçoado.

3.3.3. Ventilação

A ventilação natural foi simulada utilizando-se o algoritmo AirflowNetwork® incorporado ao software EnergyPlus®. A ocorrência de ventilação foi também dependente de uma rotina de disponibilidade de ventilação, estipulada para ocorrer durante todo o dia. Os coeficientes de pressão das fachadas da edificação e das torres uni e tetradirecional foram definidos pelo próprio software EnergyPlus/AirflowNetwork®, e, para as outras torres, foram inseridos manualmente os valores obtidos por Andrade (2013).

3.3.4. Locais simulados

Todos os modelos da Tabela 2 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 de projeto para inverno e verão no software EnergyPlus®, além da localização destas cidades, devendo contemplar todas as regiões brasileiras, com seus climas diferenciados (Tabela 3).

Os arquivos EPW, que contêm as características climáticas de cada cidade brasileira e utilizados nas simulações, foram retirados do site da empresa Roriz Bioclimática® (2019).

Tabela 3– Cidades selecionadas para as simulações

Cidade	Estado	Zona
São Joaquim	SC	1
Teresópolis	RJ	2
Belo Horizonte	MG	3
São Carlos	SP	4
Vitória da Conquista	BA	5
Goiânia	GO	6
Cuiabá	MT	7
Belém	PA	8

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir mostram que, para cada cidade brasileira selecionada, foram relacionadas as estratégias de condicionamento térmico passivo da respectiva Zona Bioclimática e o tipo de edificação com torre recomendada, considerando as diretrizes da NBR-15220 (ABNT, 2005).

4.1. São Joaquim

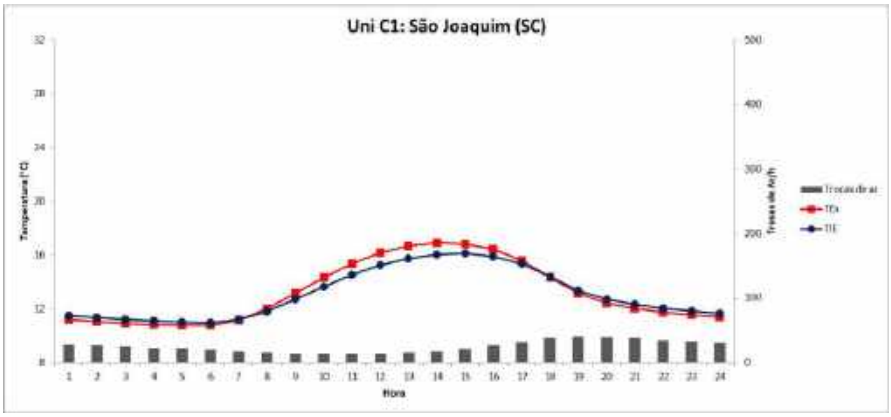
A cidade de São Joaquim (SC) está inserida na Zona Bioclimática 1, a qual possui clima temperado marítimo, cujas estratégias de condicionamento térmico passivo estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4– Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 1

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Inverno	Aquecimento solar da edificação
	Inércia térmica

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

De acordo com essa recomendação, a construção que mais se identifica com ela é a edificação composta de torre unidirecional e laje de concreto em ambas composições (caso 1), pois a ventilação é maior em baixas temperaturas, as quais, quando elevadas, atingem diferenças de até 0,3°C entre a externa e a interna (Figura 2).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 2– Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de São Joaquim com torre unidirecional no caso 1(C1)

4.2. Teresópolis

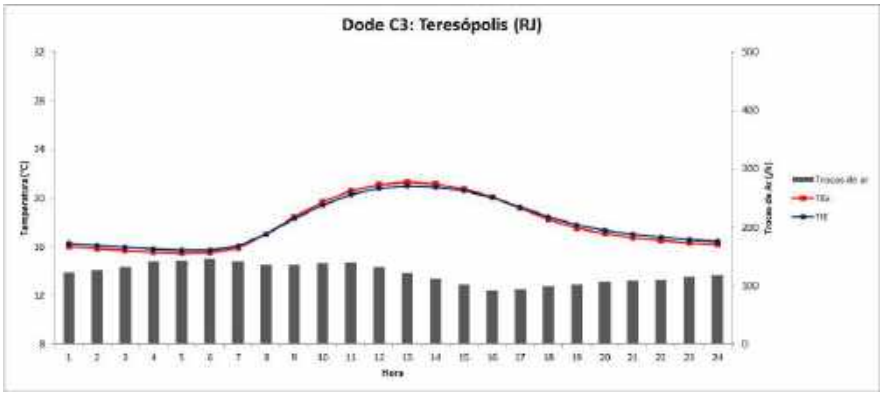
A cidade de Teresópolis (RJ) tem clima oceânico e pertence à Zona Bioclimática 2, a qual possui estratégias de condicionamento térmico passivo representadas na Tabela 5.

Tabela 5– Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação cruzada
Inverno	Aquecimento solar da edificação
	Inércia térmica

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

A construção que mais se aproxima dessas recomendações é a edificação constituída de cobertura verde e torre dodecadirecional composta de laje de concreto (caso 3), tendo maiores trocas de ar em baixas temperaturas, ao contrário de quando elevadas, chegam a diferenças de até 0,1°C entre a externa e a interna (Figura 3).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 3– Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de Teresópolis com torre dodecadirecional no caso 3(C3)

4.3. Belo Horizonte

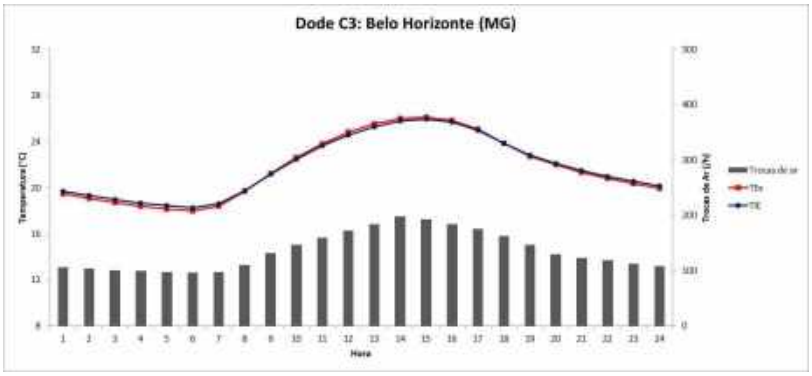
As estratégias de condicionamento térmico passivo da cidade de Belo Horizonte (MG), pertencente à Zona Bioclimática 3, de clima tropical com estação seca, estão representadas na Tabela 6.

Tabela 6– Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação cruzada
Inverno	Aquecimento solar da edificação
	Inércia térmica

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

A edificação constituída de cobertura verde e torre dodecadirecional composta de laje de concreto (caso 3) se identifica mais com essas recomendações, tendo maior ventilação em altas temperaturas, que ao reduzirem alcançam diferenças de 0,3°C entre a externa e a interna (Figura 4).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 4– Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de Belo Horizonte com torre dodecadirecional no caso 3(C3)

4.4. São Carlos

A cidade de São Carlos (SP), pertencente à Zona Bioclimática 4, possui clima tropical semi-úmido, tendo as suas estratégias de condicionamento térmico passivo representadas na Tabela 7.

Tabela 7– Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 4

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento
	Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	Aquecimento solar da edificação
	Inércia térmica

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

Essas recomendações demonstram que a construção mais próxima delas é a edificação composta de torre octodirecional, ambas com cobertura verde (caso 4), pois as trocas de ar são maiores em altas temperaturas, as quais, quando reduzidas, atingem diferenças de até 0,3°C entre a externa e a interna, resultante do aumento da massa térmica nas coberturas (Figura 5).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 5– Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de São Carlos com torre octodirecional no caso 4(C4)

4.5. Vitória da Conquista

A cidade de Vitória da Conquista (BA) está inserida na Zona Bioclimática 5, a qual possui clima tropical de altitude, cujas estratégias de condicionamento térmico passivo estão representadas na Tabela 8.

Tabela 8– Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 5

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação cruzada
Inverno	Inércia térmica

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

De acordo com essas recomendações, a construção que mais se identifica com elas é a edificação composta de torre tetradirecional, ambas com cobertura verde (caso 4), pois a ventilação é menor em baixas temperaturas, as quais, quando elevadas, atingem diferenças de até 0,3°C entre a externa e a interna, sendo o tempo em que a temperatura externa supera a interna na edificação maior em relação às outras localidades (Figura 6).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 6– Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de Vitória da Conquista com torre tetradirecional no caso 4(C4)

4.6. Goiânia

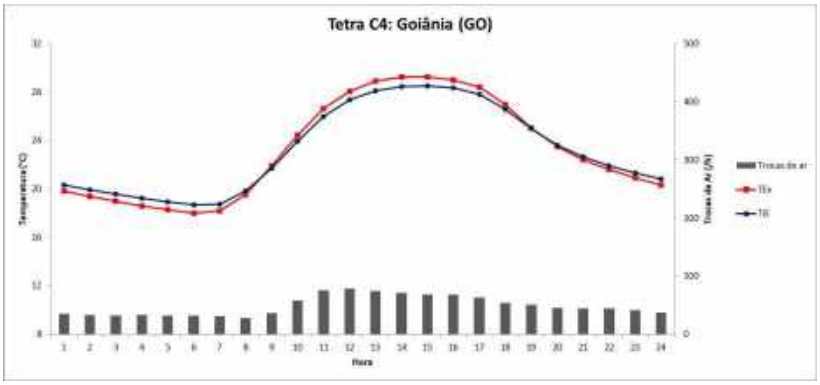
A cidade de Goiânia (GO) tem clima tropical com estação seca e pertence à Zona Bioclimática 6, a qual possui estratégias de condicionamento térmico passivo representadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 6

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento
	Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	Inércia térmica

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

A construção que mais se aproxima dessas recomendações é a edificação constituída de torre tetradirecional, ambas com cobertura verde (caso 4), tendo maiores trocas de ar em altas temperaturas, ao contrário de quando reduzidas, chegam a diferenças de até 0,8°C entre a externa e a interna, tendo o menor período em que a temperatura externa supera a interna na edificação, como consequência da massa térmica aumentada nas coberturas (Figura 7).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 7 – Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de Goiânia com torre tetradirecional no caso 4(C4)

4.7. Cuiabá

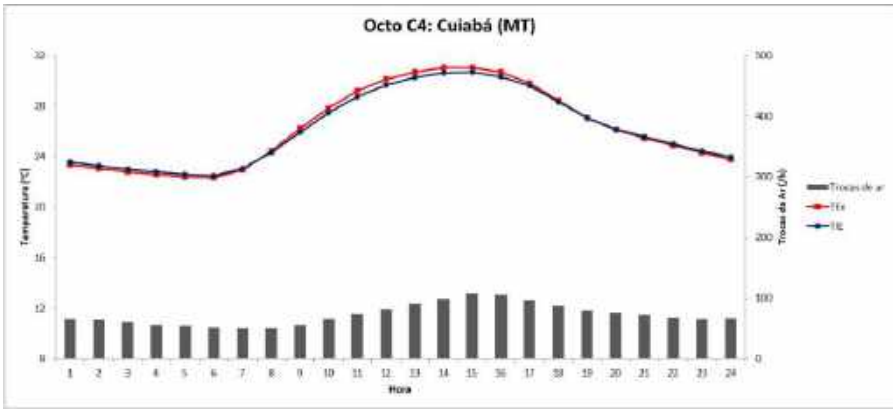
As estratégias de condicionamento térmico passivo da cidade de Cuiabá (MT), pertencente à Zona Bioclimática 7, de clima tropical e úmido, estão representadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 7

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento
	Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

A edificação constituída de torre octodirecional compostas de cobertura verde (caso 4) se identifica mais com essas recomendações, tendo maior ventilação em altas temperaturas, que ao reduzirem alcançam diferenças de 0,5°C entre a externa e a interna, com menor número de horas em que a temperatura externa supera a interna na edificação, resultante do crescimento do valor da inércia térmica nas coberturas (Figura 8).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 8 – Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de Cuiabá com torre octodirecional no caso 4(C4)

4.8. Belém

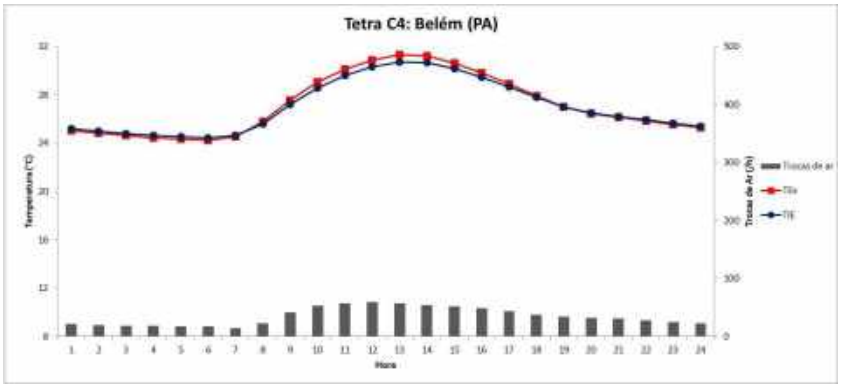
A cidade de Belém (PA), pertencente à Zona Bioclimática 8, possui clima equatorial, tendo as suas estratégias de condicionamento térmico passivo representadas na Tabela 11.

Tabela 11– Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 8

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação cruzada permanente

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005

Essas recomendações demonstram que a construção mais próxima delas é a edificação composta de torre tetradirecional, ambas com cobertura verde (caso 4), pois as trocas de ar são maiores em altas temperaturas, as quais, quando reduzidas, atingem diferenças de até 0,6°C entre a externa e a interna, tendo maior período em que a temperatura interna supera a externa na edificação (Figura 9).



TEx: Temperatura do ar externo / TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 9 – Dia Médio: Temperatura e Trocas de ar na edificação da cidade de Belém com torre tetradirecional no caso 4(C4)

5. CONCLUSÕES

Nas cidades analisadas, exceto em São Joaquim, foi constatado que as edificações necessitam de ventilação cruzada ou seletiva para proporcionar a amenização das temperaturas nos períodos de calor, principalmente nas Zonas Bioclimáticas 6, 7 e 8, cujos picos de temperatura ultrapassam 30°C durante o dia. Porém, tal recomendação é facilmente atendida, pois as aberturas são grandes e sem barreiras que pudessem impedir a entrada de ar pela torre e a sua saída pela edificação.

A torre tetradirecional foi a que obteve um maior número de escolha porque propiciou uma considerável quantidade de trocas de ar e um reduzido tempo com a temperatura externa menor que a interna. O caso 4, cobertura verde na torre e na edificação, também foi o mais adotado, pois oferece uma densa inércia térmica, a qual promove o resfriamento da laje, permitindo elevar o período de conforto no interior da edificação.

Pelas análises realizadas comprovou-se que a adição de uma cobertura verde em torres de vento e/ou edificação é uma alternativa viável para otimizar o resfriamento do ar e a sua potencialização quanto à ventilação natural. Além disso, a utilização de simulações computacionais mostrou-se como uma ferramenta satisfatória, possibilitando a avaliação dos ambientes analisados em curto período de tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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: XIII ENCONTRO NACIONAL E IX LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2015, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

ANDRADE, N.C. **Estudo da ventilação natural em edificações com captadores de vento multidirecionais por meio de ensaios em túnel de vento e simulações computacionais**. 2013. 284 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

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...** Londres: AAL, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

CASTRO, G.N.; LEDER, S.M. Adequação da Arquitetura ao Clima: Estudo de Caso em João Pessoa – PB. In: XI ENCONTRO NACIONAL E VII LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2011, Búzios. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2011.

COMA, J.; PÉREZ, G.; SOLÉ, C.; CASTELL, A.; CABEZA, L.F. Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. **Renewable Energy.** V. 85, p. 1106-1115, Jan. 2016.

JIANG, L.; TANG, M. Thermal analysis of extensive green roofs combined with night ventilation for space cooling. **Energy and Buildings.** V. 156, p. 238–249, Dec. 2017.

KHODAKARAMI, J.; ABOSEBA, M.R. Impact of openings' number and outdoor flow direction on the indoor vertical flow velocity in wind catchers. **International Journal of Renewable Energy Research**. V. 5, n. 2, p. 325-333, 2015.

LEE, L.S.H.; JIM, C.Y. Thermal-cooling performance of subtropical green roof with deep substrate and woodland vegetation. **Ecological Engineering**. V. 119, p. 8–18, Aug. 2018.

NOROOZI, A.; VENERIS, Y.S. Thermal Assessment of a Novel Combine Evaporative Cooling Wind Catcher. **Energies**. V. 11, n.2, 442, 15p., Feb. 2018.

POSHTIRI, A.H.; MOHABBATI, S.M. Performance analysis of wind catcher integrated with shower cooling system to meet thermal comfort conditions in buildings. **Journal of Cleaner Production**. V. 148, p. 452-466, Apr. 2017.

RORIZ BIOCLIMÁTICA®. Disponível em: <http://www.roriz.eng.br/epw_9.html>. Acesso em: 12 mar. 2019.