



Obras verticais magistrais: a composição desmaterializada de espaços aerados

Master vertical pieces: the dematerialized composition of aired spaces

Arthur Emmanuel de Medeiros Nóbrega

ORCID: 0000-0002-5086-5155

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil

Antonio Conceição Paranhos Filho

ORCID: 0000-0002-9838-5337

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil

Resumo

O ensaio consiste em principalmente abordar obras como Burj Khalifa (2010) do projeto de Skidmore, Owings e Merrill e Bahrain World Trade Center (2008) do projeto de WS Atkins, que se utilizam de composições aeradas. Na leitura dessas obras arquitetônicas, foram trabalhadas as interpretações de princípios ativos de desconstrução da forma, para permitir a instalação de espaços de ventilação e integração maior com o aspecto bioclimático.

Palavras-chave

Arquitetura. Cheios e Vazios. Desconstrução. Ventilação.

Abstract

The essay consists mainly of addressing works such as Burj Khalifa (2010) from the Skidmore project, Owings and Merrill and Bahrain World Trade Center (2008) from the WS Atkins project, which use airy compositions. In reading these architectural works, interpretations of active principles of shape deconstruction were worked out, to allow the installation of ventilation spaces and greater integration with the bioclimatic aspect.

Keywords

Architecture. Full and Empty. Deconstruction. Ventilation.

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Introdução

O trabalho de pesquisa tem como elemento condutor a discussão do vento como um importante recurso a ser considerado em manifestações de composições espaciais como a arquitetura. Como parte da discussão, são conjugadas aproximações de arte espacial com possibilidades modeladoras do vento, de reproduzir interações em arquitetura acústica e esculturas cinéticas. Para o método de avaliação compositiva formal, os dados de elevações em combinação com os dados de plantas foram apoiados na observação qualitativa que levou à leitura da volumetria das obras. Foi proposto um modelo interpretativo de distribuição do vento sobre o edifício. A consideração das massas com a correlação de elevações e plantas indicam com sua ausência nos espaços, vias liberadas para passagem de ventos. O perfil compositivo formal dispõe da relação de cheios e vazios da interação da arquitetura e do ar, onde a totalidade não se resume apenas ao material, mas ao conjunto formado dessa materialidade com os vazios significativos do imaterial para o vento.

A arquitetura pode ser considerada uma arte que atende a requisitos de funcionalidade, para abrigar atividades humanas. Como instalações espaciais, em sua maior parte, colocam-se em cenários urbanos, dialogando com condicionantes como a forma do terreno, a natureza que o cerca e objetos construídos de seu entorno, tendo o ser humano como expectador, parte da obra e ocupante. A arquitetura como uma manifestação da cultura técnica pode conduzir as suas formas expressando e interagindo com o aspecto ambiental do vento. O fator bioclimático da ventilação tem sido estudado por variáveis em projetos de ambientes onde a geometria dos objetos construídos representam uma grande influência na modelagem e acesso do fluxo do ar. A renovação de oxigênio e a exaustão do ar viciado são necessidades básicas para manter a qualidade ambiental nos ambientes. Se o fluxo do ar encontra barreiras de formas, o resultado pode ser de áreas estagnadas e pouco respiráveis.

As cidades recebem a passagem do vento em direções predominantes do fluxo de ar, mas que apresentam principalmente pela disposição de ruas e distribuições de massas de construções, a formação de trechos de correntes, de desvios e de estagnações, ocasionando microclimas diversos. As ilhas de calor urbanas são uma demonstração dessa particularização para o clima, segundo Amorim (2010). Em determinados locais, a implantação de edifícios criando obstáculos para o vento e a escassez de áreas verdes livres são ainda restrições para uma dinâmica mais equilibrada do meio urbano com aspectos ambientais. Para a distribuição de ventilação na textura de uma cidade, zonas em planta e elevação se configuram em predominância de diversas velocidades do ar no espaço urbano em diferentes escalas.

Em planta, na escala de edifício, as áreas mais livres têm mais velocidade e renovação do ar enquanto que locais com volumes como barreiras levam a uma maior estagnação (OLGYAY, 2015). Dos estudos clássicos bioclimáticos de Olgyay (2015), da *Princeton University*, são apresentados testes com maquetes em túnel de vento para analisar a geração de áreas de fluxo e de estagnação do ar em conformações de espaçamentos de construções. São representadas as linhas aerodinâmicas quanto mais se aproximam,

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

maiores são as velocidades do fluxo de ar, pelo princípio de conservação da massa (EASTLAKE; DAHMEN, 2006), e mais laminares os escoamentos, ocorrendo na pressão dinâmica positiva. O inverso, com a separação de linhas aerodinâmicas, retrata a tendência a estagnação de que torna os escoamentos mais rarefeitos e turbulentos.

Em elevação, em uma escala de cidade, os edifícios compõem uma rugosidade aerodinâmica (CÓSTOLA, 2006). Quanto maiores as alturas do fluxo de ar e não sendo desimpedidas pelo relevo e outros elementos, menores as rugosidades aerodinâmicas e maiores as velocidades aéreas, que aumentam inclusive o potencial para produção de energia elétrica a partir do vento.

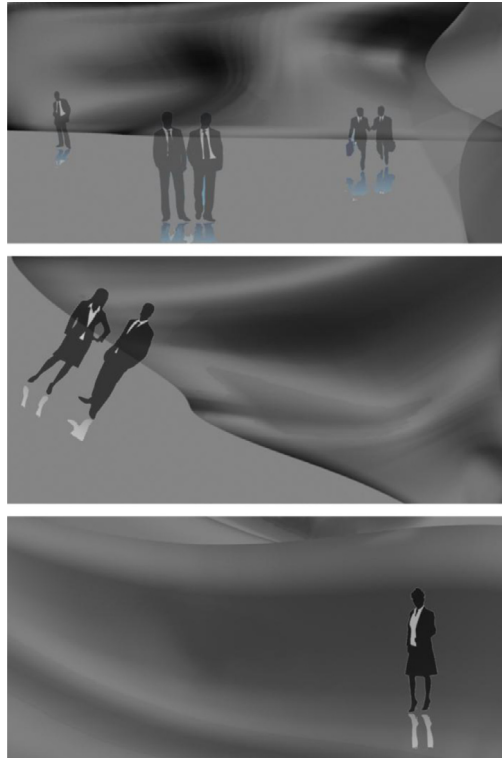


Figura 1. Formas moldadas por recursos digitais que simulam vento
Fonte: Stavridou, sob licença Creative Commons (2015).

Nesses estudos, de ventilação de cidades e edifícios, percebe-se que se geram sistemas entre a geometria dos objetos e o fluxo de ar, onde a ventilação de um edifício depende de outro e que elementos de paredes interagem entre si com o vento. Como um jogo de claro e escuro, as áreas ventiladas são da “luz” do vento, enquanto as áreas posteriores são consideradas da “sombra” do vento. Os diferentes matizes de vento dependem da forma e posição de objetos. Frota e Schiffer (2001) e Cóstola (2006), reconhecem a importância desses estudos de Princeton, que referenciam em suas obras. No avanço desses testes, há sofisticados túneis de vento e de água que simulam a ventilação com instrumentos, de medição de pressão e velocidade, associados a computadores (CÓSTOLA, 2006).

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Ocorre ainda o apoio tecnológico de algoritmos computadorizados especializados para analisar alternativas de projetos para ventilação em combinação com eficiência em proteção solar (CHRONIS *et al.*, 2012). Nesse algoritmo, as análises de vento e insolação vão selecionando e interagindo com alternativas estreitamente ligadas às geometrias propostas de espaçamentos de edifícios no processo. Nguyen, Reiter e Rigo (2014) e Kormaníková *et al.* (2018) indicam estudos de simulação computadorizada que se apoiam em modelos físicos para que projetos sejam mais eficientes para o aproveitamento do ar. Para essa área de análise de projetos, são destacados os programas de Fluidodinâmica Computacional, em inglês *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Diante dessas tecnologias mais avançadas sobre o vento, no possível exercício criativo de interação criador e algoritmo de máquina, vão surgindo alternativas compositivas em formas digitais que podem se converter em instalações reais (Figura 1). Além do lado funcional do vento nas instalações da arquitetura, a consideração desse importante elemento ambiental tem sugerido formas mais maleáveis.

O ensaio objetiva analisar exemplares instalados de arquiteturas verticais magistrais onde a forma geométrica desconstruída do objeto possa refletir a busca pela maior integração com a ventilação natural. O apoio interpretativo segue a proposta de simular espaços aéreos que representam a intenção de desconstrução para o corpo do edifício.

Expressões espaciais aeradas

Aproximações de arte e vento são ricas em expressões e interações. São desenvolvidas esculturas cinéticas, biônicas e de arquitetura acústica. Uma expressão se destaca utilizando formas de uma arquitetura aerodinâmica para aproveitamento de acústica da ventilação natural – o Pavilhão Eólico Acústico Aeolus (Figura 2), no Reino Unido, de 2011, do escultor multidisciplinar britânico Luke Jerram, conhecido por produzir esculturas que contenham interesse científico, como modelos gigantes de vidro de vírus e bactérias.



Figura 2: Aeolus no projeto Eden, em aço inoxidável e fios de náilon, de 9x3x6 m, exposto em Cornwall, no Reino Unido, em interação com o público, do projeto de Luke Jerram. Fonte: Site Acoustic Wind Pavilion | Aeolus by Luke Jerram

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Utilizando tecnologias computacionais para sua concepção e garantindo a sua instalação itinerante para exposições, foi realizado com a colaboração de cientistas acústicos da *University of Salford* e da *University of Southampton* e em parceria com *Arup*, *Sculpture Factory*, *Outokumpu* e *Vista Projects*, o pavilhão de Luke Jerram. Na instalação, partes de 316 tubos de aço inoxidável sobre o exterior de um arco de dupla curvatura são presos às cordas de náilon esticadas e ligadas a postes. A obra desperta a curiosidade natural de propriedades acústicas como aportes de disciplina científica (BELANTARA; DRUMM, 2012).

Mesmo os instrumentos de sopro e harpas eólicas não constituem objetos inéditos. Outras obras contemporâneas apesar de serem esculturas acústicas com o vento, normalmente, excluem a presença humana em sua composição. O diferencial do pavilhão *Aeolus* foi marcado pela possibilidade de interação e convergência sonora ao público que se faz presente no interior de sua cúpula irregular, sendo a interiorização dos espaços um importante caracterizador de uma escultura para uma experiência arquitetônica. Entre seu arco de dupla curvatura, a obra causa uma vibração do efeito mais tridimensional dos sons do vento da paisagem sobre os visitantes internos.

Como manifestações de esculturas cinéticas inspiradas no mundo vivo, as instalações móveis acionadas pelo vento natural são propostas pelo neerlandês Theo Jansen desde a década de 1990 até a atualidade, os *strandbeests*, as bestas da praia, como traduzido do neerlandês, em que tubos plásticos são incorporados à estrutura de um esqueleto para criar pernas articuladas e pequenas velas em tecido funcionam como elementos propulsores eólicos para mover a instalação sobre a areia e fazê-la voar. O autor Theo Jansen refere-se à sua obra artística dinâmica como “novas formas de vida” (CAETANO, 2019). Inclusive, o artista segue criando denominações em latim, relacionadas a animais, para nomear suas obras, como *Animaris mulus* e *Animaris rhinoceros lignatutus*.

O *strandbeest Umerus*, com seus curiosos materiais plásticos, de pés de garrafas e de válvulas de controle de fluxo dar ar, além de sua ondulatória barbatana dorsal, foi desenvolvido para se deslocar na areia (Figura 3) enquanto o *Ader*, que homenageia o inventor ligado à aviação Clement Ader (1841-1926), além de se deslocar em terra, levanta voo (Figura 4).

Em relação a concepção do vento para um fundamento direto de movimento para vida, são observados fenômenos ecológicos e evolutivos. Biologicamente, o vento pode funcionar como um elemento do meio ambiente para promover a vida como ocorre nas dispersões aéreas de sementes e frutos de estruturas leves, eventos da chamada anemocoria. Os frutos do dente-de-leão, *Taraxacum officinale*, possuem a forma geral de um balão em miniatura que garante o seu transporte pelo vento para poderem se alastrar em uma área com menos competição entre espécies vegetais.

Não somente elementos vegetais evoluem com o vento. Respostas evolutivas de aves ao vento como ossos menos densos e considerados pneumáticos encontram um paralelo nas estruturas plásticas leves e vazadas de Theo Jansen, da mesma forma, que as velas funcionam como asas.

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Mais analogias podem ser traçadas comparando seres vivos com *strandbeests*. Em busca de um mecanismo inteligente, mesmo as válvulas com pistões dos *strandbeests* são comparadas às células nervosas por funcionarem como sensores de vento e água, modificando movimentos, mas não podem representar elementos que estejam propriamente vivos.

No entanto, um dos fundamentos mais marcantes de criação se reporta à capacidade desse artista em gerar uma disposição anatômica geral que produz comportamentos de deslocamento em terra e algumas no ar que não se confundem com movimentos aleatórios. Os eixos anatômicos de distribuição das peças tubulares em combinação intencional com o posicionamento das velas criam organizados passos de “criaturas terrestres” e voos característicos para “seres aéreos”. As estruturas *strandbeests* movem-se com desenvoltura não porque são vivas, mas porque possuem formas construídas anatomicamente que encontram paralelos em estruturas vivas como elementos biônicas. Portanto, os *strandbeests*, ao não se sugerirem metaforicamente como vida, podem ser relacionados às formas anatômicas biônicas.



Figura 3: O terrestre Umerus em PVC, abraçadeiras de náilon, plástico, dracon, cordas e garrafas SPA, de 4x1,2x2 m, sobre a areia de Theo Jansen. Fonte: Site *Strandbeest: Home*.

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Figura 4: O aéreo Ader, em PVC, abraçadeiras de náilon, plástico, dracon e cordas, de 9x4,4x3,1 m, com uma autonomia terrestre de Theo Jansen. Fonte: Site Strandbeest: Home.



O escultor cinético estadunidense Anthony Howe constrói delicadas estruturas em metal que se movem em um ritmo sincronizado em uma coreografia aproveitando a energia do vento, provocando um efeito hipnótico em seu público. O artista se tornou muito conhecido pela criação do conjunto da pira olímpica movida pelo vento do Rio 2016, nas Olimpíadas no Brasil. O *design* de pesos e contrapesos das estruturas especialmente projetado contribui para a incrível sincronia de cinética dos ventos. A concepção da obra metálica, que alcançou 7,6 m de altura, na instalação em Montreal, Canadá, conhecida como Di-Octo II como versão elaborada em 2017, por Anthony Howe, reúne as características de esculturas cinéticas do vento desde seus testes (Figura 5), em que as formas se movem como em um jogo de transformação geométrico, de representação da energia do vento.

O poder da mobilidade do vento vai transformando as geometrias da escultura de Anthony Howe em elegantes e coordenadas evoluções. O design interativo da arte com o ambiente do exercício de descobrir e redescobrir formas fornece ao mesmo tempo uma visão móvel material e imaterial para o público. Na mobilidade interativa, o objetivo final se faz com o pensamento sobre a interação do progresso temporal da obra (CAO, 2019).

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Figura 5: Di-Octo em fase de estudo pelo escultor cinético Anthony Howe. Fonte: Site Anthony Howe



O potencial de materialidade da obra

Se, na própria natureza, os geólogos reconhecem o fenômeno de erosão eólica, quando os ventos como elementos fluidos e dinâmicos “esculpem” e retiram material sobre as rochas em ação de intemperismo, podendo provocar imagens de grande plasticidade e maleabilidade.

Cabe uma reflexão sobre o potencial de materialidade da obra. A desconstrução ativa e consciente para os pulsos do vento, para além de um fenômeno natural e de reforço de engenharia, pode refletir um viés filosófico incorporado na estética contra o logocentrismo do material, assumindo a discussão entre o cheio e o vazio, como ambos plenamente significativos. O positivo da forma construída significa o negativo do vento. E o positivo do vento o negativo da forma. Essa dicotomia irreverentemente se dinamiza, porque a forma conduz o vento que cobra o espaço em torno para fluir.

Um pensamento interessante pode ser extraído de Blauth (2005) que argumenta sobre a as presenças e ausências de materialidade que, ao mesmo tempo em que conferem a unidade de uma obra, criam ritmo.

Para Blauth (2005, p. 106), o espaço não é neutro, “gera uma interioridade, instaurado sob o signo do vazio, sob o viés do ritmo da ação e da inação, da presença e da ausência”.

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Sogabe (2008, p. 133) refere-se à construção do espaço vazio como sentido ativo na obra, chamando mesmo de “um vazio-cheio, cheio de ar, cheio de átomos, cheio de energia”.

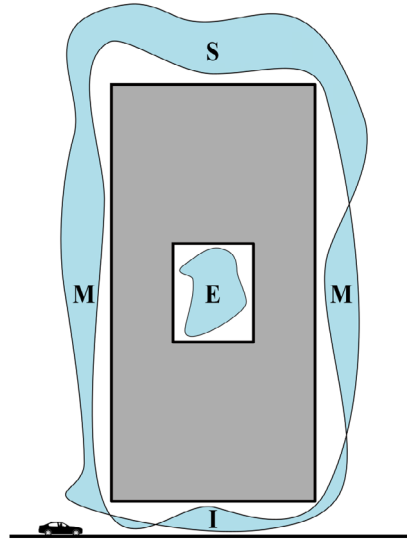
**S - SUPERESPAÇO****M - MESOESPAÇO****E - ENDOESPAÇO****I - INFRAESPAÇO**

Figura 6. Modelo esquemático de espaços aerados ao edifício em elevação. Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Análises da geometria de obras e espaços aerados de obras magistrais

Para compor o ensaio, foram selecionados exemplares emblemáticos introdutórios para serem analisadas as composições adotadas, no sentido de reconhecer a integração da ventilação de elementos construtivos na paisagem urbana. Para a análise, foi proposto um modelo interpretativo que distribui espaços de ventilação em relação ao edifício (Figura 6).

O objeto representa a situação básica para abertura de ventilação com a clássica composição de um edifício em cobertura, corpo e base. O superespaço aerado corresponde à parte de ventilação acima da cobertura. O mesoespaço de ventilação aos entornos das fachadas exteriores que delimitam o corpo e o endoespaço de ventilação ao vazado para as faces internas do corpo. O infraespaço de ventilação remete ao vão da base.

Seguindo a análise para torres emblemáticas, foi considerado que, quanto mais alto um objeto arquitetônico, menor a influência do solo e da rugosidade aerodinâmica. No projeto de torres mais elevadas, faz-se sentir volumetricamente que as velocidades superiores do vento ocorrem em pontos mais elevados e com grandes e perigosos es-

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

forços aerodinâmicos. Frente ao desafio de altas velocidades do ar em áreas de alturas consideráveis, foi levantado o maior exemplar do planeta, de 828 m de altura, o edifício *Burj Khalifa* (2010) de Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, projeto de Skidmore, Owings e Merrill (Figura 7). Para o método de análise, que partiu de uma observação qualitativa comparando a disposição de plantas que ocorrem ao longo da elevação, foi percebida que a composição aerodinâmica apresenta um estreitamento do objeto total, com as plantas diminuindo de volume quanto mais próximo ao topo da obra. A lógica de uma pirâmide com a base no solo, para que suas partes mais estreitas e mais altas não venham a oferecer sérios bloqueios para atuação da ventilação mais forte. Esse partido construtivo representa um forma de compensar o crescimento de velocidade do vento atuando sobre as torres, desafiando a integridade e evitando custos exorbitantes de sua estrutura, se tivesse mais volume material nas partes mais altas.

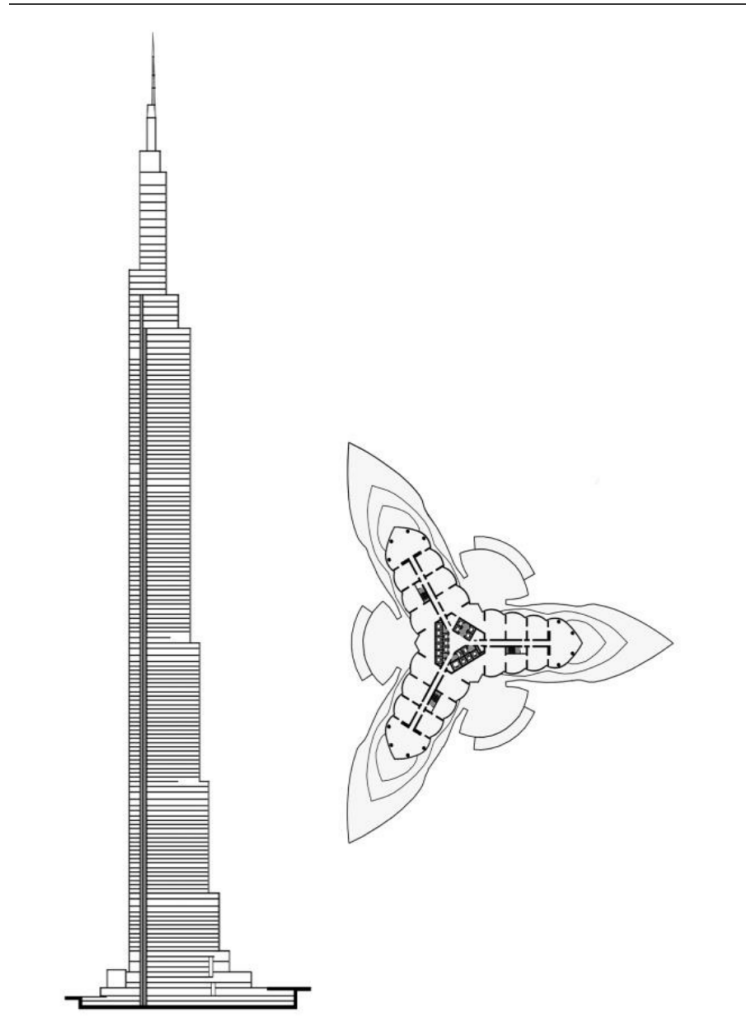


Figura 7. Seção e planta do *Burj Khalifa* do projeto de Skidmore, Owings e Merrill. Fonte: Szolomicki e Golasz-Szolomicka, sob licença Creative Commons (2019).

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Como foi proposto, significa dizer que as ventilações de mesoespaço estão mais espaçadas na medida em que as velocidades se tornam maiores e os fluxos mais altos. Os ventos mais altos do mesoespaço, por não serem obstruídos e dissipados, acabam por beneficiar áreas urbanas restantes. De uma leitura simplificada, em sua elevação, a obra apresenta o mesoespaço se unindo com o superespaço e formando o sinal de circunflexo “^” do vazio ativo para ventilação em volta do prédio.

Para essas grandes alturas, não necessários contraventamentos, que criam novas configurações visuais, para que objetos não se desprendam das fachadas. Além da aerodinâmica considerada, prédios estão se utilizando de instalações para produção energética que inclusive pode alterar a concepção de sua própria forma.

O próximo exemplar analisado, o edifício do *Bahrain World Trade Center* em Manama, Bahrein, no Oriente Médio, ostenta 240 m, foi idealizado por um grupo londrino, WS Atkins, onde utiliza aerogeradores integrados ao conjunto dos dois blocos (Figura 8).

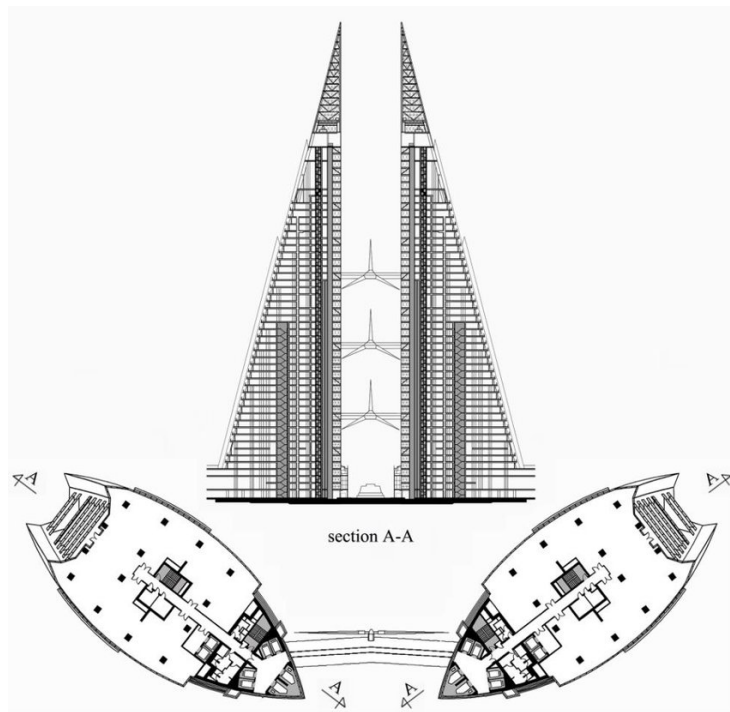


Figura 8. Seção e planta do *World Trade Center* do projeto de WS Atkins. Fonte: Szolomicki e Golasz-Szolomicka, sob licença *Creative Commons* (2019).

Também, para esse modelo, ocorreu a diminuição de volumes de planta no sentido da subida, com o estreitamento da massa e aumento do mesoespaço quanto mais ao topo. Mas o destaque da análise da instalação consiste na exploração intencional do endoespaço significativo na composição. O espaçamento central entre os blocos pode constitui um *insight* geométrico excelente, porque além de direcionar o vento para as hélices internas, contribuiu para canalizar parte do fluxo para a cidade. Simplificadamente, há o mesoespaço, o endoespaço e o superespaço em união compondo a letra “M” como espaços vazios envolvendo a obra.

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Segundo Bobrova (2015), na Europa, há extensas centrais eólicas para consumo energético no meio urbano que, no entanto, não conseguem atender às cidades com a carga de energia necessária para a população. Diante desse quadro, a incorporação de soluções de energia na própria interioridade do corpo do edifício tem sido uma iniciativa reconhecida de eficiência energética, não somente no continente europeu, mas no mundo inteiro, para desonerar as centrais eólicas.

No detalhe, as hélices representam a sinonímia entre a materialidade e a imaterialidade, o jogo cinético, a interface entre o cheio e vazio no encontro mais amalgamado dessas fronteiras. O material que se move em todo corpo com o vento. Em relação às peças de abertas a fechadas, entre os cheios e vazios híbridos que se alternam das faces de um edifício, como portas, janelas e claraboias, podem constituir soluções para aproveitar os campos de ventilação para o interior da edificação como elementos do contorno dos espaços de vento.

Comparando-se com as “luzes” do vento, essas duas obras possuem mais “luz” de vento quanto mais ao topo, com as “sombras” de vento à base. Na segunda obra referenciada, há também a penetração da “luz” de vento no interior, tendo as turbinas mais em seu core, por serem cinéticas, como produtoras de “cintilações” de vento.

O ensaio percorreu as camadas da arquitetura, do tratamento bioclimático e do potencial de materialidade. A arquitetura não necessariamente implica soluções bioclimáticas. A desconstrução consciente pode alcançar objetos de arte que não signifiquem a arquitetura. Pode haver a desconstrução pela desconstrução, sem captar um sentido ambiental de captação de ventos e sem qualquer intenção estética. No entanto, em situações mais ideais, pode haver a interseção de sentidos com a relação harmônica entre esses lugares de significados para a arquitetura.

As análises de composições dos exemplares interpretados apontaram as geometrias materiais e imateriais orientadas que resultaram em trabalhos de espaços aerados, como estreitamentos, espaçamentos, vazados e elementos cinéticos como estratégias compositivas que, ao favorecer espaços ventilados, tornaram-se mais responsivos para o sentido bioclimático. A desconstrução assumiu nessa pesquisa um importante papel na composição da análise das formas por ser um significativo espaço para proporcionar interação com o vento.

Assim como as obras dos escultores cinéticos que orientam a energia de sua arte pela natureza do vento, as exteriorizações urbanas e manifestações arquitetônicas, das grandes às mais simples obras, devem promover estímulos para favorecer composições criativas e maleáveis de instalações de espaços de ventilação, estando as formas construídas e desconstruídas da arquitetura com a possibilidade de se beneficiarem com a tecnologia e a ciência do vento.

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PGTA/UFMS (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de produtividade em pesquisa de A. C. Paranhos Filho (CNPq Processo 305013/2018-1). O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil.

Referências

- Acoustic Wind Pavilion | Aeolus by Luke Jerram. Disponível em <https://www.lukejerram.com/aeolus/>. Acesso em: 25/02/2022.
- AMORIM, Margarete C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. *Mercator: Revista de Geografia da UFC*, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 71-90, 2010.
- Anthony Howe. Disponível em: <https://www.howearth.net/>. Acesso em: 25/02/2022.
- BELANTARA, Amanda; DRUMM, Ian. Touring a singing sculpture to promote acoustics. *Acoustics 2012*, Apr 2012, Nantes, France.
- BLAUTH, Lurdi. Ativar o vazio/cheio numa produção gráfica pessoal. *PORTO ARTE: Revista de Artes Visuais*, v. 13, n. 23, 2005.
- BOBROVA, Darya. Building-integrated wind turbines in the aspect of architectural shaping. *Procedia engineering*, Amsterdam, v. 117, p. 404-410, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.185>
- CAETANO, Murilo Mattei. *A gênese dos Strandbeests: alguns aspectos sobre os limites entre organismos e máquinas*. 2019. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- CAO, Yang. Artistic Characteristics of Dynamic Interaction Sculpture Design. In: *1st International Symposium on Innovation and Education, Law and Social Sciences (IELSS 2019)*. Atlantis Press, 2019. p. 378-382.
- CHRONIS, Angelos; LIAPI, Katherine; SIBETHEROS, Iohannis. A parametric approach to the bioclimatic design of large scale projects: The case of a student housing complex. *Automation in construction*, Amsterdam, v. 22, p. 24-35, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.09.007>
- CÓSTOLA, Daniel. *Ventilação por ação do vento no edifício: procedimentos para quantificação*. 235p. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- EASTLAKE, Charles N., DAHMEN Sílvio Renato. A visão de um engenheiro aeronáutico acerca da sustentação, Bernoulli e Newton. *Física na escola*. São Paulo, Vol. 7, n. 2, p. 52-57, 2006.
- FROTA, Anésia B.; SCHIFFER, Sueli. *Manual de conforto térmico*. 5. ed. São Paulo: Nobel. 2001.
- KORMANÍKOVÁ, Lenka et al. Parametric wind design. Licensed under Creative Commons. *Frontiers of Architectural Research*, v. 7, n. 3, p. 383-394, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.06.005>

PORTO ARTE



Revista de Artes Visuais

v.26 n.46
Jul/Dez 2021
e-ISSN: 2179-8001

- NGUYEN, Anh-Tuan; REITER, Sigrid; RIGO Philippe. A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis. *Applied Energy*, Amsterdam, v. 113, p. 1043-1058, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.061>
- OLGYAY, Victor. *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism-new and expanded edition*. Princeton University Press, 2015. Kindle Edition.
- SOGABE, Milton. O espaço das instalações de arte. *ARTECH 2008*, p. 129, 2008.
- STAVRIDOU, Anastasia D. Breathing architecture: Conceptual architectural design based on the investigation into the natural ventilation of buildings. *Frontiers of Architectural Research*, v. 4, n. 2, p. 127-145, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2015.03.001>
- Strandbeest: Home*. Disponível em: <https://www.strandbeest.com>. Acesso em: 25/02/2022.
- SZOLOMICKI, Jerzy; GOLASZ-SZOLOMICKA, Hanna. Licensed under Creative Commons. Technological Advances and Trends in Modern High-Rise Buildings. *Buildings*, Basel, v. 9, n. 9, p. 193, 2019. Licença de Creative Commons. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings9090193>



Texto recebido em: 13/nov/2021
Texto aceito em: 20/dez/2021

Arthur Emmanuel de Medeiros Nóbrega

Doutorando. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande.

Antonio Conceição Paranhos Filho

Professor Doutor. Livre Docente. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande.

Como citar: NÓBREGA, Arthur Emmanuel de Medeiros; PARANHOS FILHO, Antonio Conceição. Obras verticais magistrais: a composição desmaterializada de espaços aerados. *PORTO ARTE: Revista de Artes Visuais*, Porto Alegre, RS, v. 26, n. 46, jul-dez. 2021. ISSN 2179-8001.

Doi:<https://doi.org/10.22456/2179-8001.120007>.
