



**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

## **INFLUÊNCIA DE FACHADAS VERDES NOS MICROCLIMAS DE UM ESPAÇO DE TRANSIÇÃO**

**Luiza Sobhie Muñoz (1); Maria Solange Gurgel de Castro Fontes (2)**

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquiteta e Urbanista, luiza.smunoz@gmail.com

(2) Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental, Arquiteta e Urbanista, Profa. Dra. da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, sgfontes@faac.unesp.br

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01, Vargem Limpa, Bauru – SP, 17033-360, Tel: (14) 3103-6059.

### **RESUMO**

Estudos científicos confirmam o papel amenizador térmico das fachadas verdes, em ambientes internos e externos às edificações, mas ainda existe uma escassez de estudos em espaços de transição. As fachadas verdes utilizam espécies de trepadeiras que podem crescer e desenvolver diretamente na edificação (diretas) ou utilizar suportes para seu desenvolvimento (indiretas). Ao buscar contribuir com esta questão, este estudo experimental teve como objetivo identificar o efeito amenizador térmico de fachadas verdes indiretas em um espaço de transição, orientado à Oeste, de um ambiente universitário na cidade de Bauru-SP. Para isso, foram construídos três módulos de fachadas verdes, com três diferentes espécies de trepadeiras, e realizado o monitoramento das variáveis microclimáticas: Temperatura do ar (TAR) e Temperatura Radiante Média (TRM) e Umidade Absoluta do ar (UA) em três pontos com a influência do sombreamento das fachadas verdes e um ponto controle desprotegido. Os resultados demonstraram reduções máximas de 4,0 °C e 18,8 °C para TAR e TRM, respectivamente, nos pontos protegidos pelas fachadas verdes em relação ao ponto controle, além de um aumento de 1,1 g/Kg de umidade absoluta em relação ao ponto controle. Estes resultados confirmam o potencial amenizador térmico das fachadas verdes, em razão dos efeitos de sombreamento e evapotranspiração em espaços de transição e evidenciam que elas constituem importantes estratégias bioclimáticas. Além disso, a pesquisa contribuiu para maior conhecimento acerca do potencial amenizador térmico das fachadas verdes em espaços de transição e a influência de aspectos morfológicos das espécies vegetais selecionadas na atenuação da radiação solar.

Palavras-chave: fachada verde, trepadeiras, espaços de transição, conforto térmico, microclima.

### **ABSTRACT**

Scientific studies confirm the thermal mitigation effect of green façades, both indoors and outdoors, but there is still a shortage of studies in transitional spaces. The green facades use species of climbers that can grow and develop directly in the building (direct) or use supports for their development (indirect). The objective of this experimental study was to identify the thermal mitigation effect of indirect green façades in a transitional space, oriented to the West, of a university environment in the city of Bauru-SP. Three green façade modules were constructed with three different climber species, and the microclimatic variables were monitored: Air Temperature (TAR) and Mean Radiant Temperature (TRM) and Absolute Air Humidity (UA) at three points with the influence of the shading of the green facades and an unprotected control point. The results showed maximum reductions of 4,0 °C and 18.8 °C for TAR and TRM, respectively, in the points protected by the green façades in relation to the control point, in addition to an increase of 1,1 g/Kg of absolute humidity in relation to the control point. These results confirm the thermal mitigating potential of the green façades due to the effects of shading and evapotranspiration in transitional spaces and show that they are important bioclimatic strategies. In addition, the research contributed to a better knowledge about the thermal mitigating potential of green façades in transitional spaces and the influence of morphological aspects of the selected plant species in the attenuation of solar radiation.

Keywords: green facade, climbers, transitional spaces, thermal comfort, microclimate.

## 1. INTRODUÇÃO

Jardins verticais são todas e quaisquer formas de vegetação que crescem e se desenvolvem em superfícies verticais. Eles promovem benefícios nos âmbitos sociais, econômicos, psicológicos, a interação entre o edifício e a natureza, aumento da biodiversidade, diminuição dos efeitos das ilhas de calor e melhoria da qualidade do ar (MUÑOZ *et al.*, 2019). Além disso, quando desenvolvidos um bom projeto e manutenção, esses recursos são importantes estratégias para a melhoria do desempenho térmico das edificações (PERINI *et al.*, 2013; PÉREZ *et al.*, 2014; SAFIKHANI *et al.*, 2014b).

As fachadas verdes, que constituem uma das tipologias de jardins verticais, utilizam espécies de trepadeiras ou pendentes e podem ser: diretas ou indiretas. Nas fachadas verdes diretas as espécies vegetais crescem e se desenvolvem diretamente na estrutura da edificação, enquanto para as indiretas são necessárias estruturas de suporte através das quais as espécies irão crescer e se desenvolver (PERINI *et al.*, 2013; HUNTER *et al.*, 2014; SAFIKHANI *et al.*, 2014a; MANSO e CASTRO GOMES, 2015; BESIR e CUCE, 2018; MUÑOZ *et al.*, 2019). Para as fachadas verdes indiretas, o espaço formado entre a edificação e a estrutura de suporte é chamado de cavidade de ar e tem um importante papel no desempenho térmico dessas estruturas. Apesar das diferenças entre os tipos de fachadas verdes, em ambos os casos a vegetação pode estar plantada em jardineiras ou diretamente no solo (CRUCIOL BARBOSA; FONTES, 2016).

A melhoria do desempenho térmico das edificações é resultado de quatro mecanismos de ação das fachadas verdes: sombreamento, isolamento térmico, influência na dinâmica da ventilação e resfriamento evaporativo (PÉREZ, *et al.*, 2011; HUNTER *et al.*, 2014; SUSOROVA *et al.*, 2015; WONG; BALDWIN, 2016). O sombreamento e isolamento térmico são resultado do bloqueio de parte da radiação solar incidente promovido pela vegetação e cavidade de ar, que reduzem as trocas de calor entre ambiente interno e externo (WONG *et al.*, 2010; PÉREZ *et al.*, 2011; HUNTER *et al.*, 2014; WONG; BALDWIN, 2016). Quanto à influência na dinâmica da ventilação, as fachadas reduzem as trocas de calor convectivas através do bloqueio de parte da ventilação (SUSOROVA; AZIMI; STEPHENS, 2014). Em relação ao resfriamento evaporativo, a presença da vegetação promove o aumento da umidade relativa do ar em seu entorno imediato devido à função biológica chamada evapotranspiração (WONG *et al.*, 2010; SUNAKORN; YIMPRAYOON, 2011).

Apesar do grande enfoque dado à aplicação de fachadas verdes nas edificações como estratégia para melhorar a qualidade térmica e suprir a deficiência de áreas verdes no espaço urbano (JAAFAR *et al.*, 2013; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PÉREZ *et al.*, 2011; PERINI *et al.*, 2011; PERINI *et al.*, 2013; SAFIKHANI *et al.*, 2014; SHARP *et al.*, 2008; SHEWEKA; MOHAMED, 2012; VOX; SHETTINI, 2014; WONG *et al.*, 2010), os estudos científicos sobre o potencial de amenização microclimática dessas infraestruturas verdes ainda são recentes e não apresentam grande variedade de locais. Destaca-se aqui a concentração de trabalhos desenvolvidos em países asiáticos e da região mediterrânea (MUÑOZ *et al.*, 2019).

Além disso, a maioria desses trabalhos analisa a influência das fachadas verdes em ambientes externos e internos das edificações ou em espaços urbanos, mas apenas os autores Jaafar *et al.* (2013) estudaram a influência térmica em espaços de transição, que são importantes locais de conexão entre as áreas interna e externa dos edifícios, segundo Chun *et al.* (2004).

Ao buscar um maior conhecimento com essa questão, foi desenvolvido um estudo experimental para averiguar a influência de fachadas verdes indiretas nos microclimas de um espaço de transição em um campus universitário.

## 2. OBJETIVO

Identificar o efeito térmico de fachadas verdes indiretas em um espaço de transição em condições de tempo frio.

## 3. MÉTODO

O estudo foi conduzido em um espaço de transição (Figura 1) localizado na Central de Laboratórios da FAAC – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista - UNESP campus de Bauru (Lat. 22°21'30" e Long. 49°23' Oeste). Essa cidade do centro Oeste Paulista é caracterizada por clima Aw, segundo a classificação de Koppen (CEPAGRI, 2016) e possui temperatura média anual de 21 °C. O espaço analisado faz a transição entre os laboratórios do edifício e a área externa e possui orientação Oeste, o que faz com que receba forte incidência solar durante o período da tarde.

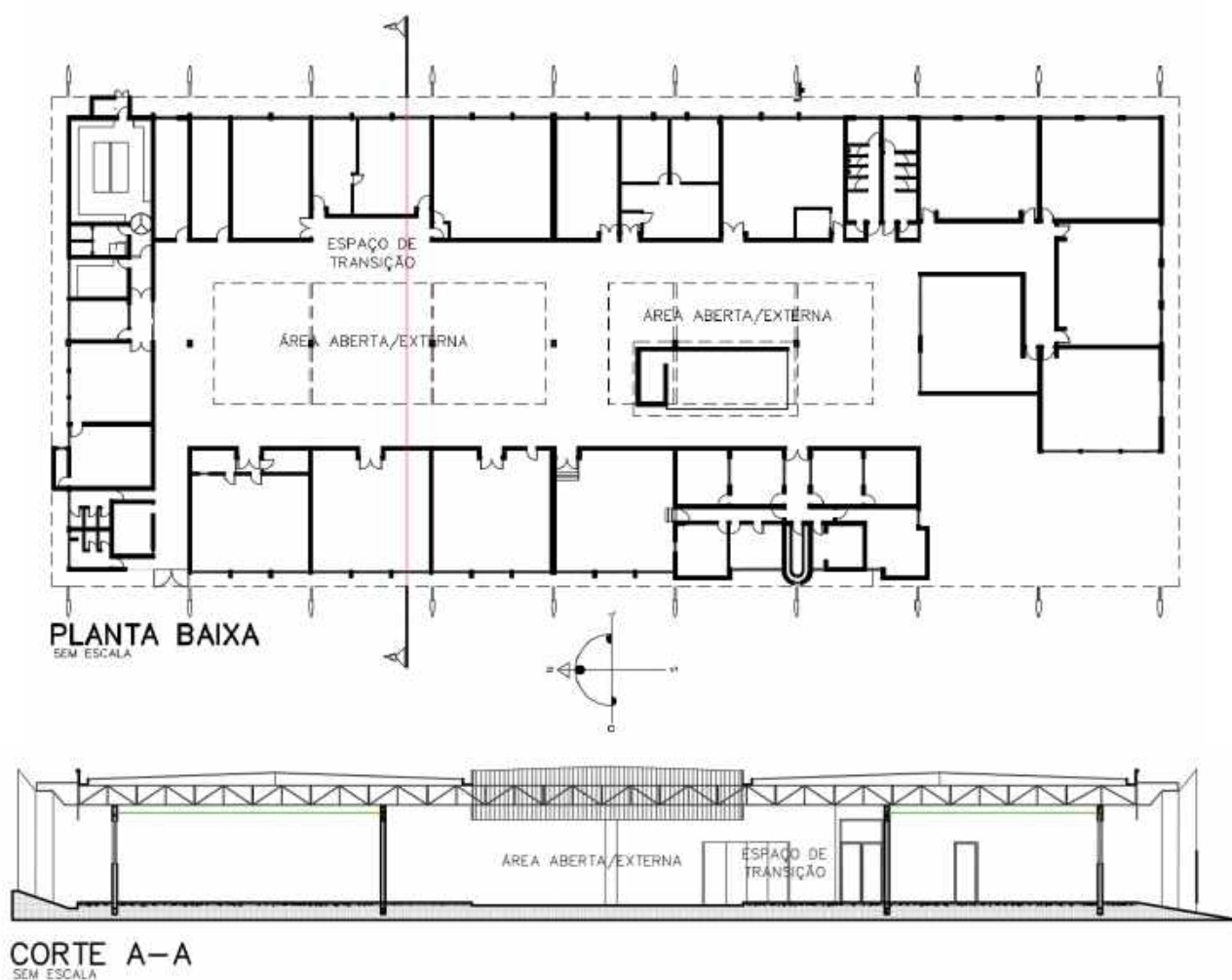


Figura 1 – O espaço de transição.

A primeira parte do estudo contemplou a construção de um conjunto de três fachadas verdes, compostas por três treliças modulares fixadas a três jardineiras. Em cada jardineira foi plantada uma espécie de trepadeira, assim denominadas: *Passiflora edulis* (maracujá azedo), *Ipomoea horsfalliae* (ipomeia rubra) e *Thnbergia grandiflora* (tumbérgia azul) (Figura 2).

Em seguida, foi realizada uma campanha de monitoramento das variáveis microclimáticas (temperatura de bulbo seco e úmido e de globo) durante três dias do inverno de 2018 (26 e 27 de agosto e 6 de setembro), no período da tarde (das 12h às 18h). As variáveis foram monitoradas a cada meia hora e com altura de 1,10 metros em três pontos imediatamente atrás das fachadas verdes (P1, P2 e P3) e em um ponto controle (P4). Este ponto não sofria influência de sombreamento das fachadas verdes e nem do espaço edificado e encontrava-se completamente exposto (Figura 3). Para a análise dos resultados, foi gerado um dia médio com todos os valores encontrados para cada variável.

Durante o período monitorado o maracujá, ipomeia e tumbérgia apresentaram, respectivamente, 88, 65 e 60 cm de espessura foliar e 70, 82 e 52% de percentual de cobertura verde (porcentagem de área coberta por vegetação em cada treliça). Além disso, o maracujá, a ipomeia rubra e a tumbérgia azul apresentavam, respectivamente, folhas de tamanhos grandes e médios e espaçamento grande, pequeno e médio entre as mesmas. Todas essas quatro características constituem um conjunto de fatores que influenciam, diretamente, no potencial de sombreamento de cada uma das espécies, o que promove maior ou menor sombreamento do espaço de transição.



Figura 2 – As fachadas verdes e suas espécies.

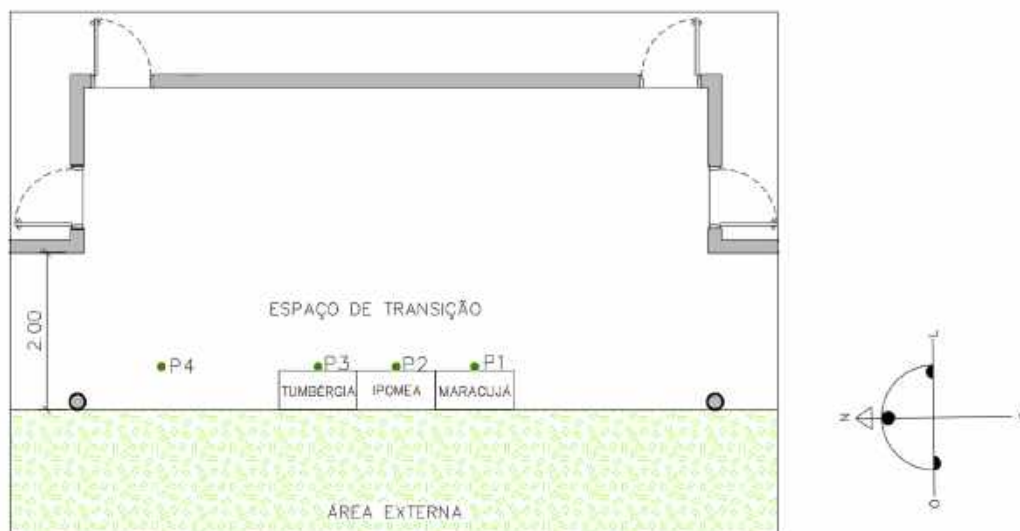


Figura 3 – O esquema de monitoramento.

Para o monitoramento da temperatura do ar e de globo foi utilizado o equipamento Hobo H8 Pro Series e adaptado a ele um globo cinza de 4 cm de diâmetro. A temperatura de globo foi utilizada para o cálculo da temperatura radiante média através do *software* Conforto 2.0 (RUAS, 2002). Destaca-se aqui que, nesse software o cálculo da temperatura radiante média utiliza a Equação 1. As temperaturas de bulbo seco e úmido foram monitoradas através de termohigrômetro analógico e foram utilizadas para o cálculo da umidade absoluta do ar. Com o fim de evitar o superaquecimento dos equipamentos, os hobos foram protegidos por anteparos e os termohigrômetro pelo próprio pedestal utilizado de apoio para os equipamentos em cada ponto (Figura 4). As variáveis monitoradas, os equipamentos e sua precisão podem ser observados na Tabela 1. Para a calibragem dos equipamentos, os mesmos foram dispostos lado a lado num mesmo ambiente e os resultados apresentados foram comparados durante um período de 24 horas para os Hobos e 4 horas para os termohigrômetros. As características das condições do tempo nos dias de monitoramento foram extraídas do Centro de Meteorologia de Bauru (IPMet).

$$T_{rm} = \left[ (T_a + 273,15)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times v^{0,6}}{\epsilon \times D^{0,4}} \times (T_g - T_a) \right]^{0,25} - 273,15 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Emissividade do globo  $\epsilon = 0,95$ ;

Diâmetro do globo  $D = 0,038$  m;

Coefficiente de convecção médio do globo  $= 1,1 \times 10^8 \times v^{0,6}$  (NIKOLOPOULOU *et al.*, 1999).



A partir dos dados do IPMET (2018), verificou-se que a velocidade do vento no período foi constantemente baixa, de forma que se adotou  $v = 0,1$  m/s.



Figura 4 – Proteção dos equipamentos e posição dos termohigrômetros.

Tabela 1 – As variáveis e os equipamentos utilizados.

Variáveis	Equipamento
Temperaturas do ar e de globo	Datalogger de temperatura (Modelo HOBO H8 PRO Series). Faixa de temperatura: $-40$ °C - $+100$ °C. Precisão do tempo: aprox: $\pm 1$ minuto p/ semana ( $\pm 100$ ppm a $+20$ °C). Sonda externa com globo cinza ( $\varnothing 4$ cm; Emissividade 0,95).
Temperaturas de bulbo úmido e seco	Termohigrômetro analógico Incotherm. Escala: $-10$ °C à $50$ °C. Divisão: $1$ °C. Limite de erro: $\pm 1$ °C;

Para a análise estatística dos dados foi realizado o teste ANOVA de fator único, que faz a análise das variâncias e dependências entre os dados microclimáticos apresentados, e, posteriormente, o Teste de Tukey, para avaliar a magnitude dessas variâncias. Esse tratamento estatístico foi aplicado para as duas variáveis microclimáticas: TAR e TRM.

## 4. RESULTADOS

No período de monitoramento de dados, o Centro de Pesquisas Meteorológicas local (IPMET) registrou uma variação de temperaturas máxima e mínima de  $25,0$  °C e de  $20,9$  °C às 16 e 18h, respectivamente. Dados esses dentro dos valores da média histórica registrada para a cidade de Bauru (mínima de  $12,0$  e máxima de  $25,0$  °C). Os resultados de cada variável monitorada são apresentados a seguir.

### 4.1 A influência na temperatura do ar (TAR)

A figura 5 apresenta os resultados do monitoramento em relação à influência das fachadas verdes indiretas na temperatura do ar. Verifica-se que até próximo às 13h30, os valores são semelhantes, visto que, o espaço de transição começa a receber radiação apenas depois das 12h. Assim, a partir das 13h30 observam-se diferenças significativas entre os pontos, com melhores desempenhos em termos de amenização térmica para os pontos P1 e P2.

Devido à orientação solar no período de inverno, o ponto P3, mesmo localizado atrás da tumbérgia azul, estava exposto à radiação solar, e assim permaneceu até às 15h30. Por isso, obteve desempenho muito semelhante ao P4, que corresponde ao ponto controle, ou seja, que não está protegido pelas fachadas verdes. Os pontos P1 e P2 apresentam desempenho muito semelhante e o maior diferencial entre esses dois foi de  $1,4$  °C. No entanto, o P1, localizado na borda e atrás da fachada com a espécie de maracujá, registrou menores temperaturas e, conseqüentemente, melhor desempenho. Esse ponto se encontrava na extremidade oposta ao ponto controle e, portanto, permaneceu sombreado durante todo o período de monitoramento, enquanto P2, devido à inclinação dos raios solares no período, recebeu insolação direta das 13h30 às 14h30.

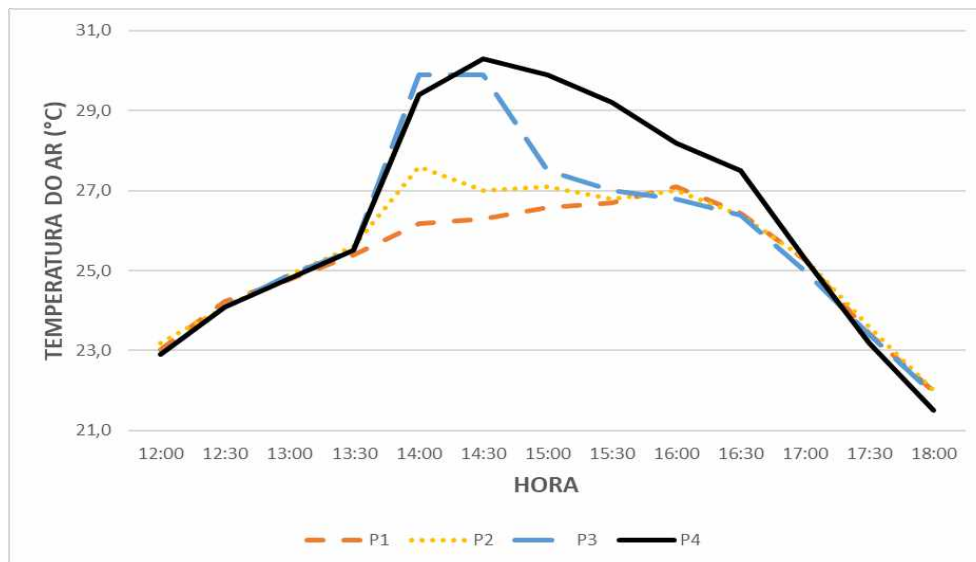


Figura 5 – O desempenho da variável TAR durante o monitoramento.

Em relação ao ponto controle, as temperaturas foram muito próximas até às 13h30, e a maior diferença de temperatura ocorreu às 14h30 com atenuações de 4,0 e 3,3 °C para os pontos P1 e P2, respectivamente. Para o P3, o maior diferencial em relação ao controle ocorreu às 15h00 e foi de 2,4 °C. Esse atraso e valor inferior de redução em relação aos outros dois pontos, influenciados pelo jardim, é decorrência da insolação que esse ponto recebe até às 15h30.

Esses diferenciais, em relação ao ponto controle, são semelhantes ao encontrado no estudo de Sunakorn e Yimprayoon (2011), que registraram reduções máximas de 6,3 °C entre TAR externa e interna e, ambiente sem influência da ventilação. Suklje, Ankar e Medved (2014) também obtiveram resultados semelhantes, com redução máxima de 5,0 °C para TAR na fachada verde indireta quando comparada com o controle.

Destaca-se aqui que, a partir das 17h30, os pontos influenciados pelo jardim vertical passam a registrar valores de TAR superiores ao ponto controle (P4). Essa inversão demonstra a ação do mecanismo de ação isolamento térmico, que diminui a troca de calor por convecção e mantém o ambiente aquecido durante a noite dos períodos de frio. Esse resultado se relaciona ao encontrado no estudo de Pérez *et al.* (2011), que registraram aumento de 3,8 °C para TAR na cavidade de ar em relação à área externa durante o inverno. Destaca-se aqui, que a proximidade entre os resultados a partir das 17h30, é devido à diminuição da radiação solar.

No trabalho desenvolvido por Cameron, Taylor e Emmett (2015), durante período rigoroso de inverno, as fachadas verdes indiretas também demonstraram a atuação do mecanismo de ação isolamento térmico, visto que, em situações de temperaturas externas abaixo de zero, as temperaturas do ar interna e superficial externa das caixas teste encontravam-se superiores às registradas para a superfície controle.

#### 4.2 Influência na temperatura radiante média (TRM)

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos para a variável temperatura radiante média em todos os pontos, onde é possível observar que os pontos P1, P2 e P3 apresentaram seus valores máximos às 14h. Entre esses pontos, o P1 foi o que apresentou menor resultado (31,4 °C), seguido pelos pontos P2 e P3. Quanto aos valores mínimos, todos os pontos atingiram esses valores às 18h e apresentaram resultados muito próximos, em torno dos 20,0 °C.

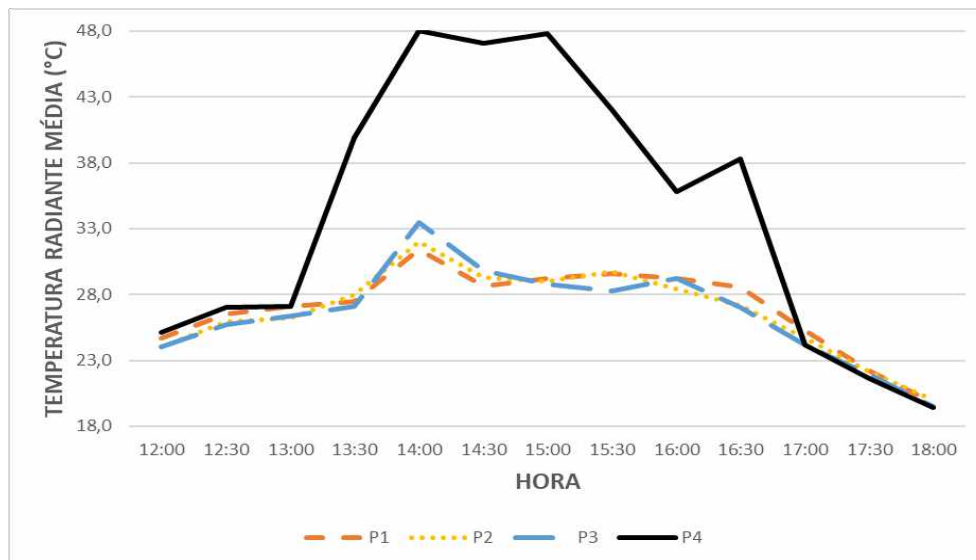


Figura 6 – O desempenho da variável TRM durante o monitoramento.

Em relação ao ponto controle, os diferenciais máximos ocorreram às 15h e variaram entre 18,6, 18,8 e 19,0 °C para os pontos P1, P2 e P3, respectivamente. A partir das 17h os resultados se alteram e o ponto controle passa a registrar resultados inferiores aos demais. Apesar de ter apresentado valores muito próximos entre si, o ponto P3 obteve o melhor desempenho térmico para esta variável em relação aos demais, seguido pelos pontos P2 e P1, respectivamente, visto que apresentou maior redução de TRM em relação ao controle.

Em trabalho realizado por Morelli e Labaki (2013), com fachadas verdes indiretas implantadas em caixas teste de cores vermelha, verde e azul, foram encontradas reduções de 1,0, 1,9 e 0,5 °C para a temperatura de globo, respectivamente. Essas reduções são bastante inferiores às encontradas nesse trabalho, visto que a redução máxima de temperatura de globo em relação ao ponto controle foi de 12,2 °C para o ponto localizado imediatamente atrás da fachada verde com espécie de maracujá (P1).

### 4.3 Influência na umidade absoluta do ar (UA)

A Figura 7 mostra os resultados da variável umidade absoluta do ar (g/Kg), que representa a massa de vapor de água ( $m_{\text{água}}$ ) por quilograma de ar seco ( $m_{\text{ar seco}}$ ), onde se pode observar que, entre os três pontos localizados imediatamente atrás das jardineiras, o P3 apresenta melhor desempenho, visto que registrou valores superiores para esta variável, durante todo o monitoramento, seguido pelo ponto controle (P4). Os pontos P1 e P2 apresentaram resultados próximos, mas, durante a maior parte do monitoramento, os valores encontrados para P2 estiveram superiores em relação ao P1. Em relação ao P3, este apresentou valores superiores em relação aos demais durante todo o período de monitoramento.

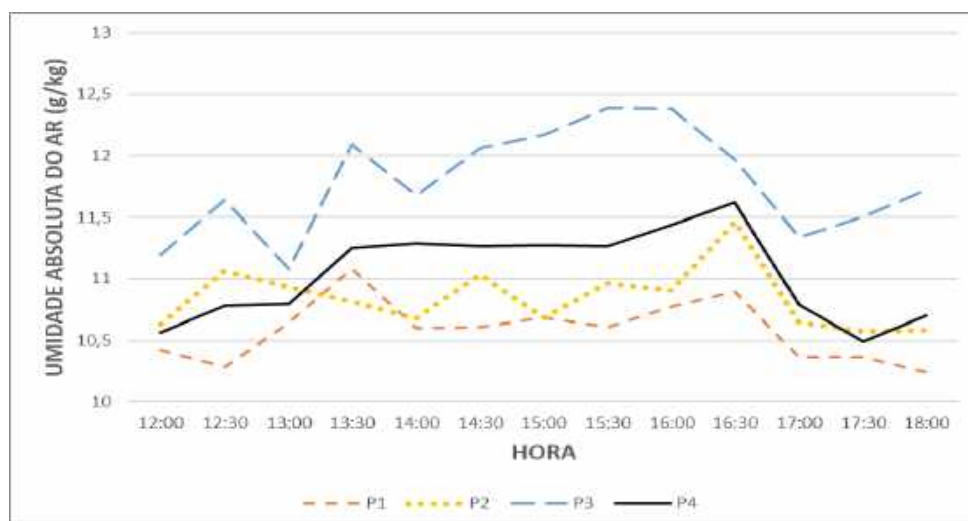


Figura 7 – O desempenho da variável UA durante o monitoramento.

Em relação ao ponto controle, apenas às 12h e às 17h30 o ponto P1 apresentou valores superiores (0,1 g/kg) e sua diferença máxima ocorreu às 16h30, em que P1 apresentou umidade absoluta 0,7 g/kg mais baixo que o controle. O ponto P2 apresentou desempenho semelhante, com resultados superiores ao controle entre o período das 12h até às 13h e diferencial máximo de 0,6 g/kg às 15h. O ponto P3 apresentou valores superiores aos encontrados para o ponto controle durante todo o período de monitoramento, com diferenciais máximo e mínimo de 1,1 e 0,3 g/kg.

Esse resultado contraria a hipótese de que os pontos localizados próximos às fachadas verdes apresentariam resultados superiores ao ponto controle, mas pode ser explicado através da dinâmica da ventilação, ainda que baixa, mas existente. O frescor produzido pelas fachadas verdes com as espécies de maracujá (P1) e ipomea (P2) através do mecanismo de ação resfriamento evaporativo era transportado pelo vento e, somado ao frescor produzido pela tumbérgia, os pontos P3 e P4 obtiveram os melhores resultados. Nesse contexto, quando comparados entre si, os pontos P1, P2 e P3 apresentam um padrão de resultados em que o primeiro obteve resultado inferior, o segundo intermediário e o último superior. Dessa maneira, o ponto P3, localizado atrás da tumbérgia azul, alcançou melhor desempenho.

#### 4.4 Análise estatística

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados da análise estatística aplicada para as variáveis TAR e TRM. Observa-se que a variável TAR não apresentou relações de dependência significativas entre os grupos e, portanto, não foi realizado o Teste de Tukey para esse parâmetro.

Tabela 2 – ANOVA de fator único da variável TAR para os pontos analisados no experimento.

Fonte de variação	SQ	GI	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	9,040898	3	3,013633	0,587176	0,626362	2,798061
Dentro dos grupos	246,3559	48	5,132414			
Total	255,3968	51				

Tabela 3 – ANOVA de fator único da variável TRM para os pontos analisados no experimento e Teste de Tukey.

Fonte de variação	SQ	GI	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	533,6345	3	177,8782	4,926938	0,004603	2,798061
Dentro dos grupos	1732,953	48	36,10319			
Total	2266,588	51				
<b>Tukey</b>	P1	P2	P3	P4		
P1		0,9996	0,999	0,01856		
P2	0,1468		1	0,01407		
P3	0,1976	0,05077		0,01276		
P4	4,321	4,468	4,519			

A variável TRM, por sua vez, apresentou relações de dependências significativas entre grupos e o Teste de Tukey indicou valores de dependência próximos entre si, em que o ponto P3 apresentou maior dependência em relação ao controle, seguido pelos pontos P2 e P1, respectivamente. Além dos dados apresentados em relação às reduções e desempenho das variáveis em relação ao ponto controle, esses resultados estatísticos confirmam o potencial amenizador térmico das fachadas verdes.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou a influência de três fachadas verdes indiretas com diferentes espécies de trepadeiras na amenização microclimática de um espaço transição em comparação com um ponto controle, que não possui interferência do sombreamento dessas fachadas. Na investigação experimental realizada, foi comprovada uma amenização térmica ocasionada pelo sombreamento, mecanismo de ação das fachadas verdes que bloqueia parte da radiação solar incidente. Nesse contexto, foram obtidas reduções máximas de TAR e TRM de 4,0 e 18,8 °C, respectivamente. Juntamente a isso, o sombreamento do piso proporcionado pelas jardineiras também influenciou nas reduções de TRM, uma vez que reduziu as temperaturas superficiais.



Destaca-se aqui que, todos os resultados obtidos se relacionam e seguem a tendência daqueles apresentados na literatura sobre o tema em alguns casos, ou até mesmo os superando em termos de redução térmica, o que enriquece o trabalho e confirma o papel amenizador térmico das fachadas verdes. A umidade absoluta, por sua vez, registrou aumento máximo de 1,1 g/Kg em relação ao ponto controle para o ponto P3, fruto da combinação do resfriamento evaporativo proporcionado pelo conjunto de fachadas verdes e da ventilação.

Para um maior entendimento dos resultados obtidos com os valores de umidades absolutas, recomenda-se observar, em futuros estudos, a variável ventilação com equipamento de alta precisão, além da direção do vento, com método de fitas. Além disso, o monitoramento durante o tempo quente também é imprescindível, para que o desempenho dos jardins possa ser analisado em diferentes condições de tempo.

Nesse contexto, a pesquisa contribuiu não apenas para o aumento de conhecimento acerca do potencial amenizador térmico das fachadas verdes, mas também de sua importância nos espaços de transição, tão pouco estudados. Além disso, o trabalho contribuiu para o avanço nos estudos de aspectos morfológicos das espécies vegetais selecionadas, que são fatores essenciais para o sucesso e eficiência das fachadas verdes na atenuação da radiação solar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESIR, A. B.; CUCE, E. Green roofs and green facades: a comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 915-939, 2018.
- CAMERON, R. W. F.; TAYLOR, J.; EMMETT, M. A Hedera green façade - energy performance and saving under different maritime-temperate, winter weather conditions. **Building and Environment**, v.92, p. 111–121, 2015.
- CRUCIOL BARBOSA, M.; FONTES, M. S. G. de C. Jardins verticais: modelos e técnicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 114-124, jun. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8646304>>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- CHUN, C.; KWOK, A.; TAMURA, A. Thermal comfort in transitional spaces—basic concepts: literature review and trial measurement. **Building and environment**, v. 39, n. 10, p. 1187-1192, 2004.
- CEPAGRI, Clima dos Municípios Paulistas. (2016). Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acessado em 12 jan 2019.
- HUNTER, A. M.; WILLIAMS, S. G. N.; RAYNER, J. P.; AYE, L.; HES, D.; LIVESLEY, S. J. Quantifying the thermal performance of green façades: a critical review. **Ecological Engineering**, v. 63, p. 102-113, 2014.
- JAAFAR, B., SAID IS., REBA M. N., RASIDI M. H. Impact of vertical greenery system on internal building corridors in the tropic. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 105, p. 558-568, 2013.
- KONTOLEON, K.J.; EUMORFOPOULOU, E.A. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. **Building and Environment**, v. 45, n.5, p. 1287-1303, 2010.
- MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 863-871, 2015.
- MORELLI, D. D. O.; LABAKI, L. C. . Paredes verdes: estudo experimental sobre seus efeitos no espaço construído. In: XII Encontro Nacional e VIII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2013, Brasília. **Anais do ENCAC/ELACAC 2013**, 2013. p. 1098-1107.
- MUÑOZ, L. S.; CRUCIOL BARBOSA, M.; FONTES, M. S. G. de C; FARIA, J. R. G. Desempenho térmico de jardins verticais de tipologia fachada verde. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, n. 2, mar. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652775>>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Improvements to the globe thermometer for outdoor use. **Architectural Science Review**, v.42, p. 27-34, 1999.
- PÉREZ, G.; COMA, J.; MARTORELL, I., CABEZA, L.F., Vertical greenery systems (VGS) for energy saving in buildings: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, p. 139-165, 2014.
- PÉREZ, G.; RINCÓN, L.; VILA, A.; GONZÁLEZ, J. M.; CABEZA, L. F. Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate. **Energy Conservation and Management**, v. 52, n. 4, p. 1861-1867, 2011.
- PERINI, K., OTTELÉ, M., FRAAII, A.L.A., HAAS, E.M., RAITERI, R. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. **Building and Environment**, v. 46, p. 2287-2294, 2011.
- PERINI, K.; OTTELÉ, M.; HAAS, E.M.; RAITERI, R. Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls. **Urban Ecosystems**, v. 16, n. 2, p. 265-277, 2013.
- RUAS, A.C. Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software. 2002. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- SAFIKHANI, T., ABDULLAH, A.M., OSSEN, D.R., BAHARVAND, M. Thermal impacts of vertical greenery systems. **Environmental and Climate Technologies**, v. 14, p. 05-11, 2014a.
- SAFIKHANI, T.; ABDULLAH, A.M.; OSSEN, D.R.; BAHARVAND, M. A review of energy characteristic of vertical greenery systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.40, p. 450-462, 2014b.
- SHARP, R.; SABLE, J.; BERTRAM, F.; MOHAN, E.; PECK, S. **Introduction to Green Walls: technology, benefits & design**. In: Green Roofs for Healthy Cities, 2008. Disponível em: <[http://www.greenroofs.net/components/com\\_lms/flash/Green%20Walls%20Intro%20908b.pdf](http://www.greenroofs.net/components/com_lms/flash/Green%20Walls%20Intro%20908b.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- SHEWEKA, S. M; MOHAMED N. M. Green facades as a new sustainable approach towards climate change. **Energy Procedia**, v.18, p. 507-520, 2012.
- SUKLJE, C. T.; ARKAR, C.; MEDVED, S. The local ventilation system coupled with the Indirect green façade: a preliminary study. **International Journal of Design & Nature and Ecodynamics**, v. 9, n. 4, p. 314–320, 2014.

- SUNAKORN, P.; YIMPRAYOON, C. Thermal performance of biofacade with natural ventilation in the tropical climate. In: 2011 international conference on green buildings and sustainable cities, 21. Bangkok, 2011. **Procedia Engineering**, n. 21 p. 34-41, 2011.
- SUSOROVA, I. Green facades and living walls: vertical vegetation as a construction material to reduce building cooling loads. In: PACHECO-TORGAL, F; LABRINHA, J. A.; CABEZA, L. F.; GRANQVIST, C.-G. (Org.). **Eco-efficient materials for mitigating building cooling needs**. Chicago: Elsevier, 2015. p. 127-153.
- SUSOROVA, I.; AZIMI, P.; STEPHENS, B. The effects of climbing vegetation on the local microclimate, thermal performance, and air infiltration of four building facade orientations. **Building and Environment**, v. 76, p. 113–124, 2014.
- VOX, G.; SCHETTINI, E; CAMPIOTTI, C. A.; VIOLA, C.; ALONZO, G.; BLANCO, I.; MUGNOZZA, G. S. Building climate control by means of passive systems. In: International conference of agricultural engineering. **Proceedings International Conference of Agricultural Engineering**, Zurique, p. 1-8, 2014.
- WONG, N.H.; TAN, A.Y.K.; CHEN, Y.; SEKAR, K.; TAN, P.Y.; CHAN, D.; CHIANG, K.; WONG, N.C. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and Environment**, v. 45, n. 3, p. 663-672, 2010.
- WONG, I.; BALDWIN, A. N. Investigating the potencial of applying vertical green walls to high-rise residential buildings for energy-saving in sub-tropical region. **Building and Environment**, v. 97, p. 34-39, 2016.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas – IPMET, pelos dados fornecidos e à Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) da UNESP, Campus de Bauru, por ter financiado o experimento.