

## Fachada Verde e Conforto Térmico em Escritório Universitário

*Green Facade and Thermal Comfort in University Office*

*Fachada Verde y Confort Térmico en Oficina Universitario*

**Guilherme William Petrini da Silveira**

Mestrando em Arquitetura, UNESP, Brasil  
guipetrini@gmail.com

**Leonardo Diba Gonçalves Padovan**

Mestrando em Arquitetura, UNESP, Brasil  
leopadovan.arq@gmail.com

**Maria Solange Gurgel de Castro Fontes**

Professora Doutora. UNESP, Brasil.  
sgfontes@faac.unesp.br



#### RESUMO

O sombreamento de fachadas e aberturas de um edifício constitui-se uma das principais estratégias bioclimáticas passivas para melhoria do conforto e desempenho térmico de seus ambientes. Neste sentido o uso de fachadas verdes em superfícies verticais da edificação funciona como dispositivo de controle solar dinâmico, uma vez que proporciona diferentes taxas de transmissão solar, variando conforme clima e estação. Aprimorando o debate sobre os benefícios desta estratégia para arquitetura, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação do grau de conforto térmico proporcionado pelo uso de fachada verde com a espécie *Wisteria Floribunda* (*Glicínia*) em dois ambientes de escritório do bloco administrativo/professores da Faculdade Integradas de Ourinhos, localizada em Ourinhos-SP, Zona Bioclimática 3. A metodologia utilizada baseou-se em simulações computacionais com o *software Energyplus* v. 8.9.0, comparando-se os resultados das temperaturas operativas provenientes dos cálculos do programa com a zona de conforto definidas pelo modelo de conforto adaptativo da norma americana ASHRAE 55 (2013). Na análise dos resultados observou-se que introdução da estratégia passiva de sombreamento na fachada oeste proporcionou aumento do conforto em até 9% durante período de uso da edificação. Na comparação do grau hora de desconforto para frio e calor constatou-se melhoria de até 39% no desempenho térmico das salas analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fachada verde; Conforto térmico; Desempenho térmico. Escritório.

#### ABSTRACT

The shading of façades and openings of a building constitutes one of the main passive bioclimatic strategies to improve the comfort and thermal performance of their environments. In this sense, the use of green facades on vertical surfaces of the building works as a dynamic solar control device, since it provides different rates of solar transmission, varying according to climate and season. Improving the debate about the benefits of this strategy for architecture, the present work aims to evaluate the degree of thermal comfort provided by the use of green facade with the *Wisteria Floribunda* (*Wisteria*) species in two office environments of the administrative block / Faculty teachers Integrated of Ourinhos, located in Ourinhos-SP, Bioclimatic Zone 3. The methodology used was based on computational simulations with *Energyplus* v. 8.9.0, comparing the results of the operating temperatures from the program calculations with the comfort zone defined by the adaptive comfort model of the American standard ASHRAE 55 (2013). In the analysis of the results it was observed that the introduction of the passive shading strategy in the west façade provided an increase of comfort by up to 9% during the period of use of the building. In the comparison of the hour degree of discomfort for cold and heat, it was observed improvement of up to 39% in the thermal performance of the analyzed rooms.

**KEY WORDS:** Green facade. Thermal comfort. Thermal performance. Office.

#### RESUMEN

El sombreado de fachadas y aberturas de un edificio constituye una de las principales estrategias bioclimáticas pasivas para mejorar el confort y el rendimiento térmico de sus ambientes. En este sentido el uso de fachadas verdes en superficies verticales de la edificación funciona como dispositivo de control solar dinámico, ya que proporciona diferentes tasas de transmisión solar, variando conforme clima y estación. El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación del grado de confort térmico proporcionado por el uso de fachada verde con la especie *Wisteria Floribunda* (*Glicínia*) en dos ambientes de oficina del bloque administrativo / profesores de la Facultad La metodología utilizada se basó en simulaciones computacionales con el *software Energyplus* v. 8.9.0, comparando los resultados de las temperaturas operativas provenientes de los cálculos del programa con la zona de confort definidas por el modelo de confort adaptativo de la norma americana ASHRAE 55 (2013). En el análisis de los resultados se observó que la introducción de la estrategia pasiva de sombreado en la fachada oeste proporcionó un aumento del confort en hasta un 9% durante el período de uso de la edificación. En la comparación del grado hora de incomodidad para frío y calor se constató una mejora de hasta un 39% en el desempeño térmico de las salas analizadas.

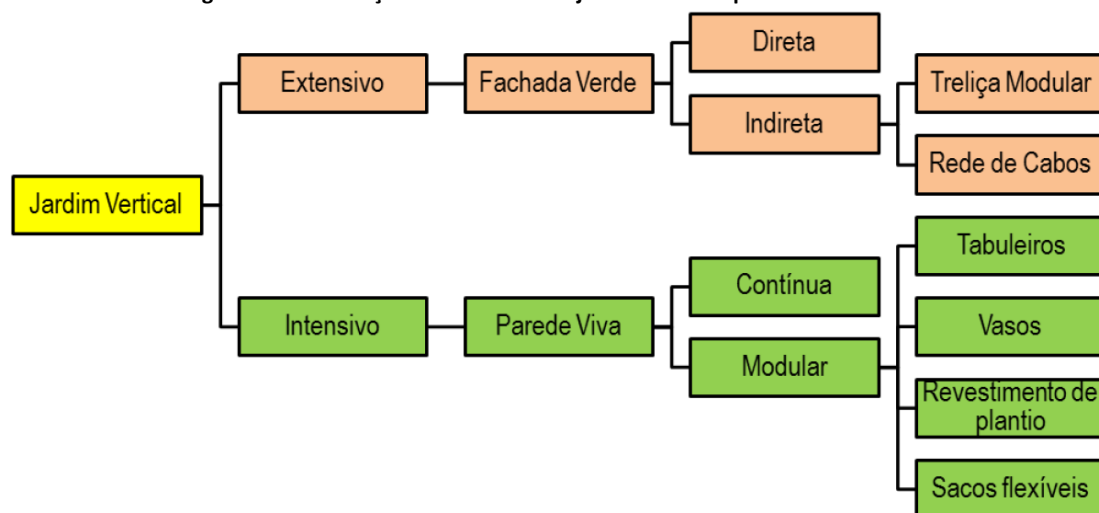
**PALABRAS CLAVE:** Fachada verde. Confort térmico. Rendimiento térmico. Oficina

## 1. INTRODUÇÃO

O jardim vertical se apresenta com uma técnica alinhada aos princípios de sustentabilidade e eficiência energética, proporcionando sombreamento a edificação com ganhos efetivos no conforto térmico, sendo também uma forma inovadora de aumentar exponencialmente a biomassa vegetal urbana e paralelamente proporcionar um valioso ganho na percepção e qualidade ambiental (DAMAS; MORELLI, 2009; SCHERER, 2014; SORTE, 2016).

Atualmente existem várias denominações e técnicas de aplicação do sistema e os pesquisadores da área têm apresentado propostas de classificação e denominação dos diversos tipos de jardim vertical. Na figura 01 Barbosa e Fontes (2016) apresentam um modelo de classificação adaptado de Manso e Castro Gomes (2015) e divide o jardim vertical em dois tipos grupos; o intensivo que denominado “parede viva” o qual é composta por compartimentos ou módulos fixados a parede onde as plantas são inseridas e que recebem substrato e irrigação.

Figura 1 - Classificação dos sistemas de jardim vertical quanto a técnica construtiva



Fonte: (BARBOSA; FONTES, 2016) adaptado de (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015)

Este sistema apresenta uma grande eficiência no controle de temperaturas e no resultado estético, mas apresentam em contrapartida um custo considerável na aplicação e manutenção do jardim.

Os sistemas extensivos denominados “Fachada verde” - que é o objetivo deste estudo – se caracterizam por ser um sistema onde a vegetação, comumente trepadeiras, são conduzidas a recobrirem diretamente ou indiretamente por meio de estruturas auxiliares (treliças, cabos, etc.) os painéis verticais de uma edificação (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

As espécies vegetais que compõem o jardim podem ser plantadas diretamente no solo na base da estrutura, ou em vasos em diferentes alturas da fachada. A grande vantagem deste sistema é o menor custo de implantação e manutenção, pois as plantas podem ser plantadas diretamente no solo minimizando os custos com reposição e irrigação e possibilitam um maior rigor físico das plantas.

As fachadas verdes podem posteriormente ser divididas em dois diferentes sistemas. A direta, onde as trepadeiras usam a própria fachada como elemento de suporte; e a indireta, com o objetivo de criar uma cortina verde separado da parede onde as plantas são conduzidas por uma estrutura sobreposta a superfície da parede. (PÉREZ et al., 2011).

Estudos apresentados mostram que os jardins verticais apresentam indicativos de qualidade extremamente favoráveis a sua aplicação, mostrando eficiência quanto ao sombreamento, alcançando níveis idênticos ao sombreamento de árvores e redução da temperatura superficial em valores significativos, bem como melhores índices de umidade do ar (PÉREZ et al., 2011, 2017). Mediante as várias possibilidades de definição da implantação é importante sempre observar e destacar os critérios que mais se alinham a necessidade de cada caso, sempre pautando os critérios que envolvem e estabelecem a relação da eficiência energética com o edifício na busca de uma arquitetura bioclimática totalmente adaptada o meio e que se mostre efetivo na busca de índices ideias de conforto e usabilidade do espaço - interno e externo - arquitetônico.

Atualmente já é possível verificar, mesmo que em quantidade moderada, alguns estudos sobre a eficiência dos jardins verticais quanto ao conforto e desempenho térmico principalmente nos países de clima mediterrâneo e temperado, em grande parte na Europa meridional e países asiáticos. Dentre estes estudos sobre a eficiência da técnica podemos destacar estudos sobre a influência sobre o ambiente interno (JAAFAR et al., 2013; SAFIKHANI et al., 2014; KOYAMA et al., 2015), influência na temperatura interna com aplicação e fachada verde nas áreas de transição (SUNAKORN; YIMPRAYOON, 2011) e estudos sobre a influência da temperatura superficial de paredes e painéis (WONG et al., 2010; VOX; BLANCO; SCHETTINI, 2018; YANG et al., 2018).

Existem ainda estudos que analisam a influência no cânions urbanos dos revestimentos vegetativos no invólucro das edificações (ALEXANDRI; JONES, 2008; HOELSCHER et al., 2016; VARGHESE; GHOSH, 2016; PERINI; ROSASCO, 2013).

Importantes estudos sobre a eficiência energética das construções são apresentados pelos pesquisadores mostrando grandes ganhos de até 35% na redução do consumo de energia e na minimização do uso de técnicas ativas, melhoras resfriamento e perda de calor (WONG et al., 2010; SUSOROVA; AZIMI; STEPHENS, 2014; CAMERON; TAYLOR; EMMETT, 2015; PERINI et al., 2017).

Os estudos por simulação computacional para verificação da eficiência do jardim vertical como técnica passiva ainda é pouco utilizado pelos pesquisadores, muito em decorrência pela falta de parâmetros de sombreamento foliar das espécies vegetais aplicadas. Podemos pontuar as pesquisas de Larsen, Filippín, Lesino (2014), Larsen, Filippín, Lesino (2015) e Sorte (2016) com o uso de simulação. Dentre alguns outros indicativos estudados pelos pesquisadores ao redor do mundo podemos destacar a influência na ventilação, temperatura externa e resfriamento do edifício.

Para que estas técnicas tenham uma real eficiência no que tange as estratégias bioclimáticas da edificação, conforme pontua (DAMAS; MORELLI; LABAKI, 2009) é importante que seja um elemento inerente ao exercício de projeção definido no partido arquitetônico, sendo de suma importância o conhecimento da diversas técnicas e especificar a mais adequada ao projeto, levando em consideração os fatores climáticos, desempenho térmico, econômicos e manutenção e potencial der aplicação.

Outro fator importante é ter o conhecimento das espécies que podem ser aplicadas serem aplicadas no jardim vertical, verificando suas características como sazonalidade e seu percentual de transmissão

solar (PTS) que verifica o potencial de sombreamento da vegetação aplicada a fachada verde. Podemos observar estudos sobre PTS nos trabalhos de (SCHERER; FEDRIZZI, 2013, 2015; JOHANN SCHERER; FEDRIZZI, 2014).

A importância destes estudos e a divulgação técnica e científica deste métodos e estratégias ocorre pela necessidade de se usar elementos de bloqueio solar em decorrência das características climáticas do Brasil, de maneira que se possa alcançar níveis ideais de conforto térmico. Associa-se a essa questão a necessidade dessas técnicas de invólucro verde se torne um elemento vinculado ao processo de projeto arquitetônico, integrando, de forma criativa e inovadora, aspectos funcionais, conceituais e de composição formal.

Destaca-se que a aplicação em grande escala de todas as técnicas que envolvem uso de vegetação (jardins verticais e cobertura verde) proporciona atuações ambientais efetivas com grande potencial sustentável, sendo um valioso coadjuvante na melhora dos aspectos ambientais do meio urbano.

Em um estudo de revisão (MUÑOZ et al., 2019) mostra que os estudos sobre o desempenho de fachadas verdes são recentes e concentrados nos países asiáticos e na Europa e portanto aponta a necessidade de mais estudos desta técnica em outros climas. Os estudos selecionados apontam significativos benefícios térmicos das fachadas verdes quanto a temperatura superficial, amenização da temperatura interna e poder de sombreamento. Outro ponto apontado neste estudo é a necessidade de padronização dos métodos aplicados para que as comparações entre os estudos sejam mais eficientes e precisas.

Esta pesquisa justifica-se pela necessidade de se buscar e desenvolver técnicas passivas de controle térmico, que geram um baixo consumo de energia e impacto ambiental favorável alinhado aos conceitos de sustentabilidade, além de se e ainda esta pesquisa torna-se mais relevante pelos poucos estudos sobre a eficiência das fachadas verdes e outras tipologias de jardins verticais como elemento de controle de temperatura no interior das edificações e, conseqüentemente, proporcionar melhorar a qualidade e eficiência energética do ambiente interno.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo mostra uma pesquisa sobre a contribuição de fachadas verdes na amenização microclimática e condições de conforto térmico, a partir de estudos em dois escritórios universitários com e sem a influência de fachadas verdes.

## **3. MÉTODO**

Para avaliação de trocas térmicas entre edifício e meio urbano e natural utiliza-se na presente pesquisa a técnica de simulação computacional. De simples verificadores de textos normativos, os softwares de simulação passaram a desenvolver cálculos mais complexos, realizando-se análise térmica de trocas de calor, simulação energética, reconhecendo aspectos de ventilação natural, iluminação, aquecimento e resfriamento (IPT, 2004 apud Silveira, 2014).

Utilizando-se os softwares *Google Sketchup 2017*, *plugin Openstudio v. 8.5.0* e *Energyplus v. 8.9.0*, definiu-se sequencialmente diversos parâmetros do edifício construído e elementos de proteção bioclimática, como a fachada verde, para finalmente determinar a temperatura operativa interna do ambiente de escritório analisado.

Para determinação do grau de conforto térmico foi utilizado o método de conforto adaptativo definido pela ANSI/ASHRAE 55 (2013).

### 3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Faculdade Integradas de Ourinhos – FIO - caracteriza-se por um campus universitário com disposição radial dos blocos acadêmicos e administrativos, neste consta de blocos de salas de escritórios de professores e coordenadores da faculdade. Localiza-se na zona rural do município de Ourinhos, São Paulo, cidade com características de clima tropical, tipo Am, conforme classificação de Köppen, verões quentes com média de temperatura de 25,1°C e invernos frio e seco, com média de 18,0°C. Registra média anual de precipitações de 1356mm, distribuídos ao longo do ano e encontra-se classificada na Zona Bioclimática 3, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2003).

Para determinação das características climáticas da região utilizou arquivo em formato “*epw*”, configurado a partir de dados medidos nas estações automáticas do INMET, e disponibilizados pelo portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC, 2016). Os arquivos climáticos contêm valores para as 8.760 horas do ano, com variações horárias de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar (RORIZ, 2012).

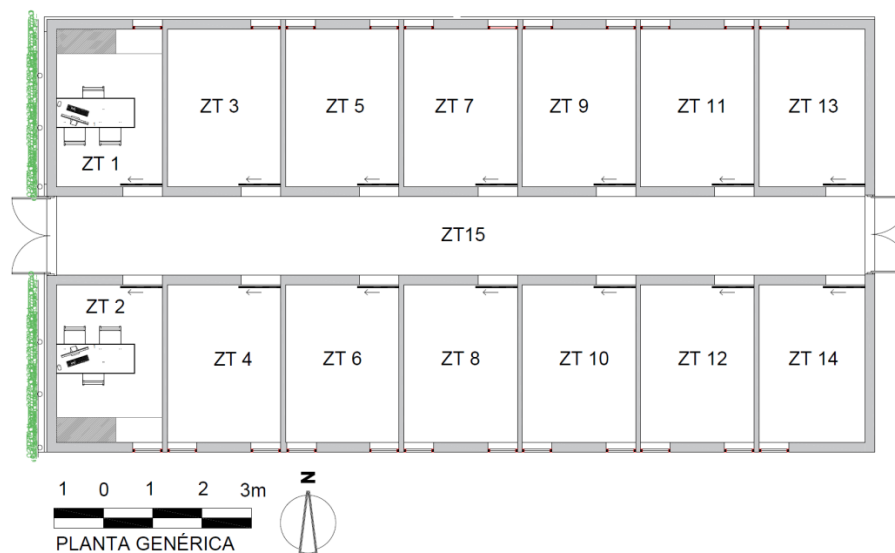
### 3.2 Modelagem e configurações de parâmetros

A modelagem tridimensional foi realizada com os softwares *Google Sketchup 2017*, *plugin Openstudio v. 8.5.0*, a partir de visita in loco e análise das características físicas dos ambientes analisados. Para maior precisão dos cálculos dos programas foram definidas zonas térmicas para o ático das coberturas e cada ambiente de escritório, conforme apresentado na Figura 2.

Na presente pesquisa serão analisadas as zonas térmicas 1 e 2, caracterizadas por salas na extremidade do edifício com orientações Norte/Oeste e Sul/Oeste respectivamente. Para o edifício sem proteção é atribuída a sigla “S/P” na análise dos resultados, já com o uso de fachada verde “C/P”.

O edifício retangular de 8,80X16,80 possui paredes formadas por blocos de concreto estrutural de 14x19x39, chapiscado e emboçada atingindo a espessura final de 20cm; forro em PVC; cobertura em telhas metálicas e piso em revestimento cerâmico assentado sobre argamassa e lastro de concreto em contato direto com o solo. Os elementos construtivos foram definidos no *software Energyplus* a partir dos estudos realizados pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Estadual de Santa Catarina, a qual desenvolveu a Biblioteca de Componentes Construtivos Brasileiros (WEBER et. al, 2017).

Figura 2 –Definição das Zonas Térmicas.

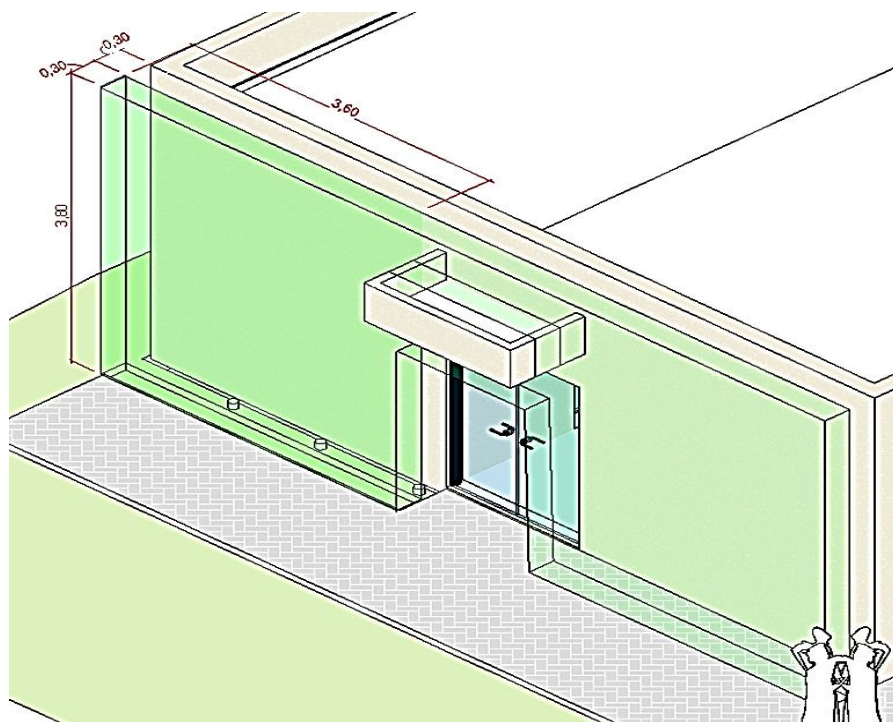


Fonte: Autores, 2018

Para avaliação dos efeitos benéficos da estratégia bioclimática de sombreamento nesta edificação, foi realizada a modelagem e configuração do edifício na situação real e com a sugestão de uma fachada verde de 3,80mX3,8m, afastada 30cm da parede externa oeste da edificação, conforme apresentado na figura 03.

Os parâmetros utilizados para caracterizar o componente vegetal da fachada verde foram baseados no trabalho desenvolvido por Sherer (2014), que citando outros autores definiu: resistência térmica (R) de 0,34m<sup>2</sup>.K/W, espessura de 0,12m, emissividade 0,96; absorvidade radiação global em 70% e radiação visível em 85%. Para atribuição do percentual de transmissão solar (PTS) do componente, utilizou-se os dados sugeridos pelos experimentos da autora com a espécie *Wisteria Floribunda* (*Glicínia*). Outro importante fator para escolha da vegetação foi a característica decíduas da espécie, que permite sombreamento adequado no verão e aquecimento da edificação durante o inverno, devido a menor densidade de suas folhas.

Figura 3 –Detalhe disposição da fachada verde a fachada oeste.



Fonte: Autores, 2018

Para os ambientes de escritório definiram-se as cargas internas de eletroeletrônicos, iluminação e uso do espaço que influenciam no aquecimento interno da edificação. Para isso, determinou-se a potência de 2 lâmpadas fluorescentes de 16W; computador/monitor 450W; 70W/pessoa/hora, referente a taxa metabólica no desenvolvimento de atividades sentado (ISO, 2004), sendo a fração radiante de 0,5 para pessoas e 0,37 para iluminação (ANSI/ASHRAE, 2013).

No *software Energyplus*, o padrão de uso dos equipamentos, iluminação e ocupação do edifício é descrito utilizando-se a ferramenta *Schedule*. Através dela determina-se a operação do edifício conforme seu uso temporal e operacional, além de tornar possível criar as operações de abertura e fechamento de esquadrias para iluminação e ventilação. No caso do componente vegetal a rotina é utilizada para configurar o percentual de transmissão solar mensal, conforme quadro 01.



Quadro 1–Percentual de Transmissão solar mensal – *Wisteria Floribunda* – Glicínia

Mês	Percentual	Mês	Percentual
Janeiro	5%	Julho	86%
Fevereiro	5%	Agosto	84%
Março	4%	Setembro	38%
Abril	4%	Outubro	10%
Maió	6%	Novembro	8%
Junho	78%	Dezembro	7%

Fonte: (SHERER, 2014).

Foram estabelecidas as rotinas de uso conforme calendário escolar e horário da instituição, sendo o uso dos ambientes com no máximo duas pessoas das 13 às 23h, nos períodos de 01 de Fevereiro a 30 de Junho e de 01 Agosto a 22 de Dezembro.

Para o cálculo de perdas de cargas térmicas por infiltração de ar e ventilação natural sobre frestas e aberturas das esquadrias utilizou-se o algoritmo *Airflow Network* do próprio *Energyplus*, módulo de ventilação natural por rede que controla a entrada de ar pelas aberturas definidas nas zonas térmicas do projeto. Neste caso, as aberturas ocorrem quando a temperatura operativa da zona é igual ou superior a temperatura do ambiente externo, ou ainda quando esta é igual ou superior a temperatura de 25°C, conforme estudos de Martins et al. (2009, apud PEGLOW et al., 2016).

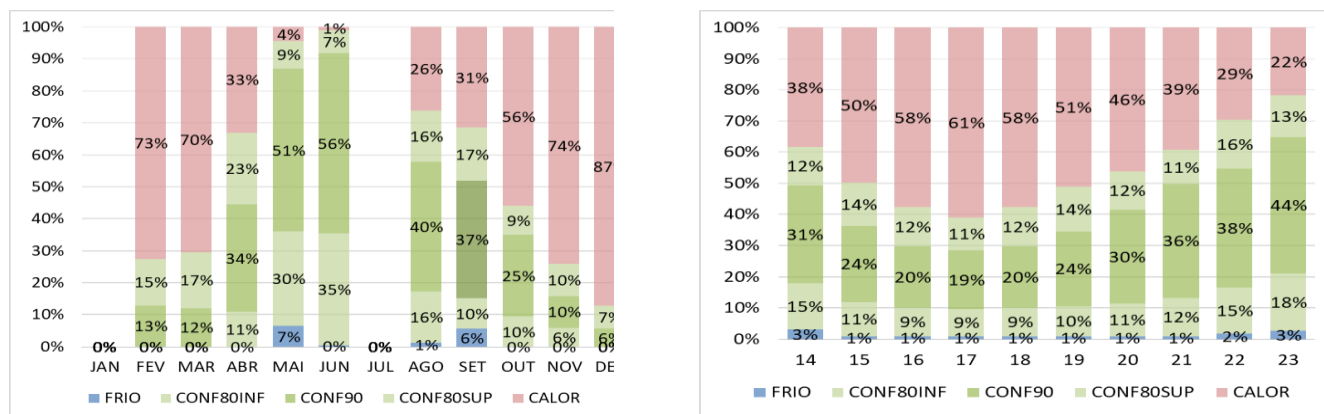
#### 4. RESULTADOS

Os resultados da presente pesquisa são expostos comparando-se as situações simuladas da edificação atual e a proposta de aplicação da estratégia bioclimática passiva da fachada verde. São apresentadas duas formas de análise: a) distribuição mensal e horária dos períodos de conforto/desconforto, identificando-se os horários de maior insatisfação dos usuários, assim como períodos em que se faz necessária a intervenção em busca de melhorias térmicas; b) graus-hora de desconforto (Gh) pelo calor e frio, permitindo analisar globalmente o desempenho térmico do ambiente. Ambos os indicadores são identificados com uso dos limites de conforto térmico adaptativo regulamentado pela norma americana ANSI/ASHRAE 55 (2013).

Na comparação entre os dois ambientes percebe-se uma diferença de 3% de conforto nas horas de uso do edifício. O ambiente caracterizado como zona térmica 1 possui esquadria voltada para face norte, motivo pelo qual chega a apresentar até 45% das horas em desconforto para o calor. Já na zona térmica 2 a sensação de conforto é maior, todavia apresenta-se até o dobro do período em desconforto para o frio, uma vez que o ambiente recebe menos raios solares sobre uma das fachadas. Em ambos os ambientes há predominância de sensação de conforto durante o inverno, chegando a atingir 99% do período de uso no mês de junho, e maior desconforto pelo calor no verão, sobretudo

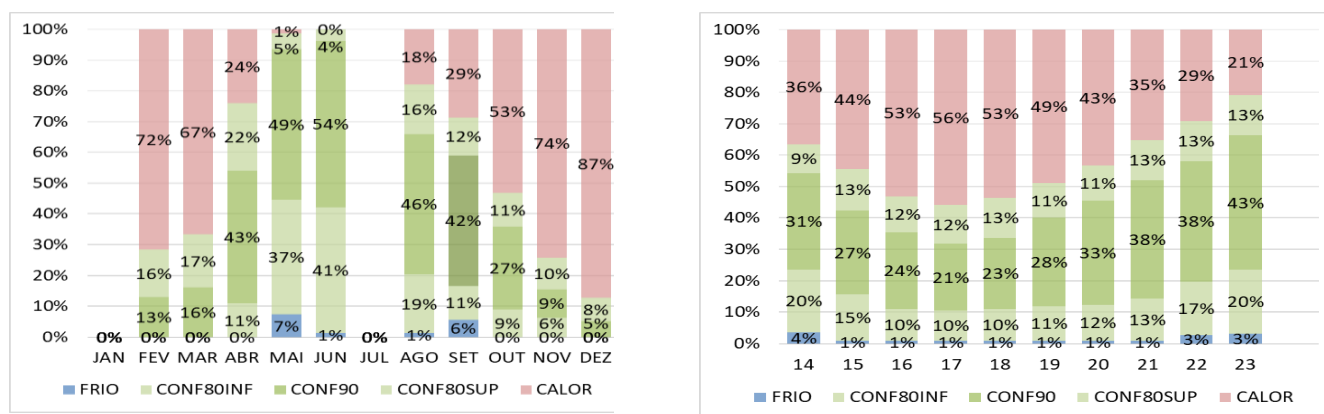
nos meses de dezembro e fevereiro, com períodos mais desconfortáveis entre as 15 e 19 (Figuras 4 a 5).

**Figura 4. Percentual conforto/desconforto mensal e horário – Zona Térmica 1 – Edifício sem proteção.**



Fonte: Autores, 2018

**Figura 5. Percentual conforto/desconforto mensal e horário – Zona Térmica 2 – Edifício sem proteção.**



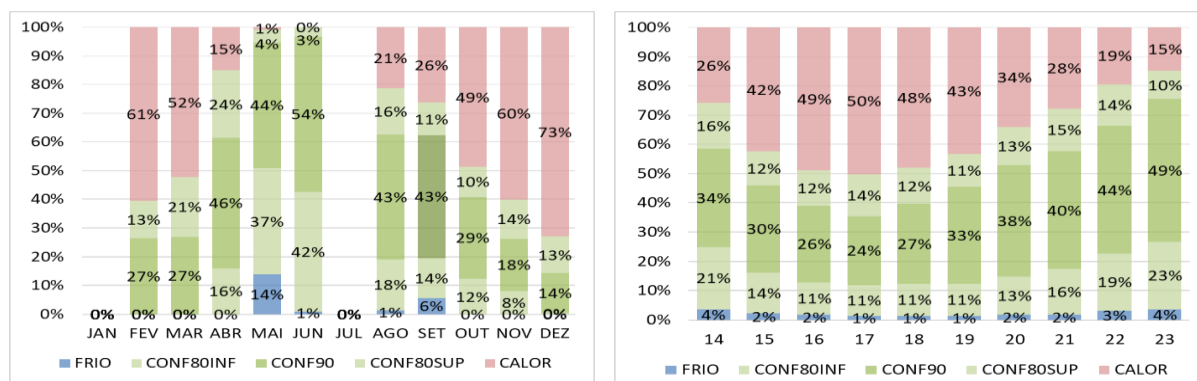
Fonte: Autores, 2018

A utilização da estratégia passiva por sombreamento da fachada Oeste do edifício de escritório, reduz o aquecimento dos ambientes internos, uma vez que diminui a incidência de raios solares diretamente sobre os blocos de concreto existentes. De forma global a introdução da estratégia proporcionou aumento do conforto em 9% do período de uso da edificação. Com a proteção a camada vegetal em todos os meses de uso predomina-se a sensação de conforto térmico, sendo média anual de 62% na sala com esquadria direcionada para norte e 64% na zona térmica 2, cuja orientação é a mais adequada. Como indicado nas figuras 06 e 07, observa-se uma melhoria proporcional para ambos os ambientes analisados, uma vez que o dispositivo de proteção solar foi instalado em pano de vedação de constituído apenas de blocos de concretos, sem aberturas, não interferindo na ventilação, iluminação e mesmo incidência interna de raios solares diretos no espaço interno da edificação.

O indicador numérico denominado graus-hora de desconforto caracteriza-se pela soma de valores das diferenças das temperaturas operativas horárias que ultrapassem os limites de conforto definidos pela ASHRAE 55 (2013), utilizando-se o método de conforto adaptativo. Assim para cada hora e que extrapole acima do limite, a soma gera um valor denominado graus-hora de desconforto para o calor. Abaixo da linha limite de conforto, denomina-se graus-hora de desconforto para o frio.

Avaliando-se a diferença entre as zonas térmicas 1 e 2 sem a fachada verde percebe-se que o segundo caso possui desempenho térmico até 8% maior que o primeiro. Com o uso da estratégia de sombreamento observa-se uma melhoria de até 39% no desempenho térmico global dos ambientes analisados, como indicado na figura 08, indo ao encontro dos resultados alcançados por Sherer (2014), cujo uso de espécies vegetais como estratégia bioclimática para sombreamento permitiu uma melhoria entre 31% e 50% no consumo energético da edificação.

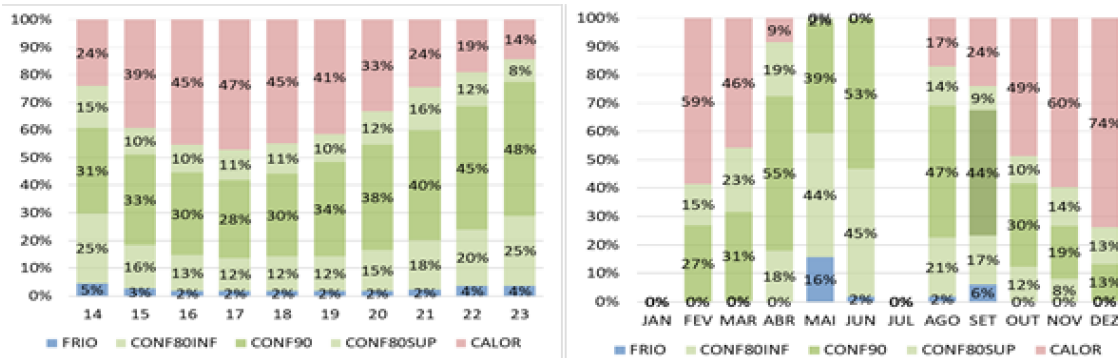
**Figura 6. Percentual conforto/desconforto mensal e horário – Zona Térmica 1 – Edifício com fachada verde.**



Fonte: Autores, 2018



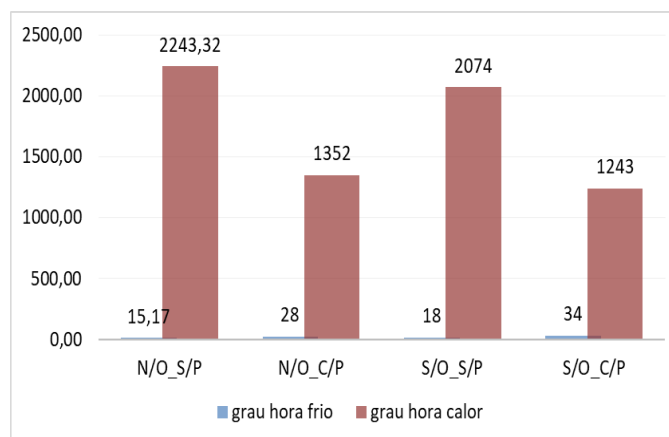
**Figura 7. Percentual conforto/desconforto mensal e horário – Zona Térmica 2 – Edifício com fachada verde.**



Fonte: Autores, 2018

Para o edifício de escritório em tela mesmo com uma redução pequena no período em que as pessoas consideram o ambiente termicamente inadequado a intensidade desse desconforto é até quatro vezes menor.

**Figura 8 –Comparação de graus-hora de frio e calor para os cenários simulados.**



Fonte: Autores, 2018

No período frio, ocorre um aumento do desconforto para o frio, apesar de ser desprezível, uma vez que em a camada vegetal proposta impede o aquecimento da parede Oeste das salas analisadas.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação do grau de conforto térmico proporcionado pelo uso de fachada verde em dois ambientes de escritório do bloco administrativo/professores da Faculdade Integradas de Ourinhos, localizada em Ourinhos-SP. As salas avaliadas são localizadas na extremidade do edifício e com paredes orientadas no sentido Norte/Oeste,



definida como zona térmica 1 e Sul/Oeste, zona térmica 2. Considerando-se as características climáticas da cidade, cargas internas de uso e ocupação dos locais de trabalho, uso de ventilação natural do edifício com temperatura *setpoint* de 25°C, foram realizadas simulações computacionais de balanço térmico com o software *EnergyPlus Energyplus v. 8.9.0*, comparando-se os resultados das temperaturas operativas provenientes dos cálculos do programa com a zona de conforto definidas pelo modelo de conforto adaptativo da norma americana ASHRAE 55 (2013).

A análise dos resultados permitiu a comparação do grau de conforto e desempenho térmico do edifício com e sem a utilização da estratégia de sombreamento passivo na fachada oeste com uso da espécie de trepadeira *Wisteria Floribunda (Glicínia)*.

Para o edifício sem proteção vegetal observou-se a proximidade no grau de conforto térmico dos ambientes com orientações semelhantes, com diferença global de 3%, justificada pelo aquecimento homogêneo dos espaços, cuja maior pano de vedação está orientado para a mesma direção, Oeste. Neste cenário a taxa de conforto geral nas horas de uso das salas avaliadas é de 53% para a zona térmica 1 e 56% para a 2.

A introdução da estratégia passiva de sombreamento na fachada oeste proporcionou aumento do conforto em até 9% durante período de uso da edificação. Nesta configuração a taxa de conforto geral nas horas de uso das salas avaliadas é de 62% para a zona térmica 1 e 64% para a 2.

Na comparação do grau hora de desconforto para frio e calor permite constatar melhoria de até 39% no desempenho térmico das salas analisadas, sendo necessário menos energia para aquecimento/refrigeração dos ambientes, além do desconforto ser menos intenso.

Para a característica climática da cidade de Ourinhos-SP, integrante da Zona Bioclimática 3, onde o aquecimento passivo da edificação é necessário no inverno, e o sombreamento no verão, o uso da espécie vegetal *Wisteria Floribunda (Glicínia)* mostrou-se adequada, uma vez que a planta tem características decíduas, permitindo grande fechamento da folhagem entre os meses de outubro a maio e maior taxa de transmissão solar entre junho e agosto, quando perde suas folhas.

O uso dos indicadores de conforto pelo cálculo de graus-hora de desconforto apresentou-se como uma ferramenta adequada para a identificação do comportamento térmico das salas de aula analisadas. Além disso, o indicador da distribuição da sensação de conforto durante os horários e meses do ano, a partir dos índices definidos pelo modelo adaptativo da ASHRAE 55 (2013), foi adequado para a análise da intensidade e duração do desconforto de maneira objetiva, e contribui para subsidiar futuras iniciativas de melhorias técnicas ao projeto padrão.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220** - Desempenho Térmico de Edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2003.
- ALEXANDRI, E.; JONES, P. Temperature Decreases in an Urban Canyon Due to Green Walls and Green Roofs in Diverse Climates. **Building and Environment**, v. 43, n. 4, p. 480–493, abr. Athenas, 2008.
- ANSI/ASHRAE AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE/AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2013.
- BARBOSA, M. C.; FONTES, M. S. G. de C. Jardins verticais: modelos e técnicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 7, n. 2, p. 114, 30 jun. Campinas, 2016.
- 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, out. Inglaterra, 2015.
- DAMAS, D.; MORELLI, O.; LABAKI, L. C. **Paredes verdes: vegetação como qualidade ambiental no espaço construído**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. p. 6, Campinas, 2009.
- FLORES LARSEN, S.; FILIPPÍN, C.; LESINO, G. Modeling Double Skin Green Façades with Traditional Thermal Simulation Software. **Solar Energy**, v. 121, p. 56–67, Argentina, 2015.
- HOELSCHER, M.-T.; NEHLS, T.; JÄNICKE, B.; WESSOLEK, G. Quantifying Cooling Effects of Facade Greening: Shading, Transpiration and Insulation. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 283–290, Berlim, fev., 2016.
- IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Validação de softwares aplicativos para simulação do comportamento térmico das edificações**. 73p. v.1 (Relatório Técnico 72 919-205). São Paulo: IPT, 2004.
- ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996** Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate. Geneve, 2004.
- JAAFAR, B.; SAID, I.; REBA, M. N. M.; 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, Londres, 2013.
- JOHANN SCHERER, M.; FEDRIZZI, B. Estudo experimental sobre a capacidade de sombreamento de espécies trepadeiras para aplicação em cortinas verdes. **ENTAC – XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído** p. 173–182, Maceió, 2014.
- KOYAMA, T.; YOSHINAGA, M.; MAEDA, K.; YAMAUCHI, A. Transpiration Cooling Effect of Climber Greenwall with an Air Gap on Indoor Thermal Environment. **Ecological Engineering**, v. 83, p. 343–353, Nagoia, 2015.
- LARSEN, S. F.; FILIPPÍN, C.; LESINO, G. Thermal Simulation of a Double Skin Façade with Plants. **Energy Procedia**, v. 57, p. 1763–1772, Salta, 2014.
- MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green Wall Systems: A Review of Their Characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 863–871, jan. Caviha, 2015.
- MUÑOZ, L. S. et al. Desempenho térmico de jardins verticais de tipologia fachada verde. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019013, 27 mar. 2019.



PEGLOW, J.; RITTER, V.; RONCA, A.; PEREIRA, R.; CUNHA, E.; RHEINGANTZ, P. Avaliação do conforto térmico de escola municipal de educação infantil em Pelotas/RS – ZB2. In: **XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2016, São Paulo-SP. Anais... São Paulo-SP: USP, 2016.

PÉREZ, G.; COMA, J.; SOL, S.; CABEZA, L. F. Green Facade for Energy Savings in Buildings: The Influence of Leaf Area Index and Facade Orientation on the Shadow Effect. **Applied Energy**, v. 187, p. 424–437, Lleida, fev. 2017.

PÉREZ, G.; RINCÓN, L.; VILA, A.; GONZÁLEZ, J. M.; CABEZA, L. F. Green Vertical Systems for Buildings as Passive Systems for Energy Savings. **Applied Energy**, v. 88, n. 12, p. 4854–4859, Barcelona, dez. 2011.

PERINI, K.; BAZZOCCHI, F.; CROCI, L.; MAGLIOCCO, A.; CATTANEO, E. The Use of Vertical Greening Systems to Reduce the Energy Demand for Air Conditioning. Field Monitoring in Mediterranean Climate. **Energy and Buildings**, v. 143, p. 35–42, Genoa, maio 2017.

PERINI, K.; ROSASCO, P. Cost–Benefit Analysis for Green Façades and Living Wall Systems. **Building and Environment**, v. 70, p. 110–121, Genoa, dez. 2013.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros. São Carlos-SP**, 2012. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos\\_climaticos/sobre\\_epw.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/sobre_epw.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2017.

SAFIKHANI, T.; ABDULLAH, A. M.; OSSEN, D. R.; BAHARVAND, M. Thermal Impacts of Vertical Greenery Systems. **Environmental and Climate Technologies**, v. 14, n. 1, Malásia, 2014.

SCHERER, M. J.; FEDRIZZI, B. **Determinação do percentual de área de abertura na fachada (PAF) em proteções solares com vegetação – p. 10, XII Encontro Nacional e IIX Encontro Latino-Americano de Conforto do Ambiente Construído**. Porto Alegre 2013.

SCHERER, M. J.; FEDRIZZI, B. M. Cortinas verdes: método experimental para quantificar a variação anual de sombreamento proporcionada pela vegetação. p. 10, **XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-Americano de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre 2015.

SHERER, M. J. **Cortinas Verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações**. Qualidade de vida no trabalho. 2014. 187 f.. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVEIRA, F. M. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente: NBR 15575 E ASHRAE 55**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas – Campinas/SP, 2014.

SORTE, P. D. B. **Simulação térmica de paredes verdes compostas de vegetação nativa do cerrado**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2016.

SUNAKORN, P.; YIMPRAYOON, C. Thermal Performance of Biofacade with Natural Ventilation in the Tropical Climate. **Procedia Engineering**, v. 21, p. 34–41, Bangkok, 2011.

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, Chicago, jun. 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos INMET 2016**. Florianópolis-SC, 2016. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

VARGHESE, J. T.; GHOSH, S. Trace species and air pollutant transport in green facades: a vernonia elaeagnifolia case study for a built environment. **Frontiers in Heat and Mass Transfer**, v. 7, 29, Tamil Nadu, nov. 2016.



# XV Fórum Ambiental

Alta Paulista

26 a 28 de junho de 2019

Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo

---

VOX, G.; BLANCO, I.; SCHETTINI, E. Green Façades to Control Wall Surface Temperature in Buildings. **Building and Environment**, v. 129, p. 154–166, Bari, fev. 2018.

WEBER, F. S.; MELO, A. P.; MORINOSKI, D.; LAMBERTS, R. **Elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <[http://projeteee.mma.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Biblioteca\\_ComponentesConstrutivos-1.pdf](http://projeteee.mma.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Biblioteca_ComponentesConstrutivos-1.pdf)>. Acesso em 03 abr.2018>.

WONG, N. H.; KWANG TAN, A. Y.; 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, Singapura, mar. 2010.

YANG, F.; YUAN, F.; QIAN, F.; ZHUANG, Z.; YAO, J. Summertime Thermal and Energy Performance of a Double-Skin Green Facade: A Case Study in Shanghai. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, p. 43–51, Shangai, maio 2018.