

## MUDANÇAS DOS SIGNOS UTILIZADOS NA MEDIAÇÃO ANALÓGICA PARA A DIGITAL, NO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA DE ACHIM MENGES.

## MUDANZAS DE LOS SIGNOS UTILIZADOS DESDE LOS MEDIOS ANALOGICOS PARA LOS DIGITALES EN EL PROCESO PROYECTIVO DE ARQUITECTURA DE ACHIM MENGUES.

Julián Danilo Vargas CUBILLOS  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
UFMS – Campo Grande (MS)

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eluiza Bortolotto GHIZZI  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Professora (Associada) da UFMS, Campo Grande (MS)

**RESUMO.** O presente artigo relaciona os conceitos da Semiótica de Charles Sanders Peirce com o estudo dos processos projetivos em arquitetura, tomando como foco o projeto do arquiteto Achim Menges. Entende-se que, na disciplina da arquitetura, comumente utilizam-se diagramas com a intenção de representar as características formais (visuais) do projeto arquitetônico que será executado. São usados os bidimensionais, como os desenhos e planos na tela do computador, ou tridimensionais, como maquetes físicas. Neste aspecto, os meios digitais com procedimentos de parametrização, distintivamente, propõem uma abordagem que prioriza a representação do projeto por meio de informações de natureza diferente, uma vez que funções e dados numéricos são utilizados como alicerce do significado. Este estudo considera a hipótese de que, com base neles, a representação passa a existir como consequência de um processo de raciocínio também distinto. Os novos diagramas são gerados com propriedades especiais e surge a necessidade de estudá-los, o que este estudo propõe fazer, considerando as mudanças nas suas características icônicas, indiciais e simbólicas. Para isso, este artigo explora a distinção entre os dois modos de representação (paramétricas e não-paramétrica), por meio de considerações sobre as características dos signos envolvidos no processo do arquiteto Achim Menges no projeto *Research Pavilion 2010*, desenvolvido conjuntamente com o *Institute for Computational Design (ICD)* e o *Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE)*, que é um exemplo de como o digital transforma o modo cotidiano do trabalho do arquiteto. Este estudo aplica a semiótica de Charles Sanders Peirce, a gramática especulativa e a lógica crítica, com o intuito de evidenciar que as representações evoluíram para incorporar outras inteligências que modificam sua substância, atenuando o interesse do meramente visual.

**Palavras-chave:** Semiótica, Arquitetura, Mediação digital.

**RESUMEN.** Este artículo relaciona los conceptos de la semiótica de Charles Sanders Peirce, con el estudio del proceso proyectivo en arquitectura, teniendo como referencia el proyecto del arquitecto Achim Menges. Se entiende que, en la disciplina de la arquitectura, se utilizan comúnmente diagramas con la intención de representar las características formales (visuales) de un proyecto arquitectónico que será ejecutado. Son utilizados medios bidimensionales, como los diseños y planos en la pantalla del computador o tridimensionales como las maquetas físicas. Sobre este aspecto, la mediación digital con procedimientos de parametrización, distintivamente, propone una aproximación que coloca en principio la representación del proyecto por medio de información, una vez que las funciones y los datos numéricos son utilizados como cimiento del significado. Este estudio considera la hipótesis que, con base en la información, la representación existe como consecuencia de un proceso de razonamiento diferente. Los nuevos diagramas son generados con propiedades especiales y surge la necesidad de estudiarlos, considerando las variaciones en sus características icónicas, indiciales y simbólicas. Para eso, este artículo explora la distinción entre estos dos modos de representación (paramétricos y no paramétricos), por medio de las consideraciones sobre las características de los signos envueltos en el proceso del arquitecto Achim Menges en el proyecto , desarrollado

conjuntamente con el *Institute for Computational Design (ICD)* e o *Institute of Building Structures and structural Design (ITKE)*, dado que es un ejemplo de cómo lo digital transforma el modo cotidiano de trabajo del arquitecto. Este estudio aplica la semiótica de Charles Sanders Peirce, la gramática especulativa y la lógica crítica, con el fin de evidenciar que las representaciones han evolucionado para integrar otras inteligencias que modifican su substancia, atenuando el interés de lo meramente visual.

**Palabras-Clave:** Semiótica, Arquitectura, Medios digitales.

## O processo de projeto

Entende-se que na disciplina da arquitetura, comumente, são criados distintos signos com qualidades particulares, com a intenção de dar conta da natureza do projeto arquitetônico; alguns, já tradicionais no processo analógico e adotados pelo digital, são de natureza bidimensional, como os desenhos e croquis, ou tridimensional, como as maquetes físicas. Enquanto esses têm a função de representar, predominantemente, a aparência e as relações entre as partes do que será executado, processos digitais mais recentes adotam outros signos, com a intenção de dar conta da parametrização e da performance. Assim, tomando como referência o projeto do *Research Pavilion 2010*, desenvolvido pelo arquiteto Achim Menges, conjuntamente com o *Institute for Computational Design (ICD)* e o *Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE)*, discute-se o processo de projeto baseado na distinção destes modos de representação, por meio de considerações sobre as características dos signos envolvidos.

O processo de elaboração de projeto do *Research Pavilion 2010* é diferenciado em relação aos tradicionais, uma vez que coloca os parâmetros de elasticidade do material, o design computacional e a fabricação digital, como eixo principal para desenvolver a forma e estrutura final, diferenciando-se de outras metodologias, que colocam como eixo principal resolver a forma e o espaço, por meio dos desenhos bidimensionais em planta, deixando para *posteriori* as decisões quanto aos materiais e sua fabricação. Diferenciadamente, a abordagem que combina o material e a performance desde o início necessita considerar diferentes fatores para responder a pergunta sugerida: quais tipos de formas respondem adequadamente ao comportamento do material? Até mesmo o modo de aproximação do projeto aos experimentos com o material e a performance muda, dado que as representações digitais destes no projeto têm um alto grau de aproximação da realidade, uma vez que as simulações computacionais são quase idênticas ao comportamento físico-gravitacional desses materiais, em muitos parâmetros definíveis. No caso do *Research Pavilion 2010*, por

meio de simulação digital, uma placa de madeira laminada de Bétula<sup>1</sup> de 6,5 mm é submetida a forças de flexão, colocando em questão seu comportamento elástico. Ambos os fenômenos, entendidos como a simulação digital e o que seria um experimento físico em condições equivalentes, participam de certo contínuo de ideias conformadas pelo objetivo intrínseco, que pode ser o estudo da flexibilidade, e pela possibilidade que a tecnologia oferece, conjuntamente com a ciência, de modelar digitalmente a realidade e experimentar, com alto grau de aproximação, seu comportamento diante de parâmetros variáveis.

Não é nosso interesse neste artigo definir ou aplicar as funções matemáticas de flexão ou elasticidade propriamente, mas ter consciência de que são definições e premissas que servem para ‘representar’, por meio de relações tanto simbólicas (o conjunto de regras que orienta os experimentos no meio digital é o mesmo que orientaria no meio físico-gravitacional), quanto de similaridade (a interface do experimento simulado digitalmente é similar à aparência que um experimento equivalente teria na realidade), um fenômeno da ordem do comportamento. Em outras palavras, uma vez definidas, essas funções matemáticas são traduzidas para a linguagem numérica (digital) e, também, para a geométrica, gerando uma interface na tela bidimensional do computador, que é semelhante às representações mais tradicionais de arquitetura, com as quais os arquitetos são familiarizados; produzem, portanto, outro tipo de signo, que é similar na aparência àquilo que vemos fora da tela do computador, ao mesmo tempo em que responde às mesmas regras gerais. Neste sentido, tornam-se modelos computacionais da realidade e contribuem para expandir a nossa relação fenomênica com a realidade físico-gravitacional, introduzindo no processo um mediador que permite simular<sup>2</sup> e prever o comportamento de um dado material diante de inúmeras variações as quais, por exemplo, podem estar envolvidas na construção de um projeto arquitetônico.

Continuando com o paralelo entre a academia tradicional e paramétrica, entende-se que o desenho bidimensional (com representações tipo 2D e 3D) aproxima as fases iniciais da elaboração de um projeto de arquitetura das concepções de espaço do arquiteto. Os croquis, na medida em que funcionam por relações de semelhança, ou

---

<sup>1</sup> As fontes se referem à madeira de ‘bétula’, sem especificar a classificação taxonômica.

<sup>2</sup> Entende-se a simulação como um método para estudar o desempenho por meio de um modelo matemático, experimentar e aprender; assim, é uma técnica muito antiga. Só na atualidade, com as contribuições do método Monte Carlo (1940) e o advento da computação, a simulação começou a ser utilizada em diversas áreas do conhecimento. (GAVIRIA, 2003, p.59).

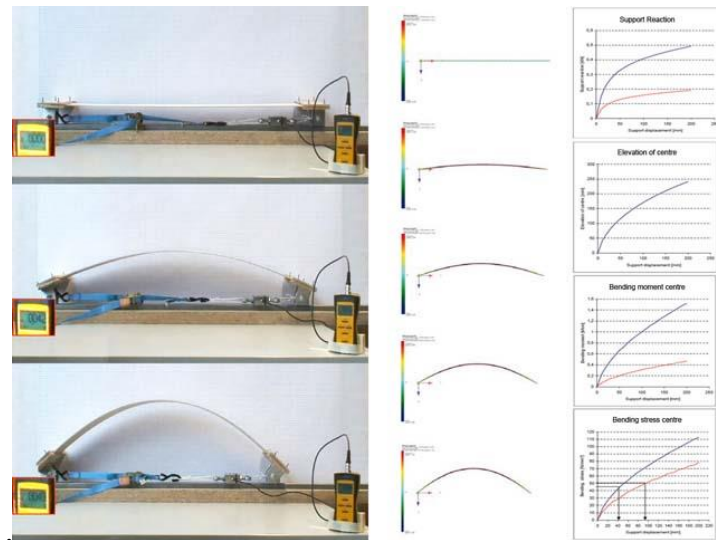
icônicas, estimulam fluxos de continuidade entre (1) as experiências do arquiteto com os espaços em geral, (2) o que ele desenvolve por meio do desenho em cada projeto e (3) as formas finais dos edifícios. O que quer dizer que aqueles primeiros traços do processo criativo do arquiteto interpretam as questões de projeto, essencialmente, por meio de uma relação entre (1) essas questões que ele vai interpretando na forma de croquis, (2) a experiência do arquiteto com questões similares e (3) a estrutura final projetada e que será construída. Após estes desenhos iniciais, os croquis, o projeto se desenvolve em desenhos normatizados para representar com exatidão as formas nas suas dimensões (altura, largura, profundidade) e as relações proporcionais; estes têm como apoio outras convenções gráficas, que funcionam por relações indiciais internas, como as setas e textos que mostram uma ou outra característica particular. Em alguns casos, o que estava previsto no croqui varia de forma, tamanho, escala, mas suas características gerais tendem a permanecer no decorrer do projeto.

Uma análise de outros aspectos dos projetos com os quais se trabalha tradicionalmente ajuda a ilustrar seu funcionamento. As relações de semelhança acontecem também internamente ao projeto, como no caso dos desenhos normatizados que são apresentados em uma escala maior em relação à do projeto como um todo (ou seja, os detalhes); estes estabelecem relações por semelhança que são internas ao projeto, uma vez que aquilo que é desenhado refere-se, em primeiro lugar, a uma parte do próprio projeto. Há também, no projeto, outros signos gráficos que funcionam inicialmente para as relações internas, mas cuja função se estende para as externas, como no caso dos signos como *setas*, *nível*, *norte* etc. Estes últimos são símbolos, na medida em que funcionam com base em acordos já desenvolvidos no decorrer do tempo e aceitos numa comunidade (no caso de arquitetos, engenheiros etc.), em que aquelas figuras são entendidas como portadoras de sentidos. Conservam também relações indiciais internas, uma vez que sua localização no projeto indica qual parte deverá respeitar esse nível, e externas, já que aponta, ao mesmo tempo, para o espaço físico-gravitacional da futura construção, em relação ao qual essa informação fará sentido novamente.

Mesmo quando se consideram as maquetes físicas, deve-se reconhecer que elas usualmente não empregam o material que será utilizado na construção final; elas só permitem sugerir a aparência dele, isto porque nas maquetes físicas orientadas pela academia tradicional são utilizados materiais, como papelão, cartão canelado, cola, folhas de papel, madeira balsa, uma madeira muito leve. É possível distinguir dois tipos

de maquetes físicas, aquela que funciona na criação experimental durante o processo de projeto, e outra, que é a conclusão do trabalho e funciona para representar e indicar o que será construído. Na primeira, não existe o cuidado aos detalhes, pois apresenta unicamente alguns estágios da intenção do projetista, que podem ser aproximações do volume exterior, do espaço, da distribuição do programa de necessidades ou a definição dos elementos abertos e fechados. No segundo tipo de maquete, cuida-se dos detalhes construtivos e da escala, pois representa os elementos definidos para a construção do projeto; assim, a maquete mostra elementos mais ‘tangíveis’ ao raciocínio, como são divisórias, janelas, tetos, colunas, vigas e outros elementos arquitetônicos. A respeito da maquete experimental, pode-se dizer que funciona, principalmente, com raciocínios do tipo adutivo, dado que caracteriza processos cujo grau de liberdade é alto; ele busca obter uma proposição meramente possível, dadas certas similaridades, sem verificar suas consequências para a realidade. Neste caso, interessam as possíveis relações entre as vedações e aberturas; sendo assim, como resultado deste raciocínio, surge a maquete meramente como possibilidade do que será construído. Estes tipos de maquete física vão além dos desenhos, na medida em que se oferecem à experiência de modo mais concreto e ajudam a resolver temas de espacialidade, forma e função, mas seu limite metodológico radica, por exemplo, na restrição de possibilidades para conseguir entender o comportamento do material na edificação no tamanho real e a carência para perceber como é o espaço ao interior.

No caso do pavilhão, que abdica da rotina tradicional de projeto e vai trabalhar com base no design paramétrico, uma das etapas inclui as primeiras análises do material. Estas simulam digitalmente uma experiência com uma lâmina de bétula que está sendo submetida à flexão por uma máquina que foi designada para isso, como dá para perceber na *Figura 01*. O equipamento mede a resistência do material a ser comprimido em seus extremos e, com as medições, são gerados gráficos (coluna central da *Figura 01*) com as relações numéricas destas medições. Este estudo mostra a elevação do centro, o momento de dobra no centro e o centro de tensão da flexão, porém não tem interesse em manifestar características arquitetônicas do espaço, como forma ou escala do projeto.



*Figura 1. Análises e experimentos com material<sup>3</sup>*

Leem-se os diagramas que mostram o registro da análise (ao centro e à direita, na *Figura 01*) com base no nosso conhecimento de *símbolos* da ciência, ou seja, a amostragem do experimento está organizada em uma linguagem conhecida e, uma vez que se conheçam os códigos, acessa-se o significado. Mas, o que torna esse registro relevante e diferente do que é usado em processos tradicionais de projeto é o fato de que a informação representada decorre daquilo que o experimento está indicando sobre a realidade. A partir do experimento, passo a passo, em cada uma das três etapas retratadas, está-se testando a resistência e os limites de elasticidade em um material específico. São signos indiciais da realidade que permitem as proposições (ou interpretantes *dicentes*, nos termos da lógica peirciana), que afirmam ou negam algo sobre a resistência à flexão do material, conforme se vão percorrendo os critérios de análise. Há aí um caráter de verdade que permite, em uma etapa seguinte, tomar esse experimento como uma amostragem de uma regra, induzindo o raciocínio a considerar que o que é verificado nesse caso é geral a todas as aplicações do material testado. As imagens e gráficos registram o experimento e indicam o comportamento do material apenas naquele momento de compressão testado, mas o resultado do experimento funciona por amostragem, permitindo relacionar as informações parciais em um raciocínio que vai do particular para o geral e que chamamos de indutivo. O objeto desse signo chamado *experimento* é o comportamento do material no tempo e segundo determinadas condições, seu interpretante é a síntese conclusiva desse comportamento,

<sup>3</sup> Physical / digital test of elastic plywood bending behaviour. (FLEISCHMANN, LIENHARD, MENGES, 2011, p.762).

que tem validade para outros casos não testados, mas que se sabe que irão se comportar de modo semelhante.

O que acontece neste caso é que as informações parciais, funções e dados numéricos, bem como sua síntese, geram significados que são a base lógica pela qual o projeto arquitetônico é desenvolvido. Uma vez que se conhecem quais são as curvaturas próprias do material e seus pontos máximos de elasticidade, pode-se pensar em utilizar esta informação como parte das considerações para a geração de formas arquitetônicas. Partindo do que foi possível concluir sobre a resistência à flexão do material, pode-se trabalhar por meio de deduções lógicas e configurar outros tipos de forma além daquela que foi descrita no experimento. Em outras palavras, a informação geral (regra ou norma) que agora é conhecida, começa a fornecer alternativas para novos usos; estas alternativas posteriores partem da aceitação da norma como uma premissa geral que, logicamente associada a casos particulares (configurações formais usando o mesmo tipo de material testado), permite não apenas prever seu comportamento quanto à resistência à flexão, mas compreender se a forma escolhida é apropriada e faz bom uso das propriedades desse material.



*Figura 2. Pavilhão visto no interior.*<sup>4</sup>

No ensino tradicional de arquitetura, quando a forma é definida por croquis ou maquetes, considera-se também que o arquiteto é orientado por certas decisões sobre o material, contudo usualmente ele decide usar um material cujas possibilidades formais conhece por meio de uma prática já estabelecida, como é o caso da alvenaria de tijolos e

---

<sup>4</sup> Interior view of prototype structure. (FLEISCHMANN, LIENHARD, MENGES, 2011, p.761.)

do concreto. Nesse caso, tais possibilidades limitam suas escolhas formais. E, em alguns casos, apenas posteriormente são estudadas alternativas de materiais que sejam adaptadas à forma, num processo ‘top-down’. Além de deixar muitas das considerações relativas ao material na dependência das definições de forma, algumas dessas decisões são tomadas quando o projeto está sob responsabilidade de um engenheiro. Em qualquer caso, porém, o mais comum é que ambos tomem decisões com base em conhecimentos já consolidados e não de conhecimentos novos, adquiridos durante o processo de projeto. Assim, predomina uma lógica em que as questões de forma e distribuição são primeiramente elaboradas pelo uso de recursos como croquis ou maquetes e, posteriormente, definem-se os detalhes dos materiais e acabamentos. Reconhece-se aqui que esta alternativa é ainda bastante favorável para a profissão, contudo, não é o único processo válido nem o mais adequado para todos os casos.

Como queremos evidenciar, a característica da abordagem do projeto exemplificada pelo Pavilhão aqui analisado é que as questões relativas ao material são baseadas em um conhecimento atualizado no processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico — e confiável cientificamente — do comportamento físico e das restrições e possibilidades do processo de fabricação de determinados materiais com os quais se decide trabalhar, desde as fases iniciais do projeto; isso implica em uma lógica distinta, na qual se definem os parâmetros relativos ao material - dimensões, propriedades físicas, restrições de corte, fabricação, transporte e montagem -, assim como, no design, parâmetros como curvaturas aceitáveis, área de limite da forma, configurações de encaixe e localização, que permitem variar sistemicamente o resultado, dependendo dos ‘inputs’, ou seja, da informação fornecida no sistema de processamento de dados<sup>5</sup>. De tal modo que, se é modificada, por exemplo, uma informação a respeito das dimensões do material, o resultado final é alterado. Embora sua lógica resulte também linear, pois estrutura-se passo a passo o percurso e as restrições e alterações, o processo aceita intervenções que modificam essa linearidade, tanto de novas regras como de outros dados na base do projeto, alterando a sequência do conjunto geral.

É importante dizer que a mediação digital vai além de simplesmente extrapolar a mediação analógica tradicional. Por exemplo, uma linha desenhada analogicamente não pode incluir informações tais que possam simular o comportamento da gravitação,

---

<sup>5</sup> Do inglês “information fed into a data processing system or computer”, segundo o dicionário virtual Merriam Webster. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/input>. Acesso em maio 2017.



diferentemente de uma linha programada no computador, que pode incluir esse e outros comportamentos. Embora antes da chegada da computação fosse possível simular este tipo de comportamento utilizando cálculo mental, não seria possível fazê-lo nem com a rapidez, nem com tal propensão à mudança como mostram as tecnologias atuais, sendo esta, talvez, sua maior vantagem. A inclusão da computação historicamente tem servido, segundo Fernandes (2007), para representar visualmente o edifício, posteriormente, na criação de estudos para viabilizar a edificação e, finalmente, para aproveitar as virtudes tecnológicas. Contudo, embora se possam fornecer informações, como contexto urbano, arquivos com desenhos ou blocos, virtualização espacial, faturação e programação, as características do material e sua fabricação foram vinculadas só de forma ocasional, possivelmente, devido à insuficiência de conhecimento dos arquitetos sobre a engenharia. Segundo o autor do pavilhão, existe predominância de técnicas de representação orientadas ao desenvolvimento geométrico, assim como condicionamento do pensamento a partir do software CAD; e, embora tenham surgido abordagens de projetos diferenciados, que tentam se desvincular destas condicionantes, “a materialidade ainda é concebida como uma propriedade passiva da forma e a materialização é entendida como subordinada à criação da forma.” (MENGES, 2012, p. 21, tradução nossa<sup>6</sup>). O que ele propõe, neste caso, é uma alternativa apoiada no digital e nos processos de fabricação robotizada para colocar a forma e o material num processo sistêmico e paralelo.

Consequentemente, para incorporar um novo tipo de lógica ao processo de projeto, baseou-se no entendimento do material e da computação fundamentada em mediação e fabricação digital, e desenvolveu-se o ICD/ITKE *Research Pavilion 2010*, selecionando madeira compensada e estruturas com curvatura elástica (*elastically-bent structure*), usualmente pouco recomendadas na construção civil, devido à dificuldade de se fazer uma aproximação precisa em termos de conhecimento do comportamento material e da sua conhecida propensão à quebra. Com os estudos de design paramétrico, porém, verificou-se que, sob certos aspectos, é possível incrementar sua estabilidade. Do mesmo modo, o autor evidencia que os materiais submetidos às forças de flexão não são concebidos como eixo delimitador dos projetos, devido à falta de metodologias e recomendações práticas que possam atingir a especificidade do material sem restringir a possibilidade exploratória. Alguns referentes que usam estruturas com curvatura elástica

---

<sup>6</sup> Do inglês: “Materiality is still conceived as a passive property of shape and materialization understood as subordinate to the creation of form.” (MENGES, 2012, p.21).

são as casas comunais vernáculas ‘mudhif’ feitas pelos árabes dos pântanos ou Maadans, assim como as arquiteturas ‘form finding’ de Frei Otto. Outro exemplo não afastado, que utiliza a experimentação com o material para enriquecer o processo de projeto são os ‘Vorkurs’ de Josef Albers. Para contribuir com a falta de estudos de estruturas com curvatura elástica, é necessário integrar o design computacional, dado que este permite codificar as características do mundo físico, representar estruturas e simular aspectos da física.

O design computacional refere ao modo de programar um determinado componente com o fim de solucionar um problema, existindo por um lado aquele que se dirige à programação da máquina, que determina os processos que a máquina deve realizar e, por outro, aquele que se refere à computação do material, que é o entendimento e descrição das características próprias do material, para posterior inclusão na linguagem da máquina. No processo de design, a sobreposição entre computação da máquina e computação do material ainda não é explorada. Segundo Mengues, não é utilizado “o território no qual a computação da máquina e a computação do material potencialmente se sobrepõem, eles não simplesmente coexistem, mas interagem intensamente no processo de design” (MENGES, 2012, p.21, tradução nossa<sup>7</sup>). O autor defende sua análise atribuindo valores à sobreposição destes dois elementos, isto é, a programação tanto dos computadores, quanto as características físicas do material, orientada para solucionar um problema arquitetônico, agregando uma abordagem diferenciada, que não só contribui para o estudo de estruturas de curvatura elástica, mas para a utilização da mediação digital.

O resultado é uma abordagem distinta porque o processo de *design* entre as primeiras propostas de projeto e fabricação acontece paralelamente. Consequentemente, ao conhecer as determinantes do material e abstrair os recursos necessários, pode-se aplicar esse conhecimento e traduzir as premissas para um modelo matemático-geométrico escrito na linguagem da máquina. Neste processo, tomam-se as regras paramétricas do início e adicionam-se os parâmetros produzidos ‘Output’<sup>8</sup> dos experimentos, a fim de criar na tela do computador a simulação das forças que

---

<sup>7</sup> Do inglês: “What is more rarely explored, though, is the territory where machine computation and material computation potentially overlap, where they not simply co-exist but intensely interact in the design process”. (MENGES, 2012, p.21).

<sup>8</sup> Do inglês “1: something produced. 1:b power or energy produced or delivered by a machine or system”, segundo o dicionário virtual Merriam Webster. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/input>. Acesso em maio 2017.

interagem fisicamente, ainda que nem todas as forças possam ser conhecidas previamente. A simulação é feita distribuindo as faixas de madeira num plano, colocando os pontos de junção e determinando quais são os pontos que vão gerar um arqueamento das peças, mas não simplesmente deslocando-os de maneira linear; o que se faz é utilizar cabos que, num processo iterativo, puxam os cantos das peças para o centro. Durante a simulação, seleciona-se aquela forma que gera o menor estresse no material e tem maior grão de estabilidade na estrutura.

No processo digital é criado um modelo central que é composto em duas partes, o modelo paramétrico com informação dos experimentos e o geométrico. Evidencia-se que é deduzido o modelo geométrico partindo de premissas paramétricas, e criaram-se as superfícies análogas às tabuas que serão utilizadas. Este signo, o modelo geométrico resultante, leva consigo os raciocínios induzidos nos experimentos e surge de deduções a partir das premissas mais gerais, que particularizam uma solução por necessidade, ou seja, a forma final resultante destes parâmetros definidos leva necessariamente a pensar que a forma conterá parte deles, sem ser uma única opção plausível neste raciocínio.

Uma das análises apoiadas pela computação são as análises FEM, ou *finite element method*, as quais funcionam dividindo um problema maior em pequenas partes, ou em elementos finitos, para assim resolvê-los de forma eficaz. Uma das suas aplicações é na análise estrutural, tomando em conta o deslocamento dos elementos por forças externas a ele, como a gravidade e os ventos, e por forças internas específicas do material, como densidade, elasticidade etc. Resultam do FEM dados de menor e maior grau de deslocamento, traduzidos numa gráfica usualmente com gama de cores desde o azul até o vermelho. Estes tipos de análises são próprios da engenharia aeronáutica e civil, mas não fazem parte da área específica de atuação dos arquitetos, ficando restritos nas possibilidades criativas na solução dos problemas formais, embora existam muitos softwares atualmente que facilitem sua aplicação.

O *design* do pavilhão final foi avaliado numa forma de concha toroide, que funciona adequadamente para as propriedades do material. Pensando na estabilidade, a estrutura intercala regiões de tensão, colocando as junções em distâncias variáveis e, ao mesmo tempo, montando as lâminas em direções opostas. Uma vez estabelecido o modelo computacional geométrico, a informação é organizada para a linguagem de um robô de 6 eixos, através de coordenadas de localização e rotação. As peças de madeira são cortadas exatamente como foi programado e o resultado são 500 lâminas de madeira

únicas, que criam um espaço amplo e funcional. Ratifica-se que foram criados diferentes processos na busca da otimização das necessidades a cada fase do projeto.

Notavelmente, os métodos de simulação com meios digitais e a abordagem orientada para o material e para as propriedades físicas mostram que na arquitetura sua utilização é muito ampla e pouco desenvolvida, diferem dos meios tradicionais e analógicos, que não permitem nem a velocidade nem o grau de mudança durante o processo, como se intencionou mostrar. A mediação digital, os códigos e cada uns desses signos evoluídos carregam signos que extrapolam a noção clássica do que se entende por processo em arquitetura; embora saibamos que os princípios da arquitetura, como conforto, habitat, entorno e materialidade não diferem de um processo para o outro, a abordagem do processo pode variar, dependendo dos aspectos paramétricos que são introduzidos. De fato, alguns destes processos gerais, descritos por raciocínios indutivos baseados em índices e em símbolos, podem ser posteriormente utilizados em processos particulares, aproveitando o raciocínio dedutivo, que leva necessariamente para alguns aspectos, e que carregam consigo as premissas do raciocínio anterior, de tal modo, que são descritos mecanismos possíveis à reprodução e utilizáveis em outra circunstância, conforme estejam de acordo com os parâmetros iniciais. É o caso de reconhecer para a bétula, alguns parâmetros de dobra e utilizar estes resultados para modificar outras lâminas de bétula das mesmas características. Também, é importante ressaltar que o computador não trabalha isolado e é necessário tanto descrever como atuará com os dados, através da computação da máquina, quanto oferecer os inputs que geraram um tipo de conclusão. Neste ponto, atenua-se o interesse pelo meramente visual, como nos casos das representações ou desenhos baseados em relações icônicas ou de semelhança, e fortalece-se o estudo dos modelos e descrições matemáticas, que atingem relações simbólicas e gerais. Isto não quer dizer, evidentemente, que se deva optar por um ou outro modo de representação, mas entender como eles complementam-se no pensamento.

## **Conclusão**

Neste artigo buscou-se uma aproximação entre a arquitetura e os estudos da semiótica peirciana, na gramática especulativa e na lógica crítica, com o intuito de evidenciar que as representações tradicionais e históricas da arquitetura evoluíram para incorporar outras inteligências que modificam sua substância. Assim, conclui-se que alguns signos corriqueiros evidenciados em modos de representação, como croquis,

maquetes físicas ou digitais, não permitem desenvolver simulações físicas, por exemplo, do entorno ou do material, tal como essas são disponibilizadas por algumas tecnologias digitais contemporâneas. Conclui-se, a grandes rasgos, que, no caso dos desenhos bidimensionais em planta e modelos físicos da academia tradicional, o funcionamento é em maior medida por relações indiciais baseadas em relações de semelhança que aqueles traços têm com aquilo que representam. Por outro lado, parece ser que as simulações mediadas pela computação com a intenção de acessar os comportamentos físicos dos materiais, funcionam em maior medida por relações simbólicas, ao induzir um entendimento geral dos fatos que acontecem, para posterior aplicação direta em espacialidades congruentes a esse raciocínio. Reconhecemos, assim, uma certa evolução nos signos utilizados pelo arquiteto. Finalmente, a computação é parte fundamental neste processo, embora os elementos que são trabalhados na arquitetura não mudem, porque inquietações a respeito do entorno, materiais, espaço, experimentação e construção dos projetos seguem iguais; mas a abordagem muda consideravelmente na relação com as tecnologias com as quais estamos nos deparando. A velocidade e a capacidade de mudança dos padrões e processos durante o desenvolvimento do projeto arquitetônico permitem não só a inclusão de novos parâmetros antigamente não determinados, como também o refinamento de outros. A semiótica ajuda a elucidar que existem vários signos na abordagem digital que merecem ser estudados, dada a complexidade de seu caráter.

### **Referências Bibliográficas**

FERNANDES, Bruno Ribeiro; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis; ISHIDA, Américo. **Os três momentos do uso da tecnologia computacional gráfica em arquitetura.** Artigo Publicado na Revista Óculum Ensaios (PUCCAMP), V.05, 2007.

FLEISCHMANN, Moritz; LIENHARD, Julian; MENGES, Achim. **Computational Design Synthesis: Embedding Material Behaviour in Generative Computational Processes.** Shape Studies eCAADe 29. Conferences. Ljubljana, Slovenia: University of Ljubljana. Faculty of Architecture, 2011.

GAVIRIA, Muriel de Oliveira. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento.** São Carlos: USP, 2003.

MENGES, Achim. **Material Generation, materiality and materialisation as active drivers in design computation.** Trabalho apresentado no Synthetic Digital Ecologies, ACADIA. San Francisco, Califórnia: outubro 18-21, 2012.

PEIRCE, Charles Sanders. **Semiótica.** 3ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2005.