

XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
VIII ELACAC Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

ANÁLISE DE ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS: COBOGÓS E FACHADAS VENTILADAS

Viviane Gomes Marçal (1); Gustavo Brandão Nogueira Soares (2); Henor Artur de Souza (3)

(1) Designer de Ambientes, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Propec UFOP, gomesvivi@gmail.com

(2) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Propec UFOP, arquitetogustavobrandao@yahoo.com.br

(3) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Propec UFOP, henorster@gmail.com

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Conforto Ambiental, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto - MG, 35400-000, Tel.: (31) 3559-1482

RESUMO

As novas tecnologias e o uso de estratégias construtivas oferecem resposta significativa às necessidades de cada projeto arquitetônico. Nesse trabalho, apresenta-se uma análise de dois elementos desenvolvidos para atuar como estratégias e em diferentes condições bioclimáticas aplicadas nas fachadas, sendo um deles, os cobogós, elemento construtivo que amplia o sistema de aberturas da construção, aumentando o fluxo de ar e impedindo a entrada excessiva da radiação solar para o interior da edificação e também, as fachadas ventiladas, desenvolvidas e empregadas principalmente nos países do hemisfério norte que possuem a função de recobrir as alvenarias comuns impedindo a ação da umidade e da entrada de calor para o interior da construção. Faz-se uma pesquisa dos pontos comuns dos elementos arquitetônicos em obras análogas que utilizam a mistura dos sistemas de fechamento e proteção solar como envelope de fachada, e logo a análise térmica do sistema de fachadas ventiladas baseada nas instruções da norma NBR 15.220:2005, utilizando os cálculos de resistência térmica, capacidade térmica (CT) e transmitância térmica (U), acrescentando o atraso térmico (ϕ) e o fator de ganho solar (FS0), e compara-se com o sistema convencional utilizando tijolo de concreto celular autoclavado e o segundo, parede ventilada utilizando o porcelanato como revestimento mais externo do sistema. Os resultados obtidos mostram em relação à análise térmica que a introdução de novos materiais, tecnologias de elementos vazados (cobogós) e fachadas ventiladas podem trazer benefícios significativos no desempenho térmico da construção apresentando-se como soluções tecnológicas e de projeto eficiente em diferentes zonas climáticas do Brasil.

Palavras-chave: cobogós, fachadas ventiladas, análise térmica.

ABSTRACT

New technologies and use constructive strategies offer significant response to the needs of each architectural project. This paper presents an analysis of two elements to act as developed and in different strategies bioclimatic conditions applied in facades, one being the cobogós, constructive element which extends the openings of the construction system, increasing the air flow and impeding excessive entry of solar radiation into the building and also the ventilated façades, developed and employed mainly in the northern hemisphere countries that possess the function of common masonry coating preventing the action of moisture and heat input into the construction. It is a search for common points of architectural elements in works that mixing of closure systems and solar protection as envelope facade, and then thermal analysis system of ventilated façades based on the instructions of the NBR 15.220/2005, using the calculations of thermal resistance, thermal capacity (CT) and thermal transmittance (U), adding the thermal lag (ϕ) and the solar gain factor (FS0), and compares with the conventional system using brick and autoclaved aerated concrete second, the ventilated wall utilizing porcelain as the outermost coating system. The results show the thermal analysis in

relation to the introduction of new materials, technologies hollow elements (cobogós) and ventilated facades can bring significant benefits in thermal performance of the building posing as technological solutions and efficient design in different climatic zones of Brazil.

Keywords: cobogós, ventilated facades, thermal analysis.

1. INTRODUÇÃO

As fachadas de uma edificação possuem papel de destaque não apenas por seu valor estético de composição de um projeto arquitetônico, ou simplesmente da envoltória de uma construção, mas também, é um elemento de extrema importância para o conforto dos usuários que através dela protege da ação do intemperismo e das variáveis ambientais.

Busca-se nos campos da arquitetura e construção civil, materiais e estratégias que promovam maior resistência das edificações às ações do tempo, o conforto ambiental, e a diminuição do consumo de energia elétrica no condicionamento artificial dos ambientes. Portanto, aos poucos, no Brasil vem sendo agregado às tradições construtivas novas tecnologias, muitas delas releituras e adaptações de inventos nacionais e internacionais, e adequação dos mesmos ao clima brasileiro.

Neste trabalho, busca-se, portanto, mostrar uma análise de dois elementos que permitem diferentes estratégias bioclimáticas empregadas às fachadas: os cobogós e as fachadas ventiladas. Os cobogós, elemento construtivo muito utilizado no nordeste brasileiro amplia o sistema de aberturas da construção, aumentando o fluxo de ar e impedindo a entrada excessiva da radiação solar para o interior da edificação. As fachadas ventiladas, desenvolvidas e empregadas principalmente nos países do hemisfério norte, possuem a função de recobrir as alvenarias comuns impedindo a ação da umidade e a entrada de calor para o interior da construção.

Segundo Ribeiro (2010) as fachadas ventiladas representam um marco na evolução do processo de produção de fachadas em edifícios, quer no aspecto construtivo, pois se trata de um processo com um elevado nível de industrialização, quer no desempenho térmico proporcionado, permitindo a resolução de problemas termo-higroscópicos e de pontes térmicas inerentes às fachadas tradicionais, com uma consequente diminuição do número e da gravidade das patologias associadas.

Müller e Alarcon(2005) ressaltam que no Brasil, o sistema de revestimento de fachada ventilada ainda é pouco utilizado, masse pode explorar as vantagens do sistema, dentre as quais se destaca a melhoria do isolamento térmico da fachada de edificações para um país tropical. Além disso, o sistema possibilita a utilização de revestimento utilizando placas cerâmicas de grandes dimensões etambém a restauração das fachadas.

Em relação aos cobogós, elementos vazados utilizados no Brasil em fachadas, atuam como componentes arquitetônicos que proporcionam ventilação natural, proteção solar e iluminação natural, além de apresentarem facilidade de fabricação(ARAÚJO;BISATAFA, 2008).Bittencourt (1995) avaliou o desempenho, em relação à ventilação natural, de quatro elementos vazados, identificando que para construções localizadas em regiões quentes e úmidas, onde a ventilação natural constitui importante estratégia arquitetônica, os elementos vazados são componentes com potencial funcional e plástico. Entretanto, apesar do seu potencial de emprego como recurso bioclimático as pesquisas que tratam da temática ainda são escassas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise térmica das fachadas ventiladase ressaltar o uso dos elementos vazados (cobogós) como recursos bioclimáticos também empregados em fachadas, identificando assim, os pontos comuns e os benefícios que podem oferecer para o conforto ambiental nas edificações.

3. MÉTODO

Faz-se uma contextualização do cobogó e da fachada ventilada, como sistemas desenvolvidos que permitem diferentes estratégias bioclimáticas, contemplando a análise térmica e sugerindo alguns materiais empregados atualmente. Apresentam-se os cálculos conforme a norma NBR 15.220 (ABNT, 2005), de resistência térmica, transmitância térmica (U), capacidade térmica (CT), atraso térmico (ϕ), e o fator de ganho solar (FS0), com o primeiro cálculo realizado com alvenaria convencional utilizando tijolo de concreto celular autoclavado e o segundo, parede ventilada utilizando o porcelanato como revestimento mais externo que são comumente utilizados no Brasil.

3.1. Estratégias bioclimáticas empregadas em fachadas

3.1.1. Cobogós: recursos construtivos

Conforme Givoni (1991, 1992) em climas quentes e úmidos, a proteção solar e a ventilação são estratégias projetuais que conferem maior eficiência bioclimática, no entanto, a conjugação dessas duas estratégias pode apresentar conflitos importantes, pelo fato dos protetores solares interferirem no fluxo da ventilação.

Os cobogós são recursos construtivos (Figura 1), geralmente blocos vazados, utilizados para a implementação de soluções construtivas econômicas e racionais. Esses elementos permitem o controle de insolação e a ventilação dos ambientes, além de permitir também o controle da luz natural no interior da edificação. Eles proporcionam também soluções estéticas principalmente em fachadas, além de gerar maior privacidade aos ambientes (GOMES; HARRIS, 2008; SAKARAGUI; HARRIS, 2010; PAULERT, 2012; FREIRE; BAUER, 2011). O emprego de paredes e elementos de fechamento vazados, tais como treliçados, muxarabis, rótulas, gelosias e cobogós podem funcionar como filtro do excesso de luz natural sem barrar a ventilação e frequentemente utilizados em construções de climas quentes (BITTENCOURT, 1995; PAULERT, 2012).



Figura 1: Uso de cobogós em fachada de casa residencial – Ceará/Brasil.

Segundo Paulert (2012) na arquitetura tradicional árabe, paredes vazadas promoviam a filtragem da luz para os ambientes, permitindo a privacidade dos seus ocupantes com acesso natural à iluminação e à ventilação. Esta estratégia de áreas vazadas foi usada no Brasil pelos portugueses, que aplicaram em suas edificações devido à tradição herdada dos árabes que ocuparam a Península Ibérica durante a Idade Média, especialmente em sua região meridional. Cidades coloniais como, Olinda-PE, Salvador-BA, Ouro Preto-MG e Diamantina-MG, apresentam até hoje reminiscências do emprego desses recursos construtivos e permitem qualidade do ambiente construído em termos de economia energética e melhoria do conforto ambiental (FERREIRA, 2009; PAULERT, 2012).

Conforme Corona e Lemos (1989), cobogó ou combogó são termos comumente utilizados no nordeste do Brasil, ao tijolo cerâmico furado ou ao elemento vazado de concreto empregado na construção de paredes perfuradas, cuja função principal seria a de separar o interior do exterior, sem prejuízo da luz natural e da ventilação.

Bittencourt (1995, 2003) ressalta com destaque para a ventilação natural de edifícios, assim como de elementos vazados, no sentido de identificar a qualidade ambiental desses elementos e verificar o desempenho da geometria dos blocos com objetivo de favorecer a ventilação em edifícios. Paulert (2012) avaliou o desempenho de quatro tipologias de cobogós com relação à resistência à passagem da ventilação natural em função da velocidade e do ângulo de incidência, visando observar a utilização mais eficiente dos elementos vazados. Flores (2004) pesquisou sobre o conforto ambiental e a eficiência energética em edifícios residenciais do Plano Piloto de Brasília. O uso do cobogó é investigado verificando-se que 65% dos edifícios construídos durante os anos de 1960 a 1979 possuem cobogós como elemento de fechamento, enquanto apenas 2% dos edifícios após 1979.

Assim nota-se que o cobogó é uma alternativa passiva de ventilação, entretanto conforme Paulert (2012), hoje não se constitui em tecnologia amplamente aplicada como elemento construtivo, destacando ainda a necessidade de novas pesquisas sobre os elementos vazados. Ressalta-se que a entrada de insetos e pequenos animais rasteiros é um fator que conduz à redução do uso dos cobogós para e em alguns casos ocorre à substituição por janelas segundo Amorin e Flores (2005).

3.1.2. Fachadas ventiladas: recursos construtivos

O sistema de fachadas ventiladas está há várias décadas sendo aplicado nos países da Europa, Estados Unidos e Canadá. O sistema é utilizado para conferir isolamento térmico e acústico, entretanto segundo Sousa (2010), apesar de trazer grande facilidade e eficácia na execução, limita a liberdade de concepção ainda por parte do projetista. A fachada ventilada é um sistema de fechamento de edificações formado por uma camada de revestimento externo preso a perfis metálicos, normalmente de alumínio que são ancorados nas paredes ou estruturas externas da edificação (Figuras 2,3 e 4). Como estratégia para ampliar o isolamento térmico-acústico é eventualmente utilizada uma camada de isolante também fixada na face mais externa das alvenarias.

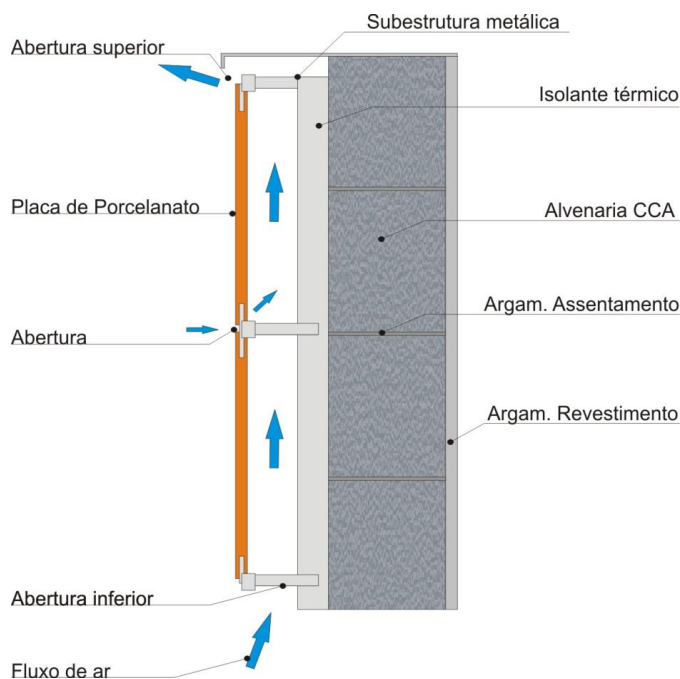


Figura 2: Imagem esquemática da fachada ventilada.
Fonte: Elaborado pelos autores.

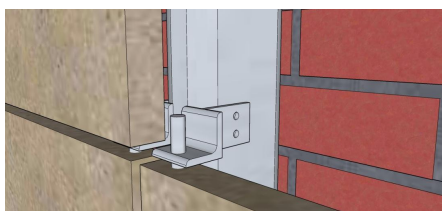


Figura 3: Subestrutura de apoio de placas - Ancoragem por grampos. Fachada ventilada.
Fonte: FACHADA...,2009

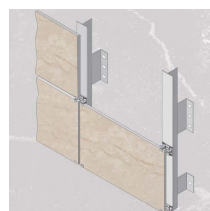


Figura 4: Subestrutura com montantes verticais.
Fonte: FAÇADES...,2013

O termo Fachada Ventilada foi aplicado a esse sistema pelo fato de haver uma camada de ar entre o revestimento exterior e as alvenarias ou isolantes térmicos interiores. Nesse caso ocorre o que é chamado de efeito chaminé onde o ar mais frio penetra pelas aberturas inferiores do sistema impulsionando o ar quente acumulado que será retirado por aberturas superiores. É simples perceber como esse sistema de fechamento pode dar uma resposta rápida a vários problemas identificados em um fechamento comum que ocorre pela combinação de agentes físicos, químicos e biológicos advindos do intemperismo, causando desgaste e fissuras nos fechamentos e consequentemente a entrada da umidade afetando todos os sistemas que compõem a edificação (SOUSA, 2010; DUTRA, 2010).

Segundo Moura (2009) há uma diferença importante entre fachadas cortina e fachadas ventiladas. As fachadas ventiladas possuem juntas abertas e não recebem fechamento completo entre as placas e as aberturas inferiores e superiores do sistema, distantes da *curtainwalle* são absolutamente fechadas. A grande diferença, porém é dada por essas aberturas que trabalham juntamente com a câmara de ar, onde o ar mais quente se eleva e pela diferença de pressão suga para dentro das cavidades o ar mais frio, assim, a ventilação constante impede o aquecimento entre as placas externas e as alvenarias evitando o fluxo térmico para dentro da edificação.

São enumeradas diversas vantagens desse sistema de fechamento, destacam-se principalmente os que impedem a degradação da edificação e o fluxo de calor para o interior da mesma, mas há também, a considerável diminuição da espessura das alvenarias externas, ampliando o espaço interno e diminuindo o peso próprio desses elementos sobre as lajes e vigas que pode indicar uma economia geral na estrutura da construção. A câmara de ar, segundo Moura (2009), pode ter espessura de 10cm e 15cm, ou até mesmo maior em alguns casos, e poderá além de melhorar o fluxo de ar e consequentemente o conforto ambiental da edificação, receber a passagem de instalações em geral.

Segundo Campos (2011) e Dutra (2010) seguem alguns benefícios importantes das fachadas ventiladas:

- redução considerável do fluxo térmico de calor para os ambientes internos da construção impedindo a radiação solar direta;
- barreira de agentes físicos, químicos e biológicos vindos do intemperismo, principalmente a ação da umidade sobre o fechamento;
- maior eficiência energética da edificação com redução da utilização de aparelhos elétricos de resfriamento e aquecimento internos;
- melhor isolamento acústico;
- agilidade na instalação e bons resultados na renovação de fachadas.

Atualmente vem sendo pesquisado e rapidamente desenvolvido novos materiais de camadas externas para esse sistema de fechamento bem como diversos tipos de subestruturas metálicas onde as placas são fixadas, lembrando que para cada tipo de revestimento é necessário uma subestrutura adequada às características do material. Segundo Campos (2011), antes da fase de execução, é necessário um estudo preliminar detalhado do projeto, análise de viabilidade de execução e orçamento onde são definidos os materiais (base suporte e revestimentos).

Sousa (2010) ressalta que no mercado encontram-se vários tipos de revestimentos para fachadas ventiladas e dividem-se em materiais pétreos (granitos, mármore, calcário, basalto e ardósia), placas cimentícias, naturocimento, metais (alumínio, cobre, titânio, aço inoxidável, zinco), cerâmicas ou porcelanatos, resinas fenólicas, vidro, plástico, painéis fotovoltaicos e madeira. No Brasil, as cerâmicas, porcelanatos, placas cimentícias, pedras e resinas fenólicas estão mais disponíveis no mercado, e, portanto, mais utilizados (MÜLLER; ALARCON, 2005).

Campos (2011) e Sousa (2010) observam que a fixação mecânica das placas de revestimentos poderão ser feitas diretamente por meio de "*inserts*" metálicos ou por uma subestrutura auxiliar que poderá conter perfis verticais, horizontais ou ambos. Os "*inserts*", sejam eles grampos, discos, cavilhas, taroz, parafusos ou rebites, devem ser instalados observando sua resistência mecânica e as furações ou não das placas de revestimento.

3.2. Soluções de elementos opacos e vazados como envelope de fachada

A expressão envelope de fachada refere-se exatamente a uma sobrecobertura por cima dos fechamentos de alvenarias comuns. Envelopar significa dar envelope ou sobrescrito a uma carta ou documento, segundo dicionário da Língua Portuguesa. Em arquitetura utiliza-se esse mesmo significado aproveitando diversos elementos e sistemas como estratégias de proteção solar, como brises de soleil, muxarabis, gelosias, cobogós e fachadas ventiladas, para obtenção de abrigo e conforto térmico contra as ações do clima e o intemperismo. A mistura desses elementos também pode ser válida não só para proteção da radiação solar incidente na edificação e estratégia para um melhor conforto térmico e ambiental, mas também, para ampliação do valor estético de uma nova construção ou uma requalificação de um ambiente já edificado.

Atualmente observa-se a preocupação crescente acerca da eficiência energética das edificações e por isso, novos sistemas de fechamento e elementos de controle solar são desenvolvidos, mas lembra-se, que tais elementos são frutos das tradições construtivas seculares em diversas culturas e se perpetuam até hoje, levando qualidade ao abrigo humano.

As preocupações acerca da proteção do ambiente construído e o conforto térmico são observadas em construções vernaculares muito antigas na China, Índia e países muçulmanos segundo Paulert (2012), indicando as adaptações e estratégias realizadas ao longo do tempo em favor de um ambiente mais adequado ao desenvolvimento das atividades humanas. Com o advento do modernismo na arquitetura e principalmente o aparecimento de novas propostas construtivas, ressalta-se Le Corbusier, idealizador de instrumentos de proteção solar e estratégias bioclimáticas, e a partir dele, é possível experimentar um abrigo mais durável e com melhor qualidade construtiva e eficiente. Os brises de soleil móveis ou fixos como se conhece hoje, foram sistematizados por Le Corbusier, e a partir de então, tornou-se elemento importante em uma construção, reduzindo o impacto da radiação solar sobre as aberturas em fita e grandes panos de vidro sem impedir a iluminação natural e o fluxo de ar para o interior da edificação. No Brasil, Lúcio Costa com sua "arquitetura neocolonial" inspirado pela nova arquitetura Corbusiana, utilizou elementos tradicionais vernaculares e antigas estratégias bioclimáticas internacionais criando uma nova identidade arquitetônica nacional que amplia não só o valor estético, mas a qualidade e o conforto térmico da edificação (PAULERT 2012).

Desde a arquitetura modernista e principalmente na contemporaneidade é visível a crescente valorização de elementos de proteção solar e sistemas de fechamentos como envelopes de fachada principalmente em empreendimentos culturais, educacionais e hospitalares, lugares de grandes fluxos de pessoas e onde é necessária uma eficiência energética e térmica compatível com tais equipamentos. A proteção da edificação contra as ações do clima tornou-se fundamental, e junto ao trabalho de valorização das construções e suas fachadas, contribuíram para a formação estética da nova arquitetura contemporânea.

Foram pesquisados exemplos análogos que destacam os pontos comuns e a mescla dos princípios de dois elementos arquitetônicos já mencionados, a fachada ventilada e o cobogó junto a outros protetores solares como os brises de soleil de diversos materiais. São edificações onde existe um descolamento dessa sobrecobertura de fechamentos sobre as alvenarias comuns e as aberturas, criando câmaras de ar abertas ou não, e fixados junto ou separadamente da construção principal através de elementos estruturais de concreto, metálicos ou de madeira.

A "capa" de recobrimento da edificação é um anteparo quase sempre semipermeável de material opaco ou translúcido, permitindo a entrada e saída do fluxo de ar e luz natural, muito semelhante ao sistema de brises de soleil que protegem geralmente apenas as aberturas das construções. O sistema de fachadas ventiladas, no entanto, faz também uma nova cobertura sobre as alvenarias, mas sem interferir nas aberturas e impede quase completamente a permeabilidade da radiação solar e umidade sobre a edificação. Observou-se em vários projetos arquitetônicos a utilização dos princípios e estratégias desses elementos onde não só as alvenarias são abrigadas contra as ações do tempo, mas também as aberturas.

3.2.1. Obras análogas

Para a compreensão da analogia entre cobogós e fachadas ventiladas realizou-se um levantamento em obras análogas como forma de exemplificar o envelope de fachada, mesmo que, não ocorra de maneira completa como conceituado, mas impede a incidência demasiada dos raios solares, assim como da umidade das chuvas, configurando os pontos comuns desses elementos arquitetônicos que utilizam a mistura dos sistemas de fechamento e proteção solar como envelope de fachada.

Um dos exemplos de envelope de fachada no Brasil, utilizando elementos de proteção solar vazados como os cobogós, foi o projeto do arquiteto português Delfim Amorim na década de 1960, em Recife para a requalificação do antigo edifício Luciano Costa (Figura 5). A fachada eclética e degradada da construção dos anos de 1910 foi recoberta por uma retícula de concreto armado e entre seus vãos, preenchimento de elementos vazados cerâmicos impedindo não só a visão da antiga fachada eclética, mas na redução da carga térmica do edifício, pois a edificação teria agora uma nova função e o recobrimento ampliaria a eficiência energética do mesmo.

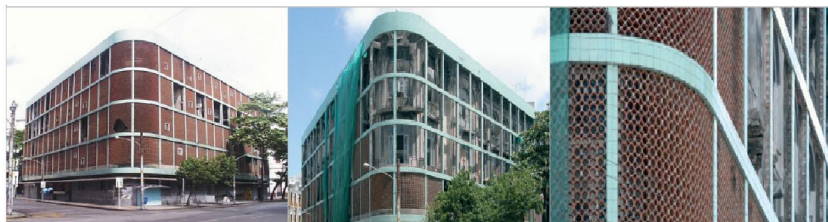


Figura 5: Edifício Luciano Costa – Recife.

Fonte: Amorim, 2000.

Em São Paulo, o Hospital Municipal Cidade Tiradentes de 2006 (Figura 6), projeto dos arquitetos Hercules Merigo e José Borelli, utiliza como proteção para a fachada principal, grandes elementos vazados de concreto deslocados das aberturas e alvenarias que permite ventilação constante e luz natural. Essa solução cria câmara de ar entre a edificação e o elemento de proteção solar que possui largura suficiente para manter a edificação longe das ações da umidade, radiação direta solar e o intemperismo.



Figura 6: Hospital Cidade Tiradentes, São Paulo-SP.
Fonte: BORELLI E MERIGO..., 2013.

Também para proteção das aberturas onde se concentram as salas de aula da Universidade Cruzeiro do Sul-UNICSUL em São Paulo projeto de 2004 (Figura 7), o arquiteto Samuel Kruchin, utilizou elementos de madeira fixados sobre as estruturas metálicas que como em outros exemplos, se separam das alvenarias permitindo o fluxo do ar e a luz natural.



Figura 7: Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo-SP.
Fonte: KRUCHIN..., 2004.

O projeto de Renzo Piano para o centro cultural Jean-Marie Tjibaou inaugurado em 1998 (Figura 8), na ilha de Nova Caledônia na Indonésia, mostra a preocupação de criar um novo pano de fechamento sobre a edificação. A forte insolação do período vespertino é diminuída pela crista de madeira e estruturas metálicas tubulares que se ergue em frente às edificações. Observa-se o afastamento do envelope de madeira da construção principal criando uma câmara de ar, como um sistema de resfriamento natural.



Figura 8: Centro cultural Jean-Marie Tjibaou.
Fonte: RENZO..., 2013.

Destaca-se a Figura 9, projeto do colégio Prof. Marcos Alexandre Sodré de 2008, em Várzea Paulista, São Paulo, como uma possibilidade conceitual de uso dos dois elementos (cobogó e fachada ventilada), a fachada norte foi a mais afetada pelo sol no período vespertino e por isso foi projetada afastada do fechamento de alvenarias e aberturas. Um envelope de cobogós foi criado, lembrando muxarabis, onde a câmara de ar aberta em sua parte inferior permite a circula o e renova o do ar quente que será retirado pelas aberturas dos elementos vazados principalmente na porão superior. O pano de cobogós permite a entrada abundante do fluxo de ar e reduz a insola o direta sobre as salas de aula do colégio.



Figura 9: Colégio Prof. Marcos Alexandre Sodré em Várzea Paulista, São Paulo.
Fonte: FORTES, GIMENES E MARCONDES..., 2011; PAULERT, 2012.

4. Análise de Resultados

Para avaliar o desempenho térmico do sistema de fachadas ventiladas na edificação faz-se um estudo baseado nas instruções da norma NBR 15.220 (ABNT, 2005), utilizando os cálculos de resistência térmica, capacidade térmica (CT) e transmitância térmica (U), acrescentando o atraso térmico (ϕ) e o fator de ganho solar (FS0).

A análise do sistema identificará as vantagens de cada material empregado, a possibilidade de ampliação da câmara de ar entre o revestimento exterior e as alvenarias e a utilização de isolantes térmicos em localidades de climas mais frios.

Conforme as diretrizes da norma NBR 15.220 (ABNT, 2005) utilizou-se os cálculos de resistência térmica, capacidade térmica, transmitância térmica, atraso térmico e fator de ganho solar para dois tipos de fechamento. O primeiro fechamento é convencional utilizando tijolo de concreto celular autoclavado e o segundo fechamento é constituído por parede ventilada com o uso de porcelanato como revestimento mais externo do sistema conforme mostrado na Tabela 1. Na Tabela 2 pode-se também visualizar o esquema de materiais empregados.

Tabela 1- Descrição de elementos dos fechamentos e suas respectivas espessuras

Tipos de Fechamentos
1) Reboco (2cm) + Tijolo Concreto Celular (10cm) + Reboco (2cm) Total espessura: 24 cm
2) Porcelanato (1cm) + Câmara de ar (15cm) + Tijolo Concreto Celular (10cm) + Reboco (2cm) Total espessura: 28 cm
3) Porcelanato (1cm) + Câmara de ar (10cm) + Isolante térmico (5cm) + Tijolo Concreto Celular (10cm) + Reboco (2cm) Total espessura: 28 cm
4) Porcelanato (1cm) + Câmara de ar (15cm) + Isolante térmico (5cm) + Tijolo Concreto Celular (10cm) + Reboco (2cm) Total espessura: 33 cm
5) Cobogó de Concreto (7cm)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nos fechamentos de fachadas ventiladas apresentados (Tabela 1) utilizou-se isolante térmico nos fechamentos 3 e 4 sobre as alvenarias e variou-se a espessura da câmara de ar entre 10 cm e 15 cm conforme discutido por Moura (2009).

Para o cálculo da resistência térmica utilizou-se a expressão para componentes com camadas homogêneas e não homogêneas e ao valor resultante somou-se as resistências térmicas superficiais internas e externas conforme apresentado na NBR 15.220 (ABNT, 2005). Escolheu-se a constante $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ de resistência térmica do ar para fluxos ascendentes em cavidades com espessura maior que 5 cm e a constante $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ de resistência térmica do ar para fluxos horizontais, no caso dos cobogós, segundo a norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise Térmica de Fechamentos

Parâmetros	Fechamento 1	Fechamento 2	Fechamento 3	Fechamento 4	Fechamento 5
Resistência Térmica (m ² .°C/W)	1,55	1,01	2,12	2,12	0,252
Capacidade Térmica (kJ/m ² .K)	80	105,73	109,23	109,23	46,2
Transmitância Térmica (W/m ² .K)	0,645	0,989	0,472	0,472	3,97
Atraso Térmico (h)	4,88	5,56	8,64	8,64	0,74
FSO (%)	2,322	3,56	1,69	1,69	5,72

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota-se, nos resultados para os fechamentos 3 e 4 mostrados na Tabela 2, que os valores de resistência térmica, transmitância térmica, atraso térmico e fator de ganho solar permaneceram iguais, mesmo ampliando a espessura da câmara de ar, pois admitiu-se a constante 0,14 m².°K/W para a resistência térmica do ar.

Observa-se uma ligeira melhora nos cálculos de atraso térmico entre os fechamentos 1 e 2, mas destaca-se a ampliação desses valores nos fechamentos 3 e 4 onde foram aplicados os isolantes térmicos sobre as alvenarias.

As pequenas aberturas entre as placas de fechamento externo das fachadas ventiladas possuem pouca influência no que diz respeito ao fluxo de ar que é a principal característica desse sistema. A espessura da câmara de ar e conseqüentemente as aberturas inferiores e superiores mantêm a convecção natural do ar ascendente e logo o chamado efeito chaminé, retirando o calor acumulado da camada e diminuindo o fluxo térmico para dentro da edificação.

É importante ressaltar a importância do material utilizado no fechamento mais externo desse sistema de fachadas ventiladas, destacando sua espessura e resistência térmica que são muito importantes para a diminuição do fluxo de calor e logo ampliação do atraso térmico para os ambientes internos da edificação.

O cobogó de concreto, ao contrário de outros fechamentos, possui baixa resistência térmica e também permite a passagem da radiação solar. Desse modo, observa-se alta porcentagem do fator de ganho solar e baixo atraso térmico. O material, forma e espessura nele empregados podem influenciar bastante nestes resultados.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos e da investigação dos recursos construtivos, cobogós e fachadas ventiladas, ressalta-se que estes apresentam como estratégias bioclimáticas para regiões de clima quente como o Brasil e se forem utilizados em conjunto, amplia-se ainda mais os benefícios para o conforto ambiental, proporcionando ventilação natural permanente, proteção solar e iluminação natural, além de gerar maior privacidade aos ambientes e valorização e estética das construções.

O uso dos cobogós e fachadas ventiladas pode contribuir em relação à conservação energética e minimização do impacto ambiental, pois são soluções bioclimáticas passivas.

Em relação à análise térmica, a introdução de novos materiais e tecnologias de elementos vazados e fachadas ventiladas podem trazer uma mudança significativa no projeto da construção de edifícios apresentando-se como soluções tecnológicas e de projeto às diferentes zonas climáticas do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220** - Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- AMORIM, L. M.E.. Edifício Luciano Costa. Um enfoque positivo. *Arquitextos*, São Paulo, 01.005, Vitruvius, out 2000. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/01.005/975>>. Acesso em: 1 mar. 2013.
- AMORIM, C. N. D.; FLORES, A.. Edifícios residenciais das superquadras do Plano Piloto - Brasília. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. ENCAC 2005 - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2005.
- ARAÚJO, B. C. D.; BISATAFA, S. R. **Desenvolvimento de elemento vazado acústico**. In: XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. Belo Horizonte. 2008.
- BITTENCOURT, L. S. **Efeito da forma dos elementos vazados na resistência oferecida á passagem da ventilação natural**. ENCAC – Encontro Nacional, III e ELACAC – Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, I. Gramado RS: Anais, 1995.
- BITTENCOURT, L. S.; LÔBO, D. G. F. **A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos**. AMBIENTE CONSTRUÍDO. Porto Alegre, 2003.
- BORELLI e MERIGO arquitetura e urbanismo. 2013. Disponível em: <<http://www.borellimerigo.com.br/saude/hospital-cidade-tiradentes>> Acesso em: 2 mar. 2013.
- CAMPOS. K. F.. **Desenvolvimento de sistema de fixação de fachada ventilada com porcelanato de fina espessura**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.
- CORONA, E.; LEMOS, C.. A. C. Dicionário da arquitetura brasileira. São Paulo: Artshow Books, 1989. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/144/fachadas-respirantes-fachadas-ventiladas-combinam-funcoes-esteticas-com-bom-128934-1.asp>
- DUTRA. M. R.. **Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas**. Análise do Comportamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2010.
- FAÇADES Ventilées: Conception, compatibilité ambiante, valorisation de la structure. 2013. Disponível em: <<http://www.ariostea.eu/tecnologia-fase-progettuale.php>> Acesso em: 2 mar. 2013.
- FACHADA ventilada. 2009. Disponível em: <3d warehouse Skechup>. Acesso em: 2 mar. 2013.
- FERREIRA, D. B. **Desenvolvimento, energia e ambiência urbana: uma abordagem histórica**. Brasília: Parc. Estrat, 2009. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/351/344>. Acesso em: 15.jan.2013.
- FERREIRA, A. B. H.. Novo dicionário da Língua Portuguesa. 2a ed.. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- FGMF. **Autores do projeto arquitetônico**. Fernando Forte, Lourenço Gimenes e Rodrigo Marcondes Ferraz (Forte, Gimenes & Marcondes Ferraz Arquitetos). 2011.
- FLORES, A. L. **Conforto ambiental e eficiência energética em edifícios residenciais: preservação da arquitetura nas superquadras do plano piloto – Brasília**. Relatório de Pesquisa. Brasília: Universidade de Brasília – UnB, 2004.
- FORTES, G. M. Arquitetura. 2013. Disponível em: <<http://www.fgmf.com.br/fgmf.html>> Acesso em: 2 mar. 2013.
- FREIRE, A.; BAUER, C. . **Cobogós, textile-block ou módulo? Experimentações de novas estéticas**. In: 9º Seminário Docomomo Brasil. Interdisciplinaridade e experiências em documentação e preservação do patrimônio recente, 2011, Brasília. 9º Seminário Docomomo Brasil. Interdisciplinaridade e experiências em documentação e preservação do patrimônio recente. Brasília-DF: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Universidade de Brasília, 2011. v. CD-ROM. p. 1-14.
- GIVONI, B.. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. In: Energy and Buildings, vol. 18, 1992. Lausanne: Elsevier Sequoia, 1992.
- GIVONI, B.. **Performance and applicability of passive and low energy cooling systems**. In: Energy and Buildings, vol. 17, 1991. Lausanne: Elsevier Sequoia, 1991.
- GOMES, G. C. ; HARRIS, A. L. N.C. . **Desenvolvimento de uma metodologia para o projeto de paredes de elementos vazados fundamentada na gramática compositiva das simetrias planas**. In: XVI Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, 2008, Campinas. CADERNO DE RESUMOS - pibic 2008, 2008. v. 1. p. 1-1.
- KRUCHIN. Arquitetura - Universidade Cruzeiro do Sul, 2004. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/kruchin-arquitetura-universidade-cruzeiro-06-10-2004.html>>. Acesso em: 2 mar. 2013.
- MOURA. E. **Fachadas respirantes**. Revista Técnica. 2009.
- MÜLLER. A.; ALARCON. O. E. **Desenvolvimento de um sistema de fachada ventilada com placas cerâmicas de grês porcelanato voltado para a construção civil do Brasil**. Cerâmica. vol.51 n°320 São Paulo Oct./Dec. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132005000400009>. Acesso em 07mar. 2013.
- PAULERT. R.. **Uso de Elementos Vazados na Arquitetura: Estudo de Três Obras Educacionais Contemporâneas**. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, UFPR, 2012.
- RENZO. Piano Building Workshop. 2013. Disponível em: <<http://www.rpbw.com/>> Acesso em: 2 mar. 2013.
- RIBEIRO. M. M. L. B. S.. **Durabilidade na construção - Estimativa da vida útil de fachadas ventiladas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto - Portugal. 2010.
- SAKARAGUI, D. S. ; HARRIS, A. L. N.C. . **Método de design de fachadas de cobogós para a filtragem de luz natural**. In: 9. Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design. São Paulo. 2010.
- SOUSA. F. M. F.. **Fachadas ventiladas em edifícios: tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto. FEUP. 2010.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelas bolsas de estudos concedidas e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.