

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESEMPENHO TÉRMICO DE FACHADAS VENTILADAS COMO PROPOSTA DE RETROFIT EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS NA CIDADE DE SÃO PAULO¹

MIZGIER, Martin Ordenes (1); PENSO, Emerson Antônio (2)

(1) UFSC, e-mail: martin@arq.ufsc.br; (2) UFSC, e-mail: emerson@labcon.ufsc.br

RESUMO

A renovação de edifícios em regiões urbanas centrais surge como uma alternativa para empresas e investidores, que necessitam alugar e operacionalizar espaços com reduzido tempo de obras. Para isso, o retrofit de fachadas, que não tem somente objetivo estético, pode contribuir com a eficiência térmica, energética, acústica e conforto ambiental. Este trabalho é parte integrante de uma pesquisa de mestrado e possui o objetivo de avaliar o uso do sistema de fachadas ventiladas para o retrofit das envoltórias de edifícios comerciais, na região central da cidade de São Paulo, e seu desempenho térmico por simulação computacional, com o software Energy Plus. O estudo comparou o sistema de fachada ventilada (revestimento cerâmico externo, cavidade de ar e alvenaria convencional), com os obtidos das simulações do sistema comum (revestimento cerâmico, argamassa e alvenaria), relacionando cores distintas com o desempenho térmico. Resultados analisados para a fachada oeste indicam maior eficiência da fachada ventilada para dias quentes quando do uso de revestimentos com maior absorção solar, ocasionando reduções acima de 20% na carga térmica frente aos resultados das simulações do sistema comum. Isso oferece maior liberdade para projetistas escolherem cores para envoltórias, reduzirem carga térmica e consumo de energia para sistemas de ar-condicionado.

Palavras-chave: Simulação Energy Plus. Fachada Ventilada. Desempenho Térmico. Retrofit.

ABSTRACT

Buildings renovation in central urban areas is an alternative for businesses and investors who need rent and operational spaces with reduced time work. For this, the retrofit of facades, not only as an aesthetic purpose, can be a contribution for thermal efficiency, energy, acoustic and environmental comfort. This work is part of a master's research and has the objective to evaluate the use of ventilated façades system for the retrofit of commercial buildings envelopes in the central region of São Paulo (Brazil), using computer simulation with Energy Plus software (module External Natural Vented Cavity). The study compared the ventilated façade system (external ceramic coating, air cavity and conventional masonry), with a traditional wall system (ceramic tile, mortar and masonry), relating different colors with the thermal performance. Results for west façade indicate greater efficiency of the ventilated façade to hot days due to use of higher solar absorptance coatings, reducing the thermal load in over 20% when compared to the results for simulations using a traditional system. This indicates greater freedom for designers choosing colors for envelopes, reducing heat load and power consumption for air-conditioning systems.

¹ MIZGIER, Martin; PENSO, Emerson. Desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de retrofit em edifícios comerciais na cidade de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: Building simulation with Energy Plus. Ventilated Façade. Energy Efficiency. Retrofit.

1 INTRODUÇÃO

A renovação e requalificação de edifícios em regiões centrais tem se mostrado um nicho de mercado importante para empresas, construtoras e agentes imobiliários. De acordo com Moura (2008), o crescimento do mercado do retrofit se deve à necessidade de empresas e investidores do setor imobiliário que encontraram nesse processo a possibilidade de alugar e operacionalizar empresas em áreas consolidadas com retorno do investimento após um curto período de obra.

Durante a última década, governos e agências internacionais tem dedicado significativo esforço para aumentar o desempenho energético de edificações existentes. Os governos dos Estados Unidos, Austrália e Reino Unido, por exemplo, criaram programas que incentivam ações de renovação e retrofit de edificações, além de orientações para soluções pré-fabricadas que sejam consoantes com a eficiência energética (MA et all, 2012).

As edificações brasileiras, segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2014), são responsáveis por 48,53% do consumo de energia elétrica no país; percentual semelhante ao observado no consumo das edificações nos Estados Unidos e na Europa (BPIE, 2011).

A falta de chuvas e baixa o nível dos reservatórios das hidroelétricas, principal matriz energética do país, levaram à crise energética e ao risco de racionamento ocorridos nos anos de 2014 e 2015. Estes resultaram, inclusive, no acionamento de termoelétricas, energia com alto custo financeiro e ambiental.

Entre as maneiras de se reduzir o consumo de energia proveniente da necessidade de climatização, busca-se estudar e propor tecnologias para o melhor desempenho térmico das edificações. Neste contexto, as envoltórias possuem papel fundamental, atuando como reguladora das condições internas e externas ao controlar a admissão de calor, trocas de ar, luz, ruídos, ventos e intempéries.

Campos (2011) comenta que as fachadas ventiladas são amplamente utilizadas nos países europeus. Esses sistemas destacam-se pelas qualidades de eficiência energética, beleza, resistência, potencial criativo e conforto, os quais são argumentos que promovem as especificações entre os profissionais da indústria da construção civil.

A figura 1 apresenta o edifício sede da Telefônica, na cidade de São Paulo, primeira grande obra no Brasil a adotar, em 2001, o sistema de fachada ventilada para retrofit, sendo que o sistema foi escolhido dada a rapidez da obra e os benefícios térmicos do uso do sistema.

Figura 1 – Edifício da Telefônica em São Paulo



Fonte: Repositório digital do portal Metálica

Permitindo o fluxo de ar por meio da cavidade entre a alvenaria e o revestimento, este sistema deve ser avaliado conforme o clima onde será aplicado, uma vez que seu desempenho energético envolve trocas térmicas complexas, além da influencia da cor, absorção solar das superfícies e dos aspectos referentes à geometria da edificação.

Existem sistemas de fachada ventilada com o revestimento externo selado (e com afluxo de ar na câmara interna somente pela parte inferior), e outro com juntas abertas, o que aumenta o fluxo de ventilação na cavidade. No estudo do SANJUAN et al. (2011) o sistema com juntas abertas é considerado como a solução mais usada em edifícios que estão em processo de retrofit e novas edificações, por diminuírem questões relacionadas com umidade da cavidade e relação com o ambiente externo.

Os sistemas de fachada ventilada podem ser encontrados no mercado com várias configurações distintas, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Característica dos sistemas de fachada ventilada.

Elementos	Opções
Revestimento Externo	Placas de pedra natural; Placas cerâmicas; Placas de grés porcelánico; Placas de alumínio composto; Placas de compostos fenólicos; Cortina de Vidro
Sistema de Fixação	Sistema Visível; Sistema Oculto;
Tipos de Juntas	Juntas Abertas; Juntas Fechadas (Seladas ou Sobrepostas)
Operabilidade da Câmara de Ar	Ventilação Constante; Ventilação Entre Pavimentos; Aberturas Operacionalizáveis

Fonte: Os Autores

O espaço da câmara de ar, entre a base e o revestimento externo, pode variar entre 5 cm e 15 cm, com grades inferiores para impedir a entrada de ursos e saídas de ar superiores. O sistema de drenagem é recomendado, uma vez que pode ocorrer a entrada de água das chuvas, pelas juntas abertas, ou pela condensação da humidade do ar.

Este estudo é parte de uma pesquisa de mestrado que busca avaliar o comportamento das envoltórias com sistema de fachada ventilada e sua contribuição para o retrofit de edificações comerciais em centros urbanos.

2 OBJETIVO

Avaliar os benefícios e potenciais do uso da fachada ventilada, para retrofit de edifícios comerciais, em comparação ao desempenho alcançado com técnicas convencionais de revestimento das vedações externas para o clima da cidade de São Paulo.

3 METODOLOGIA

São Paulo, de acordo com a NBR 15220 (ABNT 2005), está localizada na zona bioclimática ZB3, encontra-se em uma altitude de 802 m, latitude 23,62°S, longitude 46,65°O, com temperaturas amenas que variam entre 18°C e 26°C e amplitude térmica anual entre 7°C e 9°C.

Para a comparação e avaliação do desempenho energético do uso do sistema de fachada ventilada para este clima, foi adotado um método que compara a carga térmica de dois modelos de mesmas dimensões e localização, porém modificando a configuração do revestimento das envoltórias.

Segundo Westphal (2007), a determinação do desempenho termo energético de um modelo deve partir da identificação das trocas de calor da edificação. Estas trocas de calor são oito: trocas de calor pelas paredes, cobertura, piso, trocas e ganho de calor por radiação solar nas janelas, infiltração de ar externo ou perda de ar interno, geração de calor pelo sistema de iluminação artificial, geração de calor pelos demais equipamentos elétricos e geração de calor sensível e calor latente das pessoas.

3.1 Definição do modelo-base e dados de entrada

O modelo base foi desenvolvido a partir do estudo de Santana (2006) que apresenta um levantamento de campo com os parâmetros construtivos que influenciam no consumo de energia em edifícios de escritórios em Florianópolis, SC. Neste estudo, a autora identificou a tipologia predominante definida por um modelo com 8m de largura por 25m de comprimento.

Além dessas características o modelo se configura com 10 pavimentos tipo, uma zona térmica por pavimento, e cargas internas e padrões de ocupação, iluminação e ar condicionado conforme o Quadro1.

Por este artigo ser parte de uma pesquisa que iniciou com os estudos do sistema para a cidade de Florianópolis, o mesmo modelo base foi utilizado para estudar o comportamento do edifício para as condições climáticas de São Paulo.

Na figura 2, são apresentados o sistema de fachada comum e o sistema ventilado com juntas abertas. Com o objetivo de analisar a diferença de desempenho termo energético da edificação ao adotar a solução ventilada de revestimento, considerou-se no modelo ventilado a alvenaria revestida por cerâmica, uma vez que o modelo base é revestido.

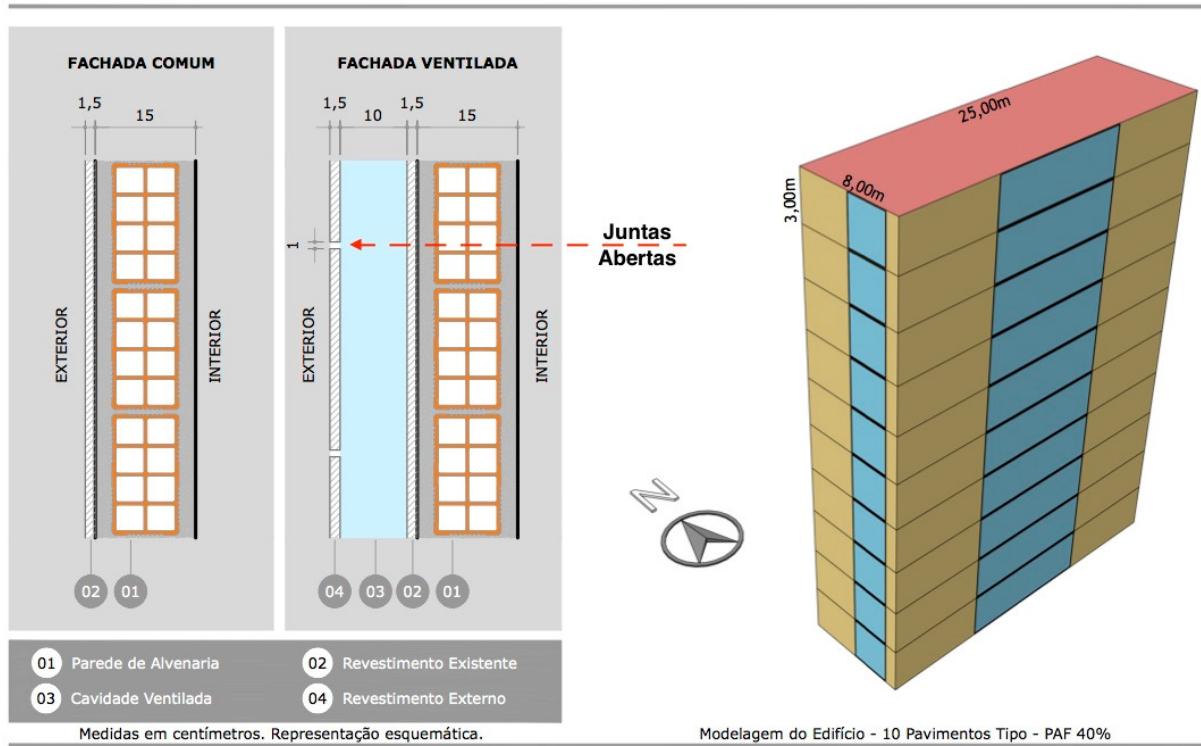
Quadro 2 - Parâmetros para a simulação

Parâmetro	Valor		
Localização	São Paulo –SP Brasil, Centro Urbano		
Arquivo Climático	SaoPauloTRY1954_05CSV.epw		
Parede de Alvenaria	$e=15\text{cm}$; $\lambda=0.89$; $C= 1920\text{kg/m}^3$; $\rho = 50\%$		
Aberturas	$FS = 0,42$; PAF 40%		
Revestimentos	Cerâmica Branca: $\alpha_{0,20}$	Cerâmica Marrom: $\alpha_{0,55}$	Cerâmica Preta: $\alpha_{0,90}$
Cargas Internas	Iluminação	Pessoas	Equipamentos
	12 W/m ²	18 W/m ²	27 W/m ²
Geometria	Altura: 3m	Largura: 8m	Profundidade: 25m
Orientações	Leste, Oeste, Norte e Sul		
Cobertura	Superfície Adiabática		
Funcionamento	Anual, Dias da Semana, 8:00 – 12:00 e 14:00 – 18:00		
Ar Condicionado	Ideal Loads; Setpoint: 24°C refrigeração e 20°C aquecimento; Renovação de ar: 0,3 trocas/hora		

Fonte: Os Autores

Segundo SANJUAN et al (2011) o sistema de fachada ventilada com juntas abertas tem sido apontado como sistema construtivo que pode ajudar no alcance dos objetivos dos padrões de eficiência energética, especialmente em países que o pico de demanda de energia ocorre durante o verão.

Figura 2 - Detalhe dos sistemas de fachada e modelo de simulação.



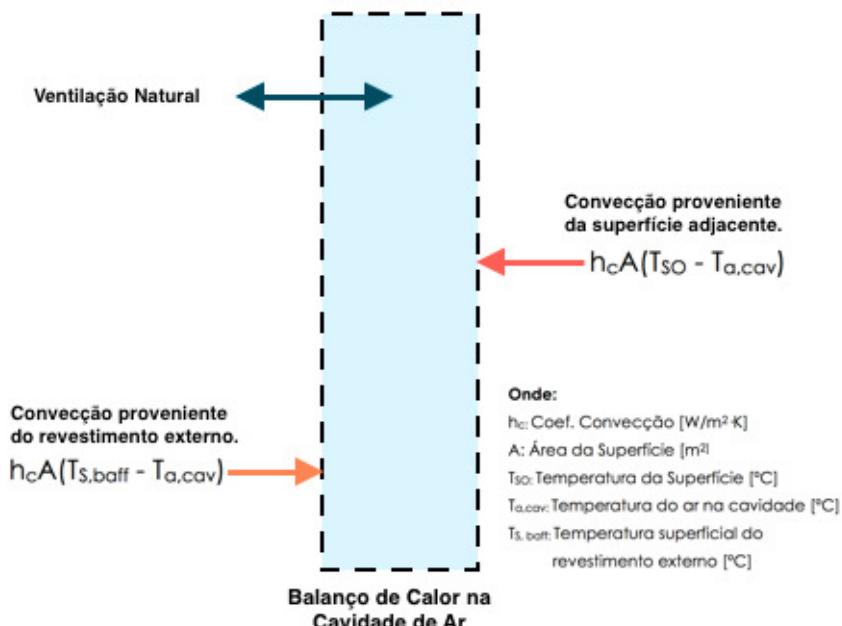
Fonte: Os Autores

As simulações foram desenvolvidas com o software EnergyPlus, que permitiu, com o uso do mesmo modelo base, configurar a exposição das envoltórias ao meio externo tanto no sistema comum quanto no sistema ventilado. Desta forma, as envoltórias foram consideradas para todas as orientações com um único sistema: ou comum ou ventilado. Na figura 3, segue a forma como o programa entende as trocas térmicas e a ventilação na cavidade de ar do sistema ventilado.

Para o caso da fachada comum, foi utilizado o componente “Constructions” que define como serão as camadas que compõe as superfícies e, em conjunto com o “Building Surface: Detailed”, permite configurar qual tipo de construção dessas superfícies e como elas estão expostas ao meio externo (nesse caso expostas ao sol e vento).

Já o sistema ventilado utilizou o componente “Surface Property: Exterior Natural Vented Cavity” em conjunto com “Surface Property: Other Side Conditions Model”, que juntos permitem calcular as trocas de calor que ocorrem na cavidade ventilada, admissão de ventilação natural e por efeito chaminé entre o revestimento externo, chamado de “baffle”, e a parede de alvenaria revestida. Esse parâmetro é configurado no “Building Surface: Detailed” e, ao invés das superfícies das paredes externas estarem configuradas para “Outdoors”, elas são configuradas como “Other Side Conditions Model”.

Figura 3 – Esquema do balanço térmico e ventilação na cavidade de ar.



$$\dot{Q}_{vent} + \dot{Q}_{co} + \dot{Q}_{c,baff} = 0$$

\dot{Q}_{vent} : taxa de energia adicionada pela ventilação natural.

\dot{Q}_{co} : taxa de energia adicionada pela ventilação por convecção.

$\dot{Q}_{c,baff}$: taxa de energia adicionada pela convecção de calor do revestimento externo.

$$T_{a,cav} = \frac{(h_{c,cav}A T_{so} + \dot{m}_{vent}c_p T_{amb} + h_{c,cav}A T_{s,baff})}{(h_{c,cav}A + \dot{m}_{vent}c_p + h_{c,cav}A)}$$

\dot{m}_{vent} : volume de ventilação por forçar naturais [kg/s]

$$\dot{m}_{vent} = \rho \dot{V}_{tot}$$

ρ é a densidade do ar [kg/m³], e:

$\dot{V}_{tot} = \dot{V}_{wind} + \dot{V}_{thermal}$ é a taxa do volume de ventilação total do ar que ventila para dentro e para fora da cavidade.

$$\dot{V}_{wind} = C_v A_{in} U_\infty$$

$$\dot{V}_{thermal} = \begin{cases} C_D A_{in} \sqrt{2g\Delta H_{NPL} (T_{a,cav} - T_{amb}) / T_{a,cav}} & (T_{a,cav} > T_{amb}) \\ C_D A_{in} \sqrt{2g\Delta H_{NPL} (T_{amb} - T_{a,cav}) / T_{amb}} & (T_{a,cav} < T_{amb} \text{ revestimento na vertical}) \end{cases}$$

Fonte: Adaptado do manual EnergyPlus Engineering Reference

Considerando a equação de ventilação na figura 3, o componente "Surface Property: Exterior Natural Vented Cavity" permite algumas configurações que necessitam de atenção, como: C_v que se refere ao parâmetro da eficiência das aberturas (*Efectiveness of the Openings*), C_D ao coeficiente de vazão (*Discharge Coefficient*) e ΔH_{NPL} ao ponto neutro de pressão (*Height for Buoancy Driven Ventilation*). Este parâmetro é configurado em metros e define a altura do ponto neutro de pressão na envoltória. Uma vez que o

revestimento externo tem aberturas ao logo de toda a superfície (por se tratar de uma fachada ventilada com juntas abertas), a relação de diferença do ponto de pressão neutro entre o interior da cavidade e o ambiente externo é praticamente nula. Por isso foi definido esse parâmetro como 0,01m, valor este que se refere ao ΔH_{NPL} na equação de ventilação da figura 3.

3.2 Parâmetros de saída

Para a avaliação do comportamento dos sistemas de envoltórias em estudo, foram configurados os seguintes parâmetros de saída para cada sistema, conforme o quadro que segue.

Quadro 3 – Parâmetros de saída de dados da simulação

Sistema de Fachada	Dados
Comum	Temperatura Externa de Bulbo Seco °C (hora) Temperatura da Superfície do Revestimento °C (hora) Taxa Média de Condução de Calor em W (hora) Carga Térmica Anual de Resfriamento kWh (ano)
Ventilada	Temperatura Externa de Bulbo Seco °C (hora) Temperatura da Superfície do Revestimento °C (hora) Volume de Ventilação Total na Cavidade em kg/s (hora) Volume de Ventilação pela Ação dos Ventos em kg/s (hora) Volume de Ventilação pela Ação do Efeito Chaminé em kg/s (hora) Temperatura da Superfície do Revestimento °C (hora) Carga Térmica Anual de Resfriamento kWh (ano)

Fonte: Os Autores

Desses dados, para a elaboração de gráficos comparativos entre os dois sistemas de fachada, foram selecionados os referentes ao dia 27 de janeiro. Esta data encontra-se na semana de dias mais quente do ano. A fachada oeste foi utilizada para a comparação das informações, por ser a orientação mais crítica no ganho de carga térmica durante o verão.

Para a fachada comum, a avaliação do comportamento das envoltórias foi analisada com a comparação das temperaturas (superficiais do revestimento e ambiente) com o comportamento de ganhos e perdas de calor. Com essas comparações é possível observar quais os períodos de ganho e perda de calor na edificação e o comportamento das temperaturas externa e superficial da fachada.

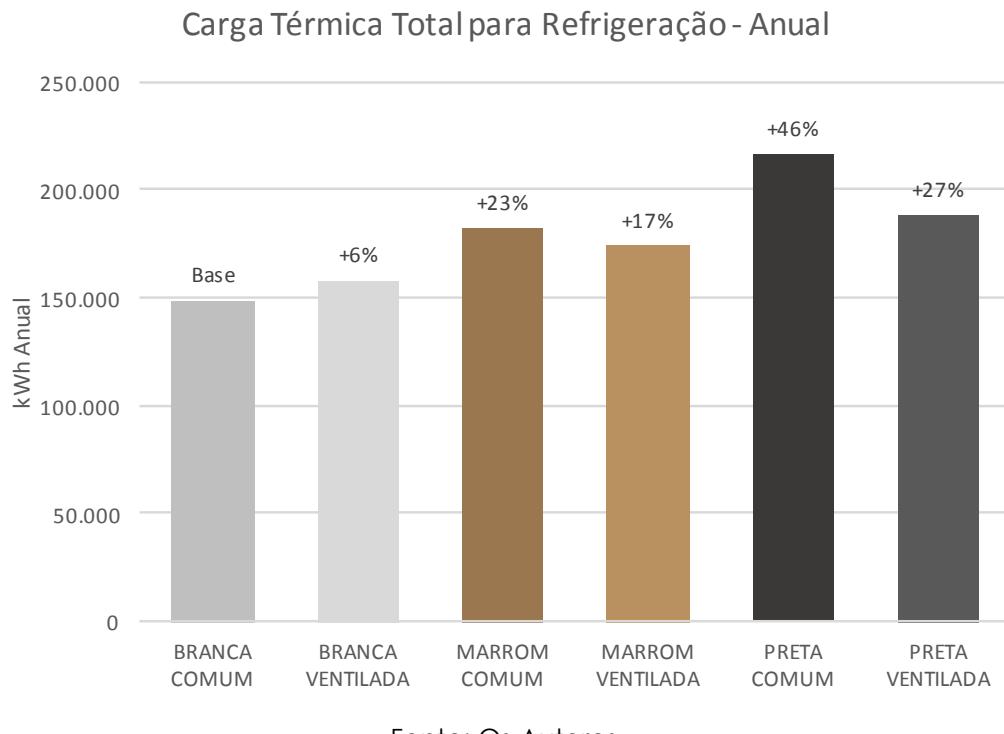
Para o sistema ventilado, foi avaliada a forma que ocorre a ventilação na cavidade e qual a participação da ação dos ventos locais e do efeito chaminé (dado pelo fenômeno da convecção térmica) na renovação do ar dentro da mesma, uma vez que uma maior compreensão do fenômeno de ventilação na cavidade de ar sugere conclusões mais amplas.

4 RESULTADOS

O estudo desenvolvido através de simulações computacionais oferece, além de parâmetros quantitativos, a possibilidade de observar o comportamento do sistema de fachada ventilada em comparação à solução convencional de fachadas. Nessas avaliações, pode-se observar que o desempenho dos sistemas de vedação de envoltórias é suscetível aos fenômenos climáticos e físicos, levando os resultados à serem considerados como um apoio para a decisão sobre qual sistema usar, ou quais estudos mais aprofundados devem ser conduzidos em um caso específico.

Analizando a carga térmica anual (Gráfico 1), valor numérico que se pode comparar com grande acuracidade entre os sistemas, o revestimento comum de baixa absorção solar (α) (cor branca), é a solução que resulta em uma demanda menor de carga térmica para o sistema de ar condicionado durante o verão. Esse resultado segue como base comparativa face às outras soluções de fachada estudadas nos sistemas convencional e ventilada. Estes diferem no valor da absorção térmica com: α baixa: 0,20, média: 0,55 e alta: 0,90, e as cores utilizadas para caracterizar os títulos dos gráficos sendo branca, marrom e preta consecutivamente.

Gráfico 1- Carga Térmica Total para Refrigeração Anual



Fonte: Os Autores

O aumento da carga térmica foi proporcional ao aumento da absorção térmica em ambos sistemas de fachada. Porém, comparando o sistema convencional com o ventilado, para a mesma absorção térmica, observa-

se que a carga térmica é menor com o uso do sistema ventilado, na ordem de 6% para o sistema com α média e 19% para o sistema com α alta. Isso não ocorre no sistema com α baixa, sendo que o sistema ventilado apresenta um aumento de 6% na carga quando comparado com o sistema convencional. Este resultado tem influência dos fenômenos físicos da ventilação natural na superfície externa da fachada branca convencional. O uso do sistema ventilado com α baixa cria uma condição que diminui a perda de calor, mesmo tendo um ganho menor.

Adotou-se a terminologia fachada comum branca (FCB), fachada ventilada branca (FVB), fachada comum marrom (FCM), fachada ventilada marrom (FVM), fachada comum preta (FCP) e fachada ventilada preta (FVP) para os gráficos que seguem

Os gráficos da esquerda são referentes às fachadas comuns, demonstram os ganhos e perdas de calor médios por hora, as temperaturas ambiente e da superfície do revestimento. Na coluna direita apresentam-se os gráficos do sistema ventilado, com o gráfico de ganhos e perdas de calor e na sequência um gráfico híbrido que relaciona o volume de ventilação na cavidade de ar com as temperaturas ambiente e do revestimento externo. Esse gráfico apresenta de forma clara o comportamento da ventilação na cavidade, e o incremento da ventilação proveniente do efeito chaminé com o aumento da temperatura do revestimento externo.

Comparando os gráficos 2 e 3, podemos observar o comportamento dos sistemas com α baixa, que tem um melhor desempenho para o balanço térmico no sistema comum. Comportamento diferente das demais fachadas com média e alta absorção térmicas, que encontram no sistema ventilado uma diferença expressiva na admissão de carga térmica para a mesma cor.

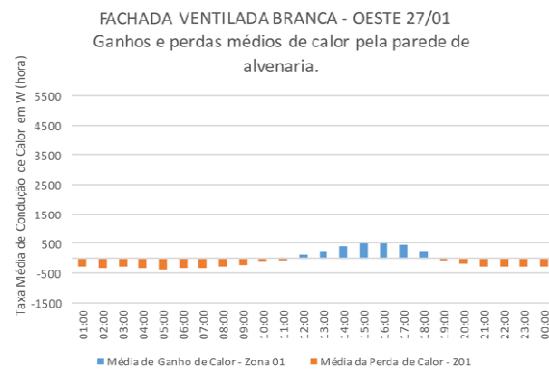
No período da tarde, o sistema comum admite mais carga térmica que o sistema ventilado. Porém, as perdas são maiores no primeiro sistema durante a noite. No balanço final, a diferença de 6% a mais de carga térmica para o sistema ventilado, conforme o gráfico 1, sugere que esse não se deve ao período mais quente, ou de maior exposição da superfície externa, mas às perdas noturnas.

Gráfico 2 – Condução de Calor – FCB



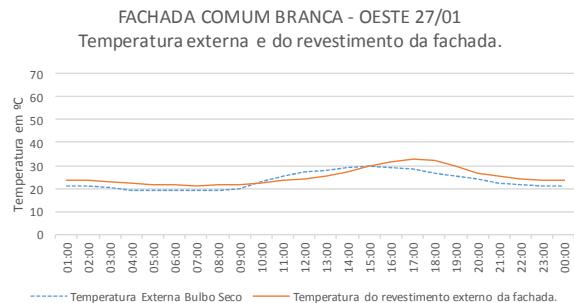
Fonte: Os Autores

Gráfico 3 – Condução de Calor - FVB



Fonte: Os Autores

Gráfico 4 – Temperatura do ar e superfície externa - FCB

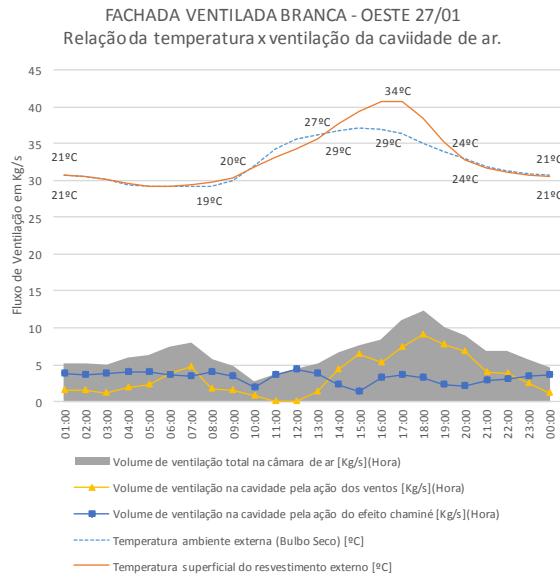


Fonte: Os Autores

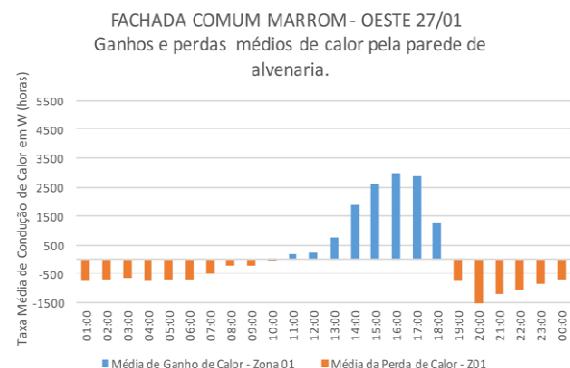
A diferença na temperatura superficial do revestimento externo no gráfico 5 corrobora com o comportamento da ventilação por efeito chaminé ser menor, com α baixo, que as presentes nos demais casos.

Nos gráficos 6 e 7, com os resultados dos sistemas com α média, torna-se mais evidente o comportamento da cavidade ventilada, tanto pelo isolamento que ela cria com o meio externo quanto pelo efeito da ventilação e perdas ou reduções nos ganhos de carga térmica.

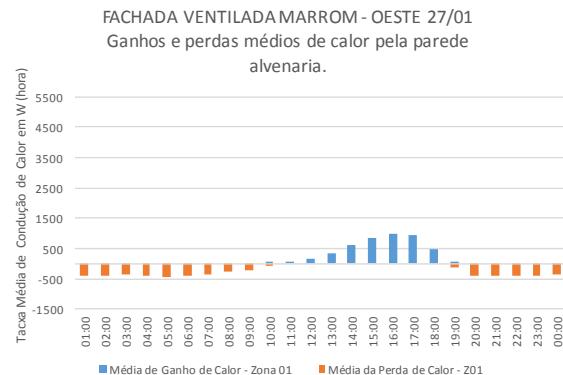
Gráfico 3 – Ventilação na cavidade e temperaturas - FVB



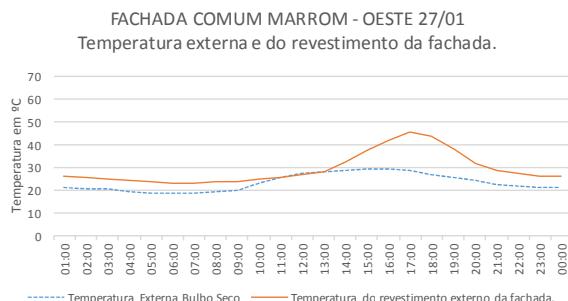
Fonte: Os Autores

Gráfico 4 - Condução de Calor – FCM


Fonte: Os Autores

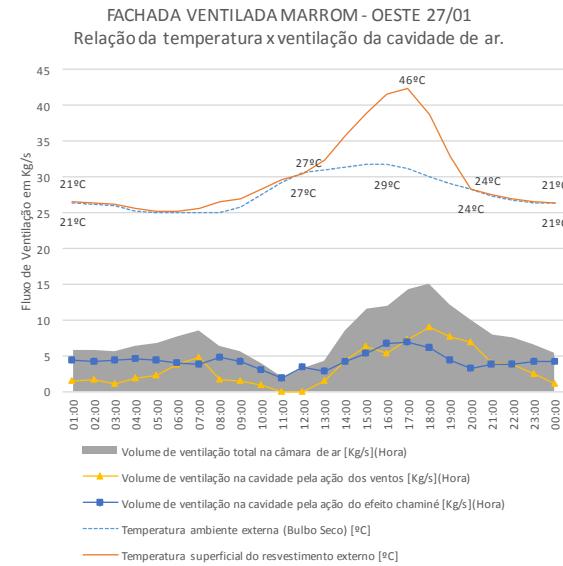
Gráfico 7 - Condução de Calor – FVM


Fonte: Os Autores

Gráfico 8 - Temperatura do ar e superfície externa - FCM


Fonte: Os Autores

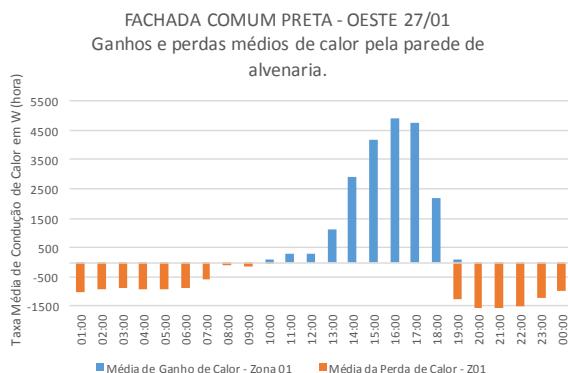
Comparando os gráficos 6 e 7, percebe-se que a perda de calor durante os períodos noturnos, no primeiro caso, é maior. Essa condição se deve ao fato do revestimento no sistema comum estar exposto às intempéries de forma extrema. Entretanto, ao comparar os gráficos 2 e 7, percebe-se que no período da tarde a FVM tem comportamento mais eficiente que a FCB.

Gráfico 5 - Ventilação na cavidade e temperaturas - FVM


Fonte: Os Autores

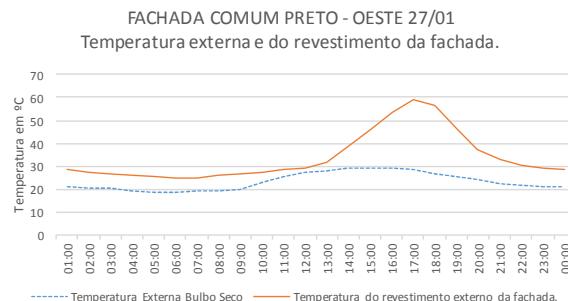
O revestimento externo com α alta tem os resultados mais extremos, no que se refere ao efeito-chaminé na cavidade (ver Gráfico 13).

Gráfico 6 - Condução de Calor – FCP



Fonte: Os Autores

Gráfico 12 - Temperatura do ar e superfície externa - FCP



Fonte: Os Autores

A ventilação por efeito chaminé tem seu ponto máximo de eficiência quando adotado o α de maior valor. Este comportamento respalda a relação entre a ventilação por convecção e uma maior perda de carga térmica.

Comparando os gráficos 3 e 11, o aumento no ganho de calor no período da tarde chega a ser na ordem de 400%. A diferença se torna menor no período noturno ou sem insolação incidente, porém tendo uma maior perda com o sistema com maior absorção, uma vez que a ventilação por convecção se dá por diferenças de temperatura e os revestimentos com maior absorção acabam por permitir uma retenção maior de calor nas envoltórias durante o final da tarde. Esse atraso térmico auxilia nas perdas noturnas de carga térmica relacionadas à ventilação por efeito chaminé.

Observa-se que a ventilação na câmara de ar, proveniente do regime de ventos locais, sempre tem a mesma participação, independente da

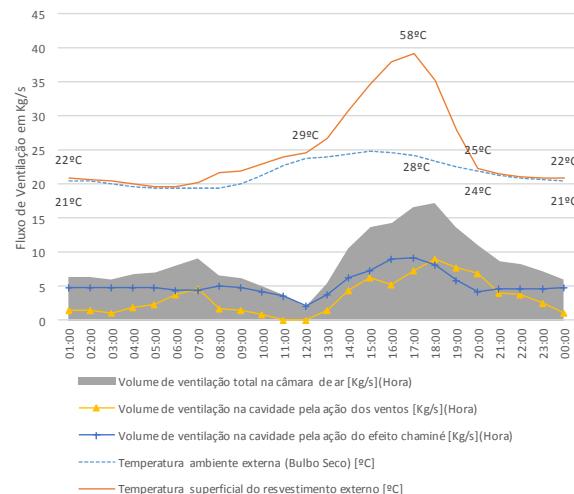
Gráfico 11 - Condução de Calor – FVP



Fonte: Os Autores

Gráfico 7 - Ventilação na cavidade e temperaturas - FVP

FACHADA VENTILADA PRETA - OESTE 27/01
Relação da temperatura x ventilação da cavidade de ar.



Fonte: Os Autores

absortância solar, uma vez que a diferença de temperatura superficial não promove mudanças para a dinâmica dos mesmos. Porém, a diferença na participação da ventilação por convecção interna é significativa com o aumento de absorção solar.

Os dados das outras orientações da fachada sugerem comportamentos similares, indicando um comportamento previsível do sistema de fachada ventilada para as demais partes da envoltória.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu uma visão objetiva sobre o comportamento de ganhos e perdas de calor para os sistemas de fachada comum e ventilado, considerando diferentes absorções solares dos materiais que revestem as superfícies das envoltórias.

A adoção de uma metodologia que compara sistemas observando a taxa média de condução de calor frente às temperaturas do ambiente externo e do revestimento, permite observações de como os sistemas se comportam termicamente quando observados os impactos com os ganhos de carga térmica anual.

A utilização do sistema ventilado demonstrou-se mais coerente quando do uso de revestimentos de maior absorção solar, observando o balanço térmico final de ganho e perda de calor, porém as perdas de calor no período noturno se baseiam mais pelo atraso térmico das vedações.

O estudo considerou que todas as orientações da envoltória adotaram o mesmo sistema de revestimento. A diferença de carga térmica nesse cenário é bem expressiva quando comparados os resultados obtidos para a fachada comum branca com os da fachada ventilada preta. Nesse contexto, teremos uma diferença de 27% na carga térmica final a mais no uso de um material com maior absorção solar. Porém, se comparado o uso do mesmo material com o sistema comum de fachada, esse incremento na carga térmica chega a 46%. Essa comparação sugere a reflexão que deve ser feita no momento de especificar materiais e tecnologias de revestimento. O sistema de fachada ventilada permite uma maior liberdade para a escolha de cores com maior valor de absorção solar. Como exemplo, o edifício da figura 1 poderia ter explorado a possibilidade da utilização de outras cores na fachada, uma vez que o uso de um revestimento claro acaba não destacando o potencial do sistema ventilado.

Sendo o revestimento da fachada ventilada com juntas abertas, observa-se que a participação da ventilação natural é facilitada com esse sistema para a ventilação da câmara de ar.

Como sugestão para futuros estudos, a utilização mista dos sistemas comum e ventilado pode oferecer melhor desempenho. Para isso, pesquisas mais orientadas para esse fim devem verificar os benefícios de ambos os sistemas quando da utilização conjunta.

AGRADECIMENTOS

Deixo expresso meus sinceros agradecimentos à CAPES pelo apoio financeiro e concessão de bolsa à Emerson Antônio Penso.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15220: **Desempenho térmico de edificações**, 2005.

BPIE. **Europe's buildings under the microscope**: A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe Brussels, p.131. 2011.

ENERGY PLUS ENGINEERING REFERENCE. Disponível em: << https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs_v8.3.0/EngineeringReference.pdf>>. Acesso em: 10/2/2016.

MA, Z. et al. **Existing building retrofits** : Methodology and state-of-the-art. Energy & Buildings, v. 55, p. 889–902, 2012.

MOURA, E. **Retrofit em alta**. Revista Construção Mercado. Editora PINI, edição 81, abril/2008.

PORTAL METÁLICA. Disponível em: <<< <http://www.metalica.com.br/edificio-sede-da-telefonica-em-sp-revitalizacao-da-fachada>>>>. Acesso em: 10/02/2016.

SANJUAN, C. et al. **Energy performance of an open-joint ventilated façade compared with a conventional sealed cavity façade**. Solar Energy, v. 85, n. 9, p. 1851–1863, set. 2011.

SANTANA, M. V. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis-SC**. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 181, 2006.

WESTPHAL, F. S. **Análise de incertezas e de sensibilidade aplicadas à simulação de desempenho energético de edificações comerciais**. 2007.