

Fachadas cinéticas: dispositivos de proteção solar.

Viviane Miranda d'Oliveira

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Brasil
viviane.mdoliveira@gmail.com

Marcos Martinez Silvano

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Brasil
silvano@fau.ufrj.br

ABSTRACT

Directing the architecture industry to issues of sustainability, energy efficiency and user comfort coupled with technological advances has provided the development of buildings with responsive kinetic facade systems that physically change to respond to changing weather conditions and interact with the environment. This article aims to present systems of kinetic façades that respond to changes in climatic conditions and which reinterpret the passive shading devices, especially muxarabi, shutter, brise soleil and cobogó. For this, related concepts are presented and examples of constructed façades are highlighted that can be interpreted as a re-reading of the geometry of these elements with the use of new technologies in materials and kinetic systems. With this, it can be seen how the new technologies associated to the movement can help in the potentialization of the functions of these devices.

Keywords: *kinect facada; solar protect*

1. INTRODUÇÃO

Na arquitetura sustentável, observa-se uma busca por soluções que atendam ao anseio dos usuários, às condições físicas e sociais locais e às tecnologias disponíveis, de modo menos impactante ao meio social e ambiental, permitindo às futuras gerações usufruir de ambientes construídos de forma mais confortável e saudável, com uso responsável de recursos e menores consumos de energia, água e outros insumos (SICILIANO *et al.*, 2012).

Uma das funções da arquitetura é oferecer condições de temperatura, ventilação, luz e umidade compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios. Uma maneira de alcançá-lo é garantir que a construção tenha um desempenho térmico esperado, a partir da escolha adequada dos componentes, dispositivos, elementos e materiais que compõem o edifício no ato de projetar seus espaços internos e externos (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Scherer (2014) define por dispositivo de controle solar “todo componente arquitetônico que sirva como anteparo à incidência solar em fachadas, sendo capaz de controlar eficientemente a quantidade de radiação que penetra no interior dos prédios e contribuir para a amenização dos ganhos térmicos.”. A relevância desses elementos na arquitetura é reforçada quando se diz que a principal estratégia de esfriamento na arquitetura em climas quentes é o controle da radiação, já que, desta forma, não se faz necessário esfriar aquilo que não se aqueceu (COSTA NETO, 2013).

No Brasil, as condições do clima tropical sugerem a necessidade de controle da radiação solar. Como alternativa para a diminuição da carga térmica com incidência direta nas fachadas têm sido tradicionalmente aplicados a elas dispositivos passivos de sombreamento como painéis de muxarabis, venezianas, brise soleil, e cobogós para melhorar seu desempenho térmico e aumentar o conforto térmico no interior do ambiente (BARNUEVO *et al.*, 2016).

Os muxarabis, trazidos da cultura islâmica, sofreram modificações notáveis em seu uso e antecederam as venezianas. Correspondem a um elemento de proteção fixo composto por pequenas tiras em madeira que se cruzavam diagonalmente, formando tramas com desenhos e espaçamentos variados (BARBOSA e PORTO, 2005). Já as venezianas aparecem no século XIX constituídas de palhetas inclinadas fixas, posicionadas paralelamente de forma a impedir a entrada de águas da chuva e da radiação solar e a permitir a ventilação.

O brise soleil, ou quebra-sol, é um elemento de proteção solar formado, originalmente, por lâminas fixas, externas a fachada. Além da sua principal função de sombreamento, ele também controla o excesso de luminosidade e o excesso de ventilação no interior do edifício. Diferentemente das venezianas, suas lâminas são organizadas com um certo afastamento entre elas, suficiente para manter contato visual com o exterior (SCHERER, 2014).

Os Cobogós, originalmente, de cerâmica ou cimento, são blocos perfurados modulares e industrializados que tinham formato quadrado, com 50cm x 50cm e 10cm de espessura. Permitem a passagem dos ventos de forma constante e protegem os ambientes do sol e das chuvas (OITICICA, 2010).

A combinação entre estratégias passivas (como, por exemplo, a utilização desses elementos originalmente fixos nas fachadas) aplicadas de forma adequada ao meio no qual a fachada está inserida junto com as novas soluções e tecnologias mecânicas e dinâmicas que utilizam sistemas e materiais responsivos e ativos pode contribuir para potencializar o seu desempenho térmico, o conforto interno e sua eficiência energética das construções.

Segundo Fox (2001), as estratégias sustentáveis devem, também, integrar a adaptabilidade, tanto em termos de transformações físicas dos elementos quanto em termos de utilização de mecanismos controlados por computador para que possam otimizar recursos e atender dinamicamente às necessidades dos usuários. As estruturas cinéticas estão claramente associadas a questões de flexibilidade, adaptabilidade e são concebidas com diferentes propósitos como estético, informacional, midiático e responsivo ao ambiente (SILVA e ELOY, 2012).

Na contemporaneidade, entre os exemplos de fachada cinética mais lembrados, estão a Fachada do Instituto do mundo Árabe em Paris, projetado pelo arquiteto Jean Nouvell e a fachada das Torres de Al Bahar, formada por dois edifícios de escritórios projetadas pelos arquitetos Aedas, nos Emirados Árabes. Dentre outras, estão o Kiefer Technic Showroom, um edifício de escritórios e showroom de produtos da empresa austríaca de metal Kiefer, projetado pelo Ernst Giselbrecht + Partner; o Edifício Media-TIC que tem o formato de um cubo projetado pelo escritório Cloud-9; o Instituto de Tecnologia Royal Melbourne (RMIT Design Hub) que abriga a Universidade de Design e Arquitetura; o SDU Kolding Campus, uma universidade na Dinamarca etc. Em todas estas foram incorporados dispositivos cinéticos voltados para a proteção solar. No Brasil, um dos exemplos mais icônicos que explora as novas

tecnologias cinéticas é o Museu do Amanhã projetado pelo arquiteto Santiago Calatrava e construído recentemente no Rio de Janeiro, mas sua utilização tem foco na captação de energia solar.

Este artigo tem como objetivo apresentar sistemas de fachadas cinéticas que adaptam seus elementos através do movimento físico para otimizar sua função de proteção solar e que podem, também, ser identificados e analisados como uma reinterpretação de dispositivos fixos de sombreamento.

Para isto, foi realizado levantamento bibliográfico, com recorte nos últimos 20 anos, por meio de textos acadêmicos e técnicos publicados, contextualizando o tema e identificando os principais conceitos referentes à cinética e a novas tecnologias e mecanismos voltados para proteção solar com aplicabilidade em fachadas. As buscas foram realizadas em relatórios de pesquisas, repositórios de teses e dissertações das universidades, publicações de livros e anais de eventos da área, através do uso de palavras-chave como “fachada cinética”, “fachada responsiva”, “proteção solar”, “eficiência energética” e “conforto térmico”.

Com base na bibliografia levantada, foram selecionados quatro exemplares de fachada cuja escolha obedeceu ao critério de aplicação da cinética em elementos que podem ser associados a uma releitura do muxarabi, do brise, da veneziana e do cobogó, originalmente fixos, encontrados na arquitetura e também de exemplificação de maior abrangência de conceitos abordados. Na descrição de cada uma dessas fachadas, são destacados a função do movimento, os padrões mecânicos, os controles estruturais e os materiais utilizados para uma discussão sobre suas influências na função de proteção solar e na sustentabilidade desses sistemas.

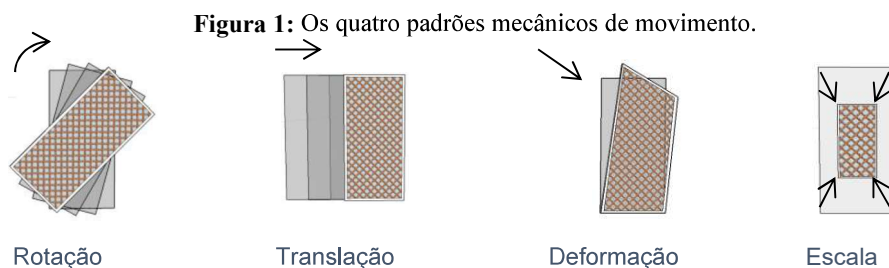
2. FACHADAS CINÉTICAS

2.1 Conceitos associados à cinética

A fachada cinética é interativa, dinâmica e pode ser responsiva quanto ao meio ambiente. Estruturas cinéticas dobráveis, expansíveis e reconfiguráveis causam alteração na morfologia geométrica da fachada adaptando seus formatos, orientação ou aberturas. Dessa forma, respondem a fatores climáticos externos, como mudanças de temperatura, umidade, vento dentre outros, a fim de melhorar o desempenho climático interno do edifício (KIRKEGAARD e FOGED, 2011).

Esse tipo de fachada apresenta o movimento através de sua transformação no espaço, mudando suas características físicas e a estrutura física das fachadas dos edifícios, sem comprometer a integridade da estrutura geral (SHARAIDIN, 2014). Para este artigo, serão consideradas as fachadas que são compostas por dispositivos cuja função principal seja a de proteção solar.

Quanto as mudanças em suas características físicas, estas estão diretamente relacionadas às transformações na geometria do sistema ou dos elementos que fazem parte dele, podendo variar a partir de quatro tipos padrões mecânicos de movimento: translação, rotação, deformação e escala, como mostrado na **Figura 1**.



Fonte: Autor, 2018.

O movimento de rotação acontece em torno de um eixo e é tipicamente uniforme, regular e em uma direção horizontal ou vertical. O de translação permite conservar a forma inicial do material, baseando-se no deslocamento dos elementos individuais ao longo de uma ou mais direções no espaço. O movimento de escala, modifica a dimensão original do objeto, aumentando ou diminuindo seu tamanho no espaço de forma proporcional ao formato de origem. Já as transformações por deformação são as mais complexas, não exigem que a proporção seja mantida, podem se movimentar em uma ou várias direções e costumam ter relação com as propriedades físicas do material (MOREIRA, 2013).

O controle das estruturas pode ser interno, direto, indireto e indireto responsivo. No controle interno o acionamento e a resposta ao movimento são os mesmos e estão diretamente relacionados com transformações da própria estrutura, quer seja por via de translação ou por rotação. Tais sistemas possuem o potencial de movimento mecânico em seu sentido estrutural, embora eles não possuam nenhum dispositivo ou mecanismo de controle direto (FOX, 2001). O movimento feito para abrir uma janela manualmente, já o próprio movimento da estrutura da folha da janela, por exemplo. No controle direto, o movimento é acionado diretamente por qualquer uma das inúmeras fontes de energia, incluindo motores elétricos, energia humana ou mudanças biomecânicas em resposta às condições ambientais (FOX, 2001) através de botão, por exemplo.

Com o surgimento do computador e da tecnologia de sensores, os mecanismos acionados manualmente passam a ser substituídos por sensores sensíveis, capazes de ler e recolher diferentes tipos de informação diretamente da fachada, como, por exemplo, a temperatura em dispositivos de sombreamento, tornando possível que a ativação e desativação do sistema seja controlada de forma indireta (MOREIRA, 2013). Ou seja, no controle indireto, o sistema básico de controle começa com uma entrada de informação externa para um sensor. O sensor deve então retransmitir uma mensagem para um dispositivo de controle o qual retransmite uma instrução de operação liga / desliga para uma fonte de energia para a atuação do movimento (FOX, 2001).

No controle indireto responsivo, o sistema básico de operação é o mesmo, no entanto, neste caso, pode-se receber a entrada de informação de diversos sensores, cada qual avaliando um parâmetro diferente, possibilitando uma tomada de decisão otimizada, retransmitindo para a fonte de energia a atuação de um objeto singular, o que torna a resposta da fachada por parte do sistema mais complexa (FOX, 2001).

2.2 Releitura de dispositivos de sombreamento e a implementação da cinética.

È possível interpretar algumas fachadas cinéticas construídas como uma releitura de dispositivos fixos de sombreamento como é o caso da fachada das Torres de Al Bahar, que foram inspiradas nos Muxarabis; da fachada do Kiefer Technic Showroom, que lembram brises horizontais; da fachada do Instituto de Tecnologia Royal Melbourne (RMIT Design Hub) que pode ser associada ao uso de cobogós, dentre outras. No entanto, outras quatro fachadas foram escolhidas para serem apresentadas com mais detalhes, abordando sua função, padrões mecânicos de geometria e seus tipo de controle estrutural cinético descritos no item 2.1.

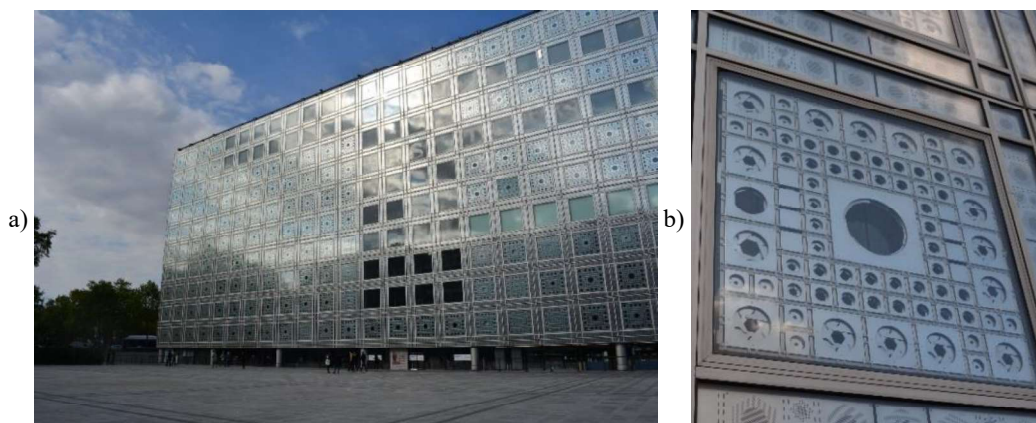
As fachadas destacadas são: a fachada do Instituto do Mundo Árabe, inspirada nos muxarabis e construída em 1986, uma das mais conhecidas pelo uso da cinética através de sensores; a da Embaixada dos Países Nórdicos cuja fachada é toda composta por brises mecanizados; a do escritório ThyssenKrupp Quarter Essen Q1 building, formada por elementos que podem ser considerados como uma releitura das venezianas tradicionais; e a do Hotel Emiliano, como uma releitura dos cobogós em painéis.

Estes exemplares foram selecionados por reunirem os quatro padrões mecânicos da cinética; três dos quatros controles estruturais cinéticos; além do emprego de tecnologias em sistemas estruturais de fachadas e em materiais variados para uma exposição dos conceitos discutidos de forma mais abrangente.

2.2.1 Muxarabi _ Instituto do Mundo Árabe / Paris, França – 1986.

O Instituto do Mundo Árabe é um centro de cultura árabe com salas de exposições, bibliotecas, auditórios, restaurantes, dentre outros. O edifício foi projetado pelo arquiteto Jean Nouvel e sua fachada sul cinética apresenta a função responsiva voltada para o sombreamento, movimentando-se para controlar a incidência de luz solar no interior dos ambientes. Seu padrão cinético é de rotação e de escala e seu controle estrutural é indireto responsivo.

Figura 2: a) Fachada sul do Instituto do Mundo Árabe; b) painel reticulado.



Fonte: Autor

A fachada sul, retangular e espelhada vista na **Figura 2a**, representa uma releitura dos tradicionais muxarabis em madeira. A fachada é fortemente marcada pela união de 240 painéis metálicos reticulados, nos quais cada retícula (**Figura 2b**) é constituída por um conjunto de 108 componentes cinéticos

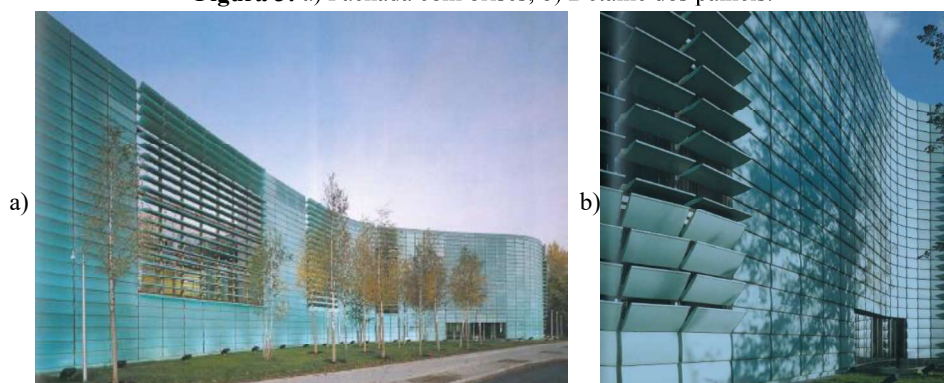
formando um diagrama de fechamento fotoelétrico, similar ao diafragma de uma câmera fotográfica. A composição cinética de padrão mecânico, torna-se ambígua nesta fachada pois o obturador faz um movimento rotacional, mas o efeito é de escala (SHARAIDIN, 2014).

A aplicação da cinética, neste caso, possibilitou a abertura e fechamento da trama, originalmente fixa nesse tipo de dispositivo, regulando e barrando completamente a entrada de radiação solar no interior dos ambientes. No entanto, esta resposta ao movimento envolveu uma mecânica pesada com múltiplos pistões embutidos, integrando componentes cinéticos complexos para que os obturadores pudessem abrir e fechar e afetaram o desempenho do sistema em responder de forma efetiva ao controle da intensidade luminosa, tornando-se alvo de críticas. Devido aos constantes problemas mecânicos, optou-se por mantê-lo em uma única posição, estático (BARNUEVO, 2017).

2.2.2 Brise _ Embaixada dos Países Nórdicos / Berlim, Alemanha – 1999.

O edifício abriga a Embaixada dos Países Nórdicos na Alemanha e foi projetado pelo escritório Berger + Parkkinen. Sua fachada cinética faz uma releitura dos brises tradicionais e tem como função o sombreamento, movimentando-se para proteger o seu interior da radiação solar. Seu padrão mecânico é de rotação e seu controle estrutural é direto.

Figura 3: a) Fachada com brises; b) Detalhe dos painéis.



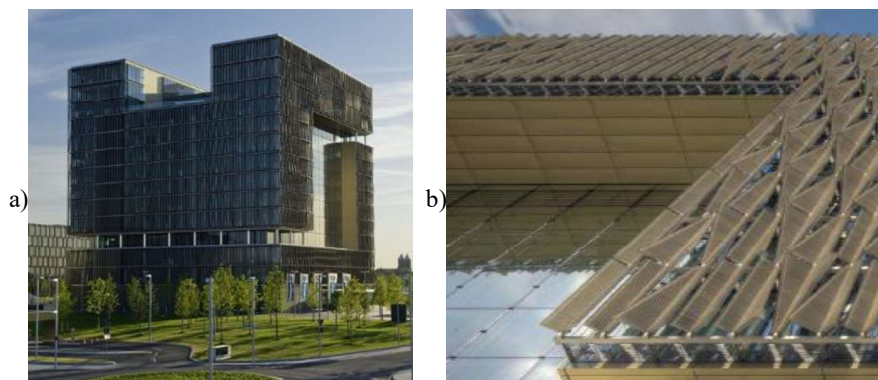
Fonte: Klaus-Dieter Weiss: *Urbanität mit Botschaft*, 1999.

A fachada (**Figura 3a**), é formada por 3926 painéis horizontais que fazem uma releitura dos brises tradicionais em concreto. Neste caso, foram fabricados em metal e cobre, e têm a capacidade de rotacionar até 90° acompanhando a trajetória do sol, como mostra o detalhe dos painéis na **Figura 3b**. O movimento de abrir e fechar do painel é individual, programado de acordo com a angulação de incidência do sol e automatizado para funcionar em períodos pré-definidos. O movimento rotacional acontece de forma lenta, evitando ruídos e distração dos usuários (BARNUEVO, 2017).

2.2.3 Veneziana _ ThyssenKrupp Quarter Essen Q1 building / Essen, Alemanha – 2010.

O Edifício Corporativa da empresa ThyssenKrupp encontra-se em Essen e foi projetado pelos escritórios JSWD Architekten e Chaix & Morel et Associés, fazendo uma releitura das venezianas tradicionais. Sua fachada cinética tem como função responsiva o sombreamento e se movimenta para diminuir a incidência direta da radiação solar sobre as fachadas envidraçadas do edifício. Seu padrão mecânico é de rotação e seu controle estrutural é indireto responsivo.

Figura 4: a) Fachada do ThyssenKrupp Quarter Essen Q1 building; b) Detalhe dos painéis tipo veneziana.



Fonte: KNOL, KNEEPKENS, & ZVIRONAITE, 2014

O Edifício, sendo sede de uma empresa reconhecida pela fabricação de aço, também tem seus dispositivos de proteção solar feito com este material. A fachada (**Figura 4a**) é formada por 3 150 painéis verticais triangulares, retangulares ou trapezoidais os quais substituem as palhetas originais de madeira das venezianas tradicionais por um total de 400.000 ripas de aço inox horizontais aparafusadas neles, como pode-se ver no detalhe da **Figura 4b**.

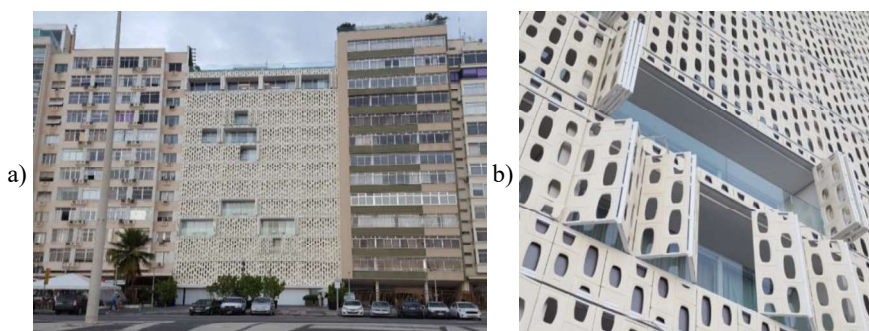
Os painéis tipo veneziana giram no eixo vertical, abrindo-se ou fechando-se sendo controlados por uma central que aciona os motores de acordo com a posição do sol. As ripas não obstruem completamente a visão para a parte externa do edifício e, com a variação de sua posição ao longo do dia, criam diferentes manchas solares no interior dos espaços (KNOL, KNEEPKENS e ZVIRONAITE, 2014). A aplicação da cinética, neste caso, garantiu a abertura e fechamento dos painéis para maior controle da entrada de radiação solar, apesar de não impedir completamente sua entrada no interior do edifício devido ao afastamento das palhetas uma das outras.

2.2.4 Cobogó _ Hotel Emiliano / Rio de Janeiro, Brasil – 2017.

O Hotel Emiliano está localizado na orla da Praia de Copacabana, no Rio de Janeiro e foi projetado pelo escritório Studio Arthur Casas, fazendo uma releitura do cobogó tradicional. Sua fachada cinética tem como função responsiva o sombreamento e se movimenta para proteger o interior da edificação da radiação solar sem barrar completamente a entrada da ventilação e iluminação natural nos ambientes. Seu padrão mecânico é de rotação e translação e seu controle é estrutural interno.

Em sua fachada (**Figura 5a**) foram instalados painéis verticais vazados, como pode-se ver na **Figura 5b**, agrupados e articulados em duas partes a frente das varandas dos quartos de hóspedes, que podem ser abertos ou fechados manualmente de acordo com a necessidade do usuário. Seu formato vazado lembra um cobogó numa configuração orgânica, diferente das dimensões quadradas originais desse dispositivo. No entanto, sua característica de passagem de iluminação e ventilação permanentes são mantidas. Os painéis foram fabricados em resina de policarbonato, resistente aos raios ultravioletas e a maresia, e protegem as varandas dos apartamentos do excesso de radiação solar.

Figura 5: a) Fachada do Hotel Emiliano; b) detalhe da abertura e formato dos painéis.



Fonte: Autor, 2018

A aplicação da cinética nos painéis torna a configuração da fachada dinâmica, em constante mutação, formando uma imagem diferente da fachada a cada momento, além de possibilitar um maior controle sobre a quantidade de radiação solar e ventilação que permeia os painéis de acordo com a sua posição de abertura nas varandas.

2.2.5 Comparações e análises.

Abaixo, a **Tabela 1** apresenta o resumo das características dessas quatro fachadas, facilitando a observação das semelhanças e distinções entre elas. Pode-se observar que o sombreamento tem efeitos diferentes em cada fachada.

Tabela 1: Características da reinterpretação dos 4 dispositivos nos quatro projetos de fachadas escolhidas.

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR				
Releitura dos dispositivos	Muxarabi	Brise	Veneziana	Cobogó
Projeto	Instituto do Mundo Árabe	Embaixada dos Países Nórdicos	ThyssenKrupp Quarter Essen Q1 building	Hotel Emiliano
Ano	1986	1999	2010	2017
Localização	Paris, França	Berlim, Alemanha	Essen, Alemanha	Rio de Janeiro, Brasil
Arquiteto / Escritório	Jean Nouvell	Berger + Parkkinen	JSWD Architekten e Chaix & Morel et Associés	Studio Arthur Casas
Funções	sombear e controlar a incidência da iluminação natural no ambiente	sombear, protegendo o interior da radiação solar direta	sombear, diminuindo a incidência da radiação solar direta	sombear, protegendo o interior da radiação solar direta, permitir a permeabilidade da ventilação e da iluminação natural.
Padrão mecânico	rotação e escala	rotação	rotação	rotação e translação
Controle estrutural cinético	indireto responsivo	direto	indireto responsivo	interno
Estrutura da fachada	fachada dupla de vidro	fachada dupla	fachada dupla	fachada dupla
Material do dispositivo cinético	vidro e metal	metal / cobre	aço inox	resina de policarbonato

Fonte: Autor, 2018.

No ThyssenKrupp Quarter Essen Q1 building e no Hotel Emiliano, o sol penetra no ambiente criando manchas solares desenhadas não sendo barrado completamente, devido ao formato dos elementos do dispositivo. Porém, a aplicação da cinética permite que a quantidade radiação e iluminação que entra possa ser regulada, podendo entrar em menos ou mais quantidade. Já no Instituto do Mundo

Árabe e na Embaixada dos Países Nórdicos, além de permitirem a regulação da quantidade de luz incidente no ambiente pode proporcionar proteção total em relação a incidência da radiação solar.

Quanto aos padrões mecânicos utilizados, percebe-se que eles podem ser usados conjugados, como é o caso do Instituto do Mundo Árabe e do Hotel Emiliano, ou utilizados individualmente, como nos outros dois exemplos. Porém, utilizando o mesmo padrão mecânico entre eles, o efeito é diferente pois a rotação acontece em eixos distintos.

O controle estrutural está relacionado com a tecnologia empregada e o nível de autonomia da fachada em relação às mudanças nas condições climáticas. Dentre os exemplos, a fachada do Hotel Emiliano, por ter um acionamento manual, depende do usuário para sua movimentação; já a do Instituto do Mundo Árabe e a do ThyssenKrupp Quarter Essen Q1 building funcionam através de sensores, interpretando as alterações nas condições climáticas e reagindo com autonomia para se adaptar às necessidades do momento.

O emprego das tecnologias de controle estrutural associadas a cinética propiciam um melhor posicionamento dos dispositivos de proteção solar, garantindo o maior tempo possível de sombreamento das fachadas de acordo com a angulação dos raios solares, o que melhora o desempenho térmico das mesmas e, logo, a eficiência energética do edifício. Porém, o custo para a implementação dessas novas alternativas de movimento é alto se comparado a sistemas fixos ou móveis manuais. No entanto, o desempenho nesses últimos sistemas não é tão efetivo já que são permanentes ou dependem do usuário.

Na maioria dos casos, as tecnologias cinéticas são aplicadas em edifícios comerciais ou institucionais os quais buscam associar sua imagem ao desenvolvimento sustentável e ao progresso. No entanto, a implementação dessas tecnologias e mecanismos em novas construções deve ser avaliada com muito critério em relação ao seu custo de construção e benefícios sociais, econômicos e ambientais a serem atingidos, para que possam atender efetivamente ao conforto térmico e eficiência energética do edifício.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se, com os quatro exemplos de fachada apresentadas, que o resgate dos elementos e dispositivos de proteção solar em fachadas como o muxarabi, o brise, a veneziana e o cobogó adapta-se aos níveis de conhecimento tecnológico de cada período, e sua reinterpretação pode se dar pela substituição do material original, flexibilidade de modulações e geometrias e pela inserção de movimento, seja ele manual ou automatizado por programação ou por sensores.

Entende-se que as novas tecnologias, os materiais e a implementação de movimento aos dispositivos originalmente fixos e passivos, potencializam suas funções e diminui suas limitações de sombreamento, para que respondam melhor as mudanças nas condições climáticas do contexto no qual estão inseridos.

Portanto, esta combinação entre as tecnologias e a flexibilidade dos sistemas cinéticos atribuídos a dispositivos de proteção solar em fachadas contribui tanto para o conforto térmico, com o controle da entrada de radiação solar no interior dos ambientes, diminuindo a carga térmica interna, como para sua eficiência energética uma vez que o consumo energético para o resfriamento do espaço é reduzido, auxiliando, assim, para que as construções atinjam níveis mais altos de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, E.; PORTO, M. M. Arquitetura moderna - Permeabilidade visual através de soluções de fachadas. **ENCAC-ELACAC**, Maceió, Alagoas, 5 a 7 out. 2005. p.102-111.
- BARNUEVO,. **Superfícies Dinâmicas Funcionais**: O potencial de tecnologias responsivas para a construção de fachadas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura. Universidade de Brasília: UnB, 2017.
- BARNUEVO, T. et al. Componente Responsivo para Fachadas: Análise e Validação. **SIGraDi 2016, XX Congresso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital**, Buenos Aires, Argentina, 9-11 nov. 2016.
- COSTA NETO, A. D. S. **A configuração geométrica dos elementos de controle solar e sua composição plástica em diferentes orientações solares em Aracaju**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Alagoas. Maceió: UFAL, 2013.
- FOX, M. A. Sustainable Applications of Intelligent Kinetic Systems. **Second International Conference on Transportable Environments**, MIT Kinetic Design Group, 2001.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª edição—São Paulo: Stúdio Nobel, 2001.
- KIRKEGAARD, P.; FOGED, I. W. Development and evaluation of a responsive building envelope. **International Adaptive Architecture Conference**, 2011.
- KLAUS-DIETER Weiss: Urbanität mit Botschaft. **Architektur Aktuell**-Berlin, Deutschland, v.12, p.42-59, 1999.
- KNOL, A.; KNEEPKENS, S.; ZVIRONAITE, K. **Kinetic**: A playful way through the world of moving facades. Repositório Institucional. TU Delft: Guide, 2014.
- MOREIRA, A. S. **Novas possibilidades na arquitetura. Reação, interação, inteligência**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura do Porto - FAUP: U.Porto, 2013.
- OITICICA, M. L. G. D. R. **Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado**. Tese (Doutorado). Pós graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: UNICAMP, 2010.
- SCHERER, M. J. **Cortinas Verdes na arquitetura - desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2014.
- SHARAIDIN,. **Kinetic Facades - Towards design for Environmental Performance**. Teses (Doutorado). School of Architecture and Design: RMIT University, 2014.
- SICILIANO, A. L. et al. **Guia sustentabilidade na arquitetura**: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes. São Paulo: Prata Design, 2012.
- SILVA, L.; ELOY, S. Arquitetura flexível: movimento e sistemas cinéticos. **2º Seminário de Arquitetura, Urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura**. **FAULT**, 5-7 Nov 2012. Volume I, pp. 36-44.