



COBERTURA E FACHADA VERDE: ANÁLISE DE EPISÓDIO CLIMÁTICO REPRESENTATIVO DE CALOR EM CÉLULAS DE TESTES

Thiago Youzi Kussaba Kayano¹
Gustavo Zen de Figueiredo Neves²
Francisco Arthur da Silva Vecchia³

Resumo: Com a busca de alternativas para melhorar o conforto ambiental em ambientes construídos, os sistemas de fachadas e tetos verdes aparecem como uma opção para melhoria, em especial, do conforto térmico. Utilizando-se de um episódio climático representativo no ano de 2016, analisou-se comparativamente o comportamento térmico de uma célula de teste com fachada e teto verde e uma célula de controle. O experimento foi realizado no Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA) da Universidade de São Paulo (USP), em Itirapina-SP. Os resultados indicaram que a célula de teste com fachada e teto verde possui um melhor desempenho térmico em comparação à célula de controle.

Palavras-chave: Parede verde, comportamento térmico, climatologia dinâmica

Abstract: In searching for better thermal behavior alternatives in building environments green wall systems and green roofs emerge as an improvement option, particularly in thermal comfort. Using a representative climate episode to analyze the year of 2016 we studied the thermal behavior of a green wall and green roof test cell and a control test cell. The experiment were made in Water Resource and Environmental Studies Center (CRHEA) of University of São Paulo (USP), in Itirapina-SP. The results indicated the green wall and green roof test cell have a better thermal performance than control test cell.

Keywords: Green Wall, thermal behavior, dynamic climatology

¹ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, thiago.kayano@usp.br

² Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, gustavozen@usp.br

³ Livre-Docente, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, fvecchia@sc.usp.br



1 – Introdução

Em tempos onde as preocupações ambientais tornaram-se cotidianas, a busca por tecnologias que possam mitigar os efeitos causados pela interferência humana ganha importância.

As edificações são construídas principalmente para promover segurança e proporcionar condições mais adequadas às atividades humanas, além de poderem ser consideradas as melhores formas de termorregulação, ou seja, a função destas construções é proteger os indivíduos das intempéries as quais estão sujeitos, mantendo em seu interior uma proteção contra os rigores do clima. Nesse sentido, o principal requisito às edificações é promover o menor estresse térmico aos usuários (OKE, 1987).

O uso de fachadas verdes pode ajudar no desempenho térmico de edificações localizadas tanto em regiões de clima quente quanto em climas frios. Em regiões de clima quente amenizam as temperaturas da superfície das paredes através do efeito de sombra, além de gerar uma carga de resfriamento pelo microclima das plantas quando adultas. Já em regiões de clima frio atuam como retardadoras de perda de calor pela parede do edifício (DUNNET; KINGSBURY, 2008).

Cunha e Vecchia (2007) enfatizam a importância das condições climáticas para os estudos de conforto, tanto nas atividades realizadas no ambiente externo quanto no ambiente construído, pois pode inferir em padrões de planejamento de atividades ao ar livre, de ocupação territorial, na concepção de projetos arquitetônicos, e até mesmo auxiliar em processos de tomada de decisão em diversos aspectos ambientais.

1.1 - Objetivo

Analisar o desempenho térmico de diferentes células de testes durante episódio climático representativo.

2 - Revisão Bibliográfica

Para um melhor entendimento, é necessário compreender a diferença entre comportamento e desempenho térmico. De acordo com Seixas (2015), os conceitos de comportamento e desempenho térmico são pautados nas características físicas dos materiais que constituem a edificação, como por exemplo, espessura e condutividade térmica.

O comportamento térmico de acordo com Santos et. al. (2004) analisa a resposta do material ou de um sistema construtivo à solicitação térmica. É uma análise feita de modo a classificar o objeto de investigação em relação à sua condutividade e capacidade térmica.



O desempenho térmico, além de considerar as características térmicas definidas pelo comportamento, é instrumento de comparação de sistemas construtivos em relação à eficiência energética de edificações (SEIXAS, 2015).

Estes dois conceitos, comportamento e desempenho térmico, somados aos aspectos sensoriais da percepção térmica pelo corpo humano – de caráter psicológico e subjetivo – uma vez que as sensações termofisiológicas procuram indicar um estado mental diretamente ligado às condições térmicas do ambiente, permitirão a avaliação do conforto térmico considerando-se também as condições de uso e circulação no ambiente, assim como as atividade e vestimenta dos ocupantes (SEIXAS, 2015).

Fachadas verdes são baseadas em sua aplicação das plantas penduradas ao longo da parede. As plantas podem crescer para cima a partir da superfície vertical, ou crescem para baixo da superfície vertical, no caso são penduradas a partir de certa altura (DUNNETT; KINGSBURY, 2008). Fachadas verdes são classificadas como direta ou indireta. Na primeira, as plantas são diretamente ligadas à parede, enquanto que na última uma estrutura de suporte para a vegetação é incluída (LAURENZ et al., 2005). Esses suportes são na maioria das vezes gradeadas, podendo ser de PVC (policloreto de vinila), metal e madeira (KOHLENER, 2008).

São denominadas coberturas verdes toda superfície exterior de uma cobertura preparada para receber vegetação. Em geral, as coberturas verdes são formadas por cinco componentes principais: uma membrana anti-raiz, uma membrana impermeável, uma camada drenante, manta geotêxtil, o solo e suas plantas (TEEMUSK, MANDER; 2009).

As coberturas verdes podem ser classificadas em extensivas e intensivas em função da profundidade da camada de substrato, do tipo de vegetação e dos materiais utilizados para a construção (SUN et al., 2013).

Para se estudar os efeitos do uso de cobertura verde em edificações, é necessário definir os episódios climáticos representativos analisando os dados coletados, em particular aqueles que apresentam alguma peculiaridade.

A adoção de episódios representativos do fato climático pode ser aplicada com segurança na representação das condições climáticas, primeiro, porque é dinâmico, apresenta início e final bem caracterizado do fato climático e, segundo, porque não se desvincula da gênese do clima, dos fenômenos de circulação atmosférica e do acompanhamento de suas repercussões através da aquisição dos dados climáticos de superfície, da observação visual dos fenômenos atmosféricos, entre outras atitudes e verificações que não nos submetem a uma ruptura no convívio e interpretação da natureza. (VECCHIA, 1997).



Os períodos de observação tomados dessa forma representam o tipo de tempo através de uma única sequência a cada massa polar que penetra, com características próprias, além de particular rigor e duração, na medida em que avança e predomina sobre o local. Dessa forma, pode-se justificar a utilização dos episódios representativos como instrumento de avaliação do desempenho térmico e das condições do Conforto Humano afeitos ao estudo e análise do ambiente construído (VECCHIA, 1997).

3 – Metodologia

Neste ensaio, foram utilizadas duas células experimentais, constituídas de célula de controle (CC) e teto + fachada verde (CTF). A planta utilizada foi a *Thumbergia grandiflora*, conhecida popularmente como Tumbergia Azul e foram plantadas nas faces norte e oeste da célula. Para o teto a planta utilizada foi *Paspalum notatum* conhecida como grama batatais, grama-forquilha, grama-mato-grosso, grama-comum e grama-de-pasto. As temperaturas da superfície das paredes e da área interna foram coletadas por meio de termopares, conectados a um medidor automático que mede a temperatura a cada 30 segundos e agregados numa média a cada hora. As informações de temperatura externa do ar, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação foram obtidas na estação climatológica automática do CHREA, cujos dados são coletados a cada 30 segundos e armazenados em uma média a cada 30 minutos.

Figura 1: Vista área das células de testes.



Fonte: Eduardo Fraccaroli (2015).

As células de teste possuem dimensões de 2,0 m x 2,5 m x 2,71 m, com o piso feito de cimento e areia, as paredes são feitas de tijolos maciço com dimensões de 10 cm x 20 cm x 5 cm cada e um rejunte de 1,5 cm de espessura entre cada tijolo. Todas as células possuem portas de madeiras localizada na parede leste com dimensões de 2,10 m x 0,60 m e uma janela colocada na parede norte com dimensões de 1,00 x 0,70 m.



Todas as células foram construídas sob as mesmas orientações, ou seja, recebem a mesma intensidade de radiação solar, vento e outros eventos atmosféricos. Isso permite que as células possuam as mesmas condições climáticas, bem como não permite a criação de sombras entre elas.

Figura 2: Imagens da células de teste



Fonte: o autor (2017).

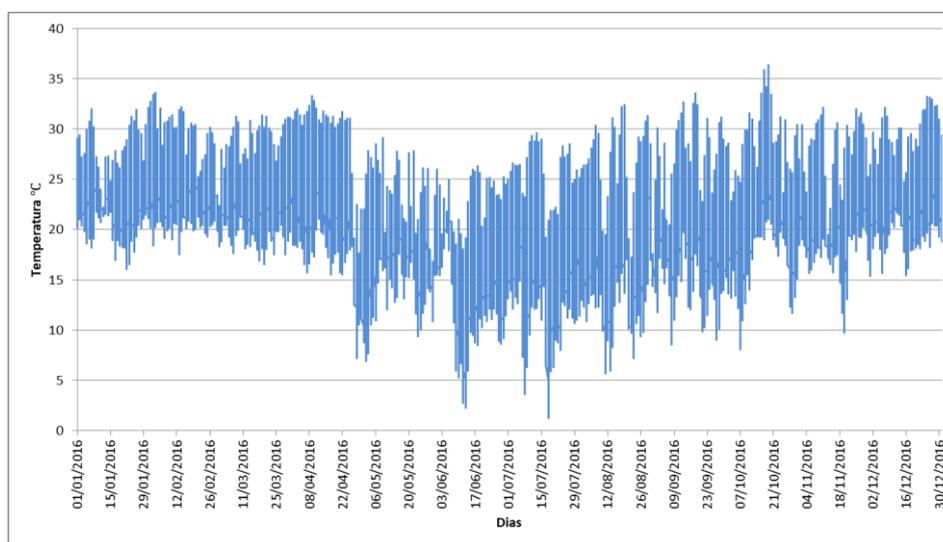
A análise do desempenho térmico das células de testes foi realizada utilizando-se de um episódio climático representativo do tipo de tempo definido a partir de dia crítico experimental escolhido após análise do gráfico das temperaturas médias registradas no período estudado, de acordo com a adaptação de Vecchia (1997) da definição dos Tipos de Tempo de Monteiro (1969), onde são considerados os dados meteorológicos em superfície junto às propriedades das massas de ar em determinado local. Com isso foi possível escolher um dia crítico experimental para um dia de calor. O episódio climático representativo foi analisado utilizando-se das variáveis climáticas de temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação e radiação solar, além das imagens de satélite do INPE.



4 – Resultados

A partir dos dados climatológicos da estação automática do CRHEA, escolheu-se o episódio climático representativo ocorrido entre os dias 17 e 23 de outubro de 2016, uma vez que no dia 19 de outubro foi registrada a temperatura de 36,3°C, a maior temperatura no ano de 2016.

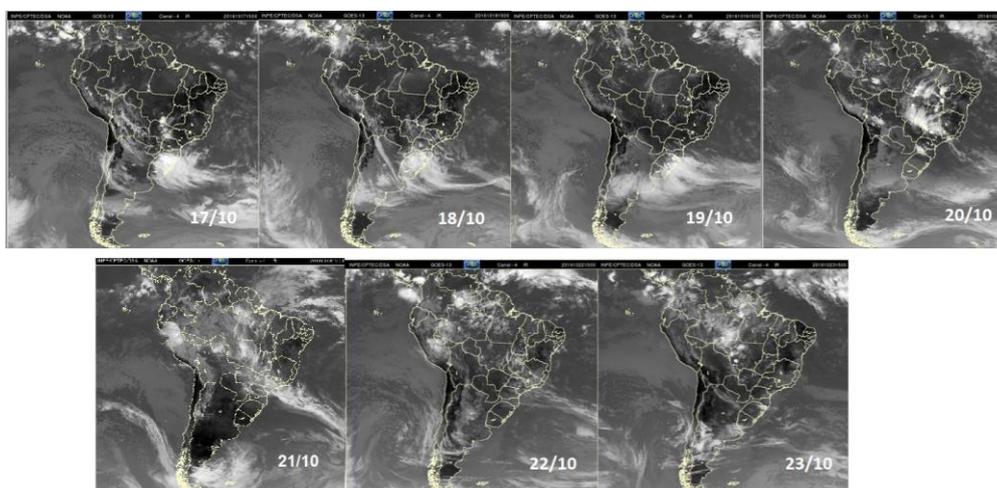
Figura 3: Temperaturas médias de 2016



Fonte: O autor.

Definido o dia crítico experimental, por meio de imagens de satélite do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e dos dados climatológicos da estação climatológica, foi possível analisar o episódio climático. Como são muitas imagens de satélites, somente as imagens correspondentes às 15:00 do período estudado foram inseridas neste trabalho.

Figura 4: Imagens de satélite do CPTEC-INPE dos dias 17 a 23 de outubro



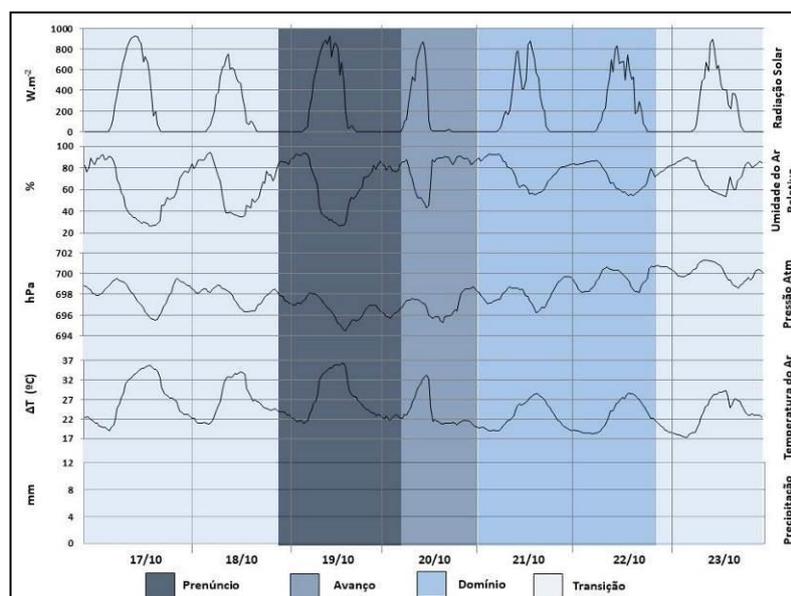
Fonte: CPTEC-INPE (2017)



Identificado a etapa de prenúncio que se iniciou no dia 18 de outubro com a diminuição da pressão atmosférica e umidade relativa do ar. Durante o prenúncio, a maior temperatura máxima foi registrada na tarde do dia 19 de outubro. A fase de avanço ocorreu em 20 de outubro e foi marcada pelo aumento da umidade relativa do ar, queda da temperatura e diminuição da radiação solar causada pelo aumento da nebulosidade, porém sem precipitação. A etapa pós-frontal, com a fase de domínio da frente fria, iniciou-se no dia 21 terminando no dia 23 de outubro, com o aumento da pressão atmosférica e diminuição da temperatura média do ar. A fase de transição se estabeleceu a partir do dia 23 com a tropicalização do sistema polar e gradativo aumento da temperatura do ar (Figura 5).

O dia 19 de outubro de 2016 teve a maior temperatura do ano, portanto foi escolhido como dia crítico experimental para análise do episódio. A temperatura registrada foi de 36,3°C às 16:00. Foi analisado o comportamento térmico da célula de controle e da célula teto + fachada ao longo deste dia. Para este experimento, considerou-se o dia crítico experimental aquele em que foi registrada a maior temperatura média horária no ano de 2016.

Figura 5: Gráfico dos dados climatológicos do episódio climático representativo



Fonte: O autor.

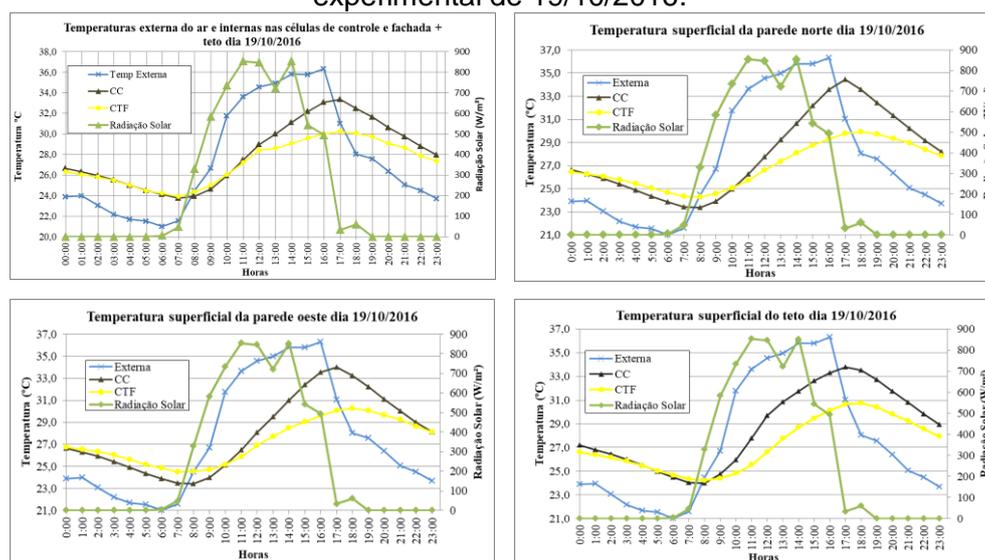
Com a elaboração dos gráficos das temperaturas do dia crítico experimental, verificou-se que a maior temperatura registrada da CTF foi de 30,2°C às 17:00, já a temperatura da célula de controle foi 33,4°C também às 17:00, enquanto a maior temperatura externa registrada foi de 36,3°C às 16:00. Já as temperaturas mínimas registradas foram de



23,9°C às 7:00 para a CTF, 24,1°C às 7:00 para a CC e a temperatura externa foi de 21,0°C às 6:00. A diferença entre a temperatura máxima registrada da CTF com as temperaturas da CC e externa foram de 3,2°C e 6,1°, respectivamente.

Além da temperatura interna do ar, também foram coletadas as temperaturas superficiais internas das paredes norte e oeste e do teto das células de teste. Estes dados também mostraram um melhor comportamento térmico da CTF em relação a CC, conforme pode ser observado em seus respectivos gráficos (Figura 6).

Figura 6: Gráficos de temperatura das células de testes no dia crítico experimental de 19/10/2016.



Fonte: o autor.

A partir da análise dos gráficos, observa-se um comportamento semelhante entre as temperaturas das paredes oeste e norte. Em ambas é possível perceber que as temperaturas das fachadas com parede verde são menores em relação à célula de controle. O teto verde também mostrou uma redução na temperatura em comparação a célula de controle.

5 – Considerações Finais

A cobertura verde mostrou uma capacidade de reduzir a temperatura máxima tanto das paredes quanto do teto em comparação à célula de controle, consequentemente, a temperatura interna do ar também foi menor na célula de teste vegetada em relação à célula de controle.



Neste dia crítico experimental de calor, a diferença de temperatura entre CTF e CC foi de 3,2°C e de 6,1°C entre CTF e temperatura externa. Já amplitude térmica da CTF foi de 6,3°C e da CC de 9,6 °C.

A diferença de temperatura entre as paredes norte com e sem vegetação foi de 4,5°C; de 3,0°C entre os tetos com e sem cobertura vegetal; e as paredes oeste apresentaram diferença de 3,7°C entre si. Assim como aconteceu com a temperatura interna do ar, onde a amplitude térmica da superfície das paredes também foi menor na célula com teto e fachada verde.

Bibliografia

CUNHA, D. G. F.; VECCHIA, F. As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. **Ciência e Natura**, v. 29, n. 1. 2007.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls**. 1ª Edição. Portland: Inc.Timber Press, 2008.

FRACCAROLI, E. **Vista panorâmica realizada com VANT das células experimentais**. Foto realizada com VANT no CRHEA (USP), 2015.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Divisão de satélites e sistemas ambientais**. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br>> acesso em 20/07/2017.

KOHLER, M., Green facades- A review back and some vision. **Urban Ecosyst**. Nº 11,423-436. 2008.

LAURENZ, J. et al. **Natural envelope. The green element as a boundary limit**. In: THE 2005 WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 2005, Tokyo. 2005.

OKE, T.R.. **Boundary Layer Climates**. 2nd ed. New York:Methuen. 1987.

SANTOS, D. J. P. **Desempenho térmico de uma cobertura verde num edifício solar passivo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.

SEIXAS, G. T. C. de. **Climatologia aplicada a arquitetura: investigação experimental sobre a distribuição de temperaturas internas em duas células de teste**. 2015. 126p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.



SUN, T. et al. Hydrometeorological determinants of green roof performance via a vertically-resolved model for heat and water transport. **Building and Environment**, v.60, p.211-224, Feb. 2013.

TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: a case study from Estonia. **Building and Environment**, v.44, n.3, p.643-650, Mar. 2009.

VECCHIA, F. A. S. **Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada a conforto humano**. 1997. 336p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.