Modelagem paramétrica e o método de formação associativo: o Museu Mercedes-Benz (Stuttgart/Alemanha)

Parametric modelling and the associative formative method: the Mercedes-Benz museum (Stuttgart/Germany)

Joceline Costa de Almeida
Universidade Federal de Alagoas| Maceió| Brasil | joceline.costa@uncisal.edu.br
Oriana Yenahi Andrade Serrano
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | oriandrade59@gmail.com
Anderson Felipe Correia Torres
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | arqandersontorres@gmail.com
Karina Rossana Menezes Schüssler
Universidade Estadual Ciências da Saúde de Alagoas | Maceió | Brasil | karina74rossana@gmail.com
Alexandre Márcio Toledo
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | alexandre.toledo@fau.ufal.br

Resumo

O Museu da Mercedes-Benz em Stuttgart, Alemanha, resultado do concurso da Daimler-Chrysler para a expansão do edifício existente, concebido pelo UNStudio em 2001 e concluído em 2005. O edifício compõe-se de diferentes configurações geométricas criadas por meio do modelo paramétrico, tornando-o um exemplo singular da tecnologia digital associada à arquitetura. Analisa-se o projeto do museu com foco na aplicação do modelo de formação associativo, por meio da técnica da narrativa digital, com base documental. A forma complexa do museu evidencia o pioneirismo na utilização de métodos paramétricos, desde os estágios iniciais do projeto de concepção e execução, e ao longo de toda obra, com eficiência e rapidez, permitindo modificar dimensões, formas e técnicas construtivas até chegar à forma final.

Palavras-chave: Parametrismo. Modelo de formação associativo. Teoria de projeto.

Abstract

The Mercedes-Benz Museum in Stuttgart, Germany, a result of the Daimler-Chrysler competition for the building's expansion, was designed by UNStudio in 2001 and completed in 2005. The building, composed of different geometric configurations created using the parametric model, has become a unique example of technology associated with architecture. The museum project is analyzed with a focus on the associative formation model application, through a digital narrative method. The museum's complex shape evidenced the pioneering use of parametricism from the design's early stages of conception, execution and construction, efficiently and quickly, allowing the modification of dimensions, shapes and construction techniques until reaching its final form.

Keywords: Parametricism. Formation associative model. Design theory.

Como citar:
ALMEIDA, J. C. de .; SERRANO, O. Y. A.; TORRES, A. F. C.; SCHUSSLER, K. R. M.; TOLEDO, A. M. Modelagem paramétrica e o método de formação associativo: o Museu Mercedes-Benz (Stuttgart /Alemanha). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-10. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/610. Acesso em: 3 ago. 2021.

INTRODUÇÃO

A evolução do CAD em arquitetura pode ser vista como um desejo de substituir algumas tarefas predefinidas pelo uso da tecnologia digital. Nesse caso, as tarefas que os meios tecnológicos começam a realizar mudam o modo como o ambiente e os edifícios são concebidos, construídos e usados, pois os computadores, muito mais que simples máquinas, têm o poder de criar tarefas e ferramentas no decurso do tempo [1]. Isso tem acontecido na atualidade e pode ser classificado como a quarta geração do projeto auxiliado pelo computador.

O advento da computação no campo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) modificou muito a forma como os edifícios eram pensados, analisados e representados [2]. Não obstante, a computação também produziu mudanças na própria arquitetura, possibilitando a exploração de formas mais complexas, antes impossíveis de se concretizar.

Numa análise dos diversos modelo de projetação no meio computacional, observou-se, após outros estudos, que dentre os modelos investigados, o uso do parametrismo [3] [4] desponta como uma das soluções na geração da forma que apresentaria as respostas mais eficazes para os problemas de concepção projetual, na medida em que, por meio dessa técnica - a modelagem paramétrica - os limites da criatividade e possibilidades formais não são somente ampliados, como também passíveis de serem concretizados [5].

O parametrismo como estilo se expande para além de um processo de projeto, como resposta à sociedade atual, complexa, articulada em redes e fortemente influenciada pela experimentação tecnológica, uma vez que seu *modus operandi* se baseia na simulação digital com ferramentas de *form-finding*, que permitem a associação de parâmetros definidos por regras e lógicas, encontradas no campo natural ou criadas artificialmente no campo virtual. Ademais, permite alcançar variações adaptativas para diferentes condicionantes de projeto, o que leva à expansão de conceitos como formalismo, para investigação formal, na conceitualização de solução de espaços [6].

Um dos principais exemplos deste tipo de modelagem é o museu da Mercedes-Benz, em Stuttgart - Alemanha, concebido pelo UNStudio em 2001 e construído em 2005. A obra, exemplificada como modelo de formação associativo, foi projetada por meio de diferentes configurações geométricas criadas por parâmetros que poderiam ser alterados quando necessário.

METODOLOGIA

A produção do artigo originou-se do trabalho desenvolvido na disciplina CID 203 - Tecnologias de Concepção e Representação de Projeto em Arquitetura, do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, no segundo semestre letivo de 2020, utilizando a metodologia ativa narrativa digital e utilizando uma obra paradigmática da arquitetura digital, citada no artigo de referência como fonte inicial [7], para a qual foi escolhido o Museu.

A metodologia empregada, compreendeu uma pesquisa documental descritiva e analítica, aplicada à prática do projeto de arquitetura, complementada por uma revisão bibliográfica, com ênfase no modelo de projeto paramétrico de formação associativo.

Para a análise do Museu, consideraram-se as fases de concepção, estudos dos mecanismos de projetação associativa paramétrica e execução do edifício. Nesse sentido, a pesquisa documental abrangeu: a) coleta de vídeos e entrevistas, com a equipe responsável pelo projeto e construção do museu em meio eletrônico; b) sistematização dos principais comentários e impressões a respeito do processo de projeto e da execução do edifício; c) coleta das plantas baixas e perspectivadas, cortes, fachadas e perspectivas, além de vídeos e imagens produzidos para a composição da forma e execução das peças estruturais, disponíveis em meio digital.

O MODELO DE FORMAÇÃO ASSOCIATIVO PARAMÉTRICO

O Modelo de formação explora a interação entre o projetista e o meio digital de forma a romper a representação tradicional, substituindo a experimentação visual do processo convencional por uma relação na qual, o projetista controla diretamente os elementos digitais que determinam o processo de formação do projeto [8].

Em contraposição aos primeiros *Computer Aided Designs* (CADs), os modelos de formação são muito mais do que abstrações estáticas de representações formais, uma vez que relacionam a forma ao conceito de formação [8]. No modelo de formação, técnicas digitais são utilizadas na geração da forma e do conteúdo, contrastando com o modelo CAD, que usava somente a representação e o fluxo de dados [5].

Esse modelo pode ser dividido, em três categorias: a) baseada em movimento, na qual se utiliza a animação digital; b) o topológico, baseado em transformações homeomórficas, resultando em formas geométricas complexas; c) o associativo, na qual são utilizadas técnicas paramétricas que exploram a geometria, associando e descrevendo as relações entre objetos, além de criar relações de interdependência e definir o comportamento dos elementos [7] [8]. Nessa lógica, um projeto formativo associativo paramétrico:

> [...] utiliza características variáveis para controlar os chamados parâmetros, sistemas complexos. Eles são usados na arquitetura para o design de objetos geométricos, que são de outra forma difíceis de manusear. [...] A aplicação de modelos paramétricos vai além de simplesmente exibir um design existente usando um programa CAD. [10]

Com base nas técnicas paramétricas associativas, os contornos e as formas do projeto são indiretamente definidos. Os aspectos da geometria estrutural são determinados, mas suas qualidades formais não. Para estabelecerem essas relações, os softwares substituem a lógica da geometria Euclidiana por relações topológicas. A topologia, estudo da estrutura de relações existente entre os objetos (e não da sua geometria), ajuda na formação livre, pois as propriedades dos objetos não mudam quando transformações estéticas e morfológicas são aplicadas. Uma consequência desse

processo é que o projetista também pode se tornar o produtor de ferramentas para a geração da forma [11].

Um exemplo paradigmático desse tipo de modelo de formação associativo é o Museu da Mercedes-Benz. As diferentes configurações geométricas obtidas pela criação e alterações de um modelo paramétrico, o "*Mastermodell*", como base geométrica da estrutura e de todas as partes desse edifício (incluindo projetos de execução e detalhamento das peças de acabamento), tornam esta obra um exemplo singular da tecnologia paramétrica associada à arquitetura.

O MUSEU DA MERCEDES-BENZ

O atual Museu da Mercedes-Benz em Stuttgart é o resultado de um concurso realizado pela *DaimlerChrysler Immobilien* para a ampliação do antigo edifício de 1923 [12]. Entretanto, ao vencer esse concurso o escritório escolhido, o UNStudio, ainda não tinha uma ideia clara sobre a forma de execução do projeto [10]. Assim, os arquitetos responsáveis pelo projeto, Ben Van Berkel e Tobias Hälliser, contrataram outro arquiteto, Arnold Walz, especialista em programação e projetos digitais, para resolver algumas questões essenciais da obra:

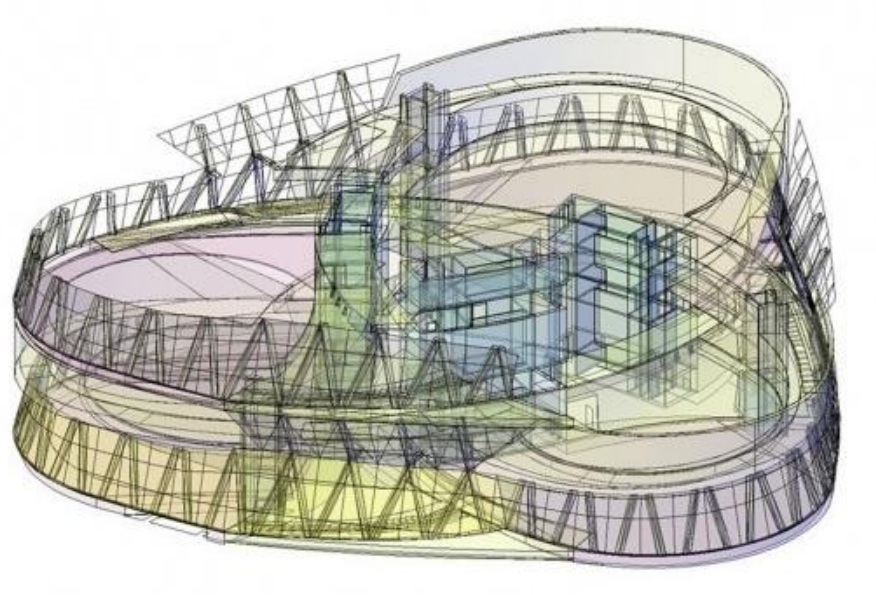
> Em que forma de representação pode ser explicada as várias partes do prédio estruturado por rampas, aterros e painéis de parede retorcidos, que quebram a clássica separação do piso? Como adaptar a figura geométrica básica às mudanças necessárias durante o planejamento progressivo do edifício? Como se obter os projetos para as partes complicadas desta entidade espacial, todas elas diferentes? [10]

Na realidade, percebeu-se que as ferramentas CAD, existentes na época, não seriam suficientes para a implementação estrutural da ideia e que "as ferramentas tinham que ser adaptadas ao novo desafio" [10]. O trabalho de Arnold Walz em conjunto com os arquitetos do UNStudio foi imprescindível ao processo de projetação e construção do conceito inovador do museu. Para os projetos complementares e planejamento da obra, o *Mastermodell* também serviu de base para a execução.

Esse modelo (Figura 1) se encaixa na descrição da modelagem paramétrica, pois que as informações necessárias para descrever a geometria eram parâmetros modificáveis: "[...] se a posição do átrio ou dos raios das rampas forem alteradas, as curvas tangenciais são recalculadas e a figura é automaticamente redesenhada" [10].

Arnold Walz explicou que durante o projeto de execução houve a necessidade de mudar o núcleo central do museu, o que afetou até a fachada. Se o projeto fosse elaborado nos moldes convencionais, estas alterações teriam se tornado "uma catástrofe"; contudo, isso não chegou a ser um problema, pois tudo tinha sido concebido de uma maneira "que você pode atualizar o projeto apenas mudando um parâmetro" [13]. Essa técnica configurou o pioneirismo do uso do modelo de formação associativo, descrito por [7].

Figura 1: Modelo paramétrico do museu Mercedes Benz produzido por Arnold Walz

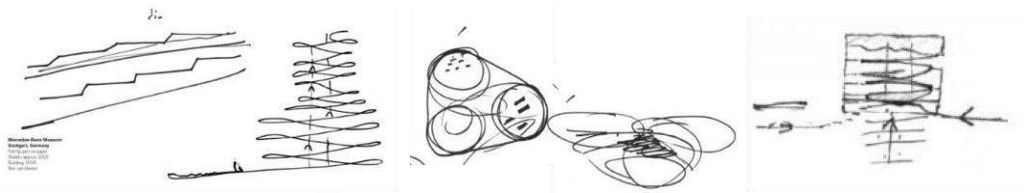


Fonte: [13].

PARAMETRISMO CONCEITUAL

A forma, função e estrutura do edifício da Mercedes Benz seguem um conceito espacial não linear. Uma planta em espiral, como uma folha de trevo (ou os três pontos da marca Mercedes), gira em torno de um espaço vazio triangular para gerar seis níveis, alternativamente um e dois andares de altura, contendo áreas de exposição com rampas que se inclinam suavemente para o próximo nível (Figura 2).

Figura 2- Esboços e estudos preliminares das formas espiraladas e de trevo do edifício



Fonte: [14].

A descrição do partido conceitual, de acordo com Van Berkel, foi: “uma viagem no tempo (…) um espaço espiralado que entrelaça dois prédios em diferentes níveis” [15].

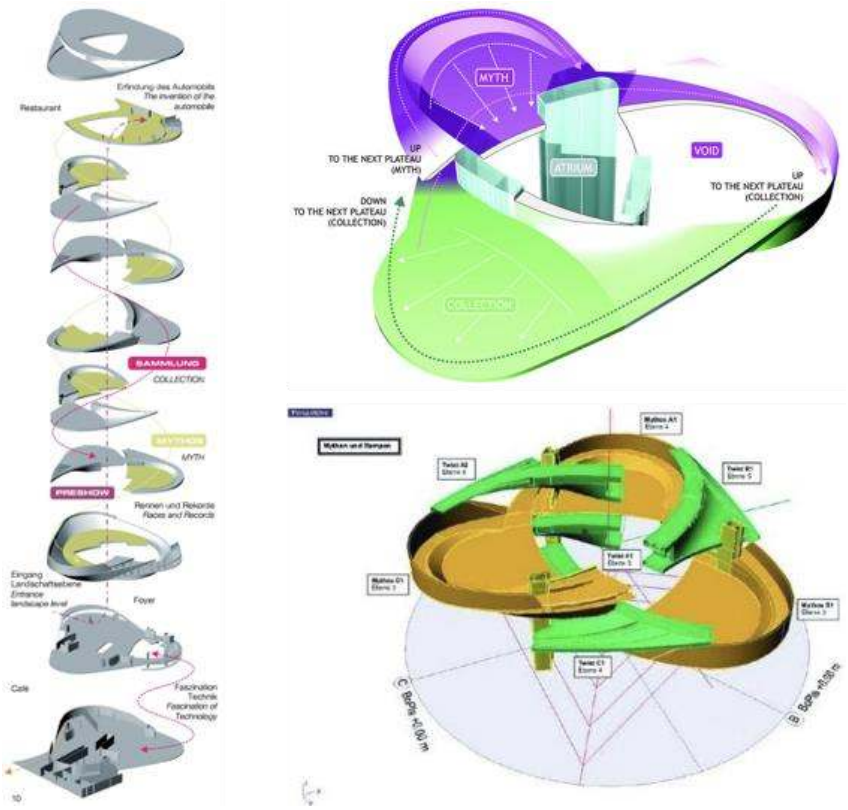
Assim, analisando a geometria nos projetos e esboços, observa-se que no eixo vertical o edifício se divide em dois setores, num lado, a mostra da coleção histórica dos veículos da marca e, no outro, a coleção dos carros mais representativos da marca em cada época. As rampas que relacionam longitudinalmente ambos os setores, fazem com que o visitante se movimente de maneira integrada de um lado para o outro e por entre as coleções com uma liberdade visual que evoca, segundo os autores, mover-se por uma rodovia.

O Museu foi pensado como a “nova” vitrine da Mercedes Benz na época, porque expõe e comunica por meio da edificação e sua espacialidade os principais valores associados à marca: liberdade, tecnologia, durabilidade, limpeza, e distinção essenciais na concepção do projeto [16] [17]. Outro aspecto interessante é que a forma, estrutura,

acabamentos e uso de alta tecnologia para a construção, simbolizavam, de acordo com o *slogan* da Mercedes, o escopo e o arrojo da marca.

Na visualização vertical do projeto (Figura 3), Van Berkel descreve a ideia da estrutura como duas mãos entrelaçadas, cujos dedos representam os pavimentos. Contudo, aparentemente pela parte de fora se observam só três pavimentos, enquanto no interior o entrelaçamento forma uma edificação de nove níveis [15] [16] [17].

Figura 3: Perspectiva dos níveis verticalizados e detalhes dos setores e coleções do museu



Fonte: [18].

O modelo paramétrico permitiu a definição do tamanho exato e a melhor posição das peças de vidro que compõem a fachada (Figura 4). Ressalta-se que os arquitetos da UNStudio também usaram o modelo mestre para o detalhamento, criando planilhas de trabalho e projetos complementares correspondentes para as empresas executoras. Dessa forma, tanto os 1.800 elementos únicos de vidro trapezoidal da fachada, quanto a forma de aço das colunas de concreto, puderam ser manipulados por meio do modelo paramétrico, servindo de preparação do projeto de execução [10].

As ferramentas de desenho paramétrico facilitaram também a produção dos desenhos executivos e a fabricação dos componentes empregados no canteiro de obras. Expõe-se que:

> [...] o edifício foi composto com menos de cem parâmetros, os quais continham sua geometria e possibilitaram administrar as inúmeras mudanças durante seu processo de realização e verificar as consequências trazidas a cada nova decisão tomada. Sem essa administração rigorosa da geometria, não haveria tanta liberdade na arquitetura. [21]

Figura 4 - Vista do modelo, corte e detalhamento das peças de vidro

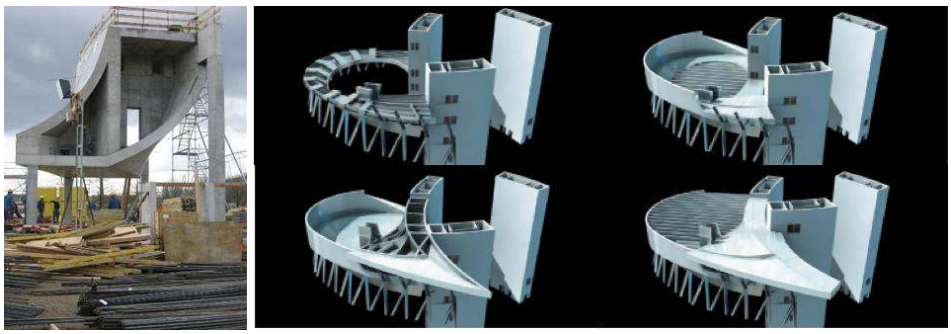


Fonte: [19] [20].

ESTRUTURA PARAMETRIZADA

A estrutura do Museu Mercedes Benz é composta pelo núcleo de concreto moldado no local, vigas de concreto e colunas angulares de suporte de cargas exteriores. Os três elementos de concreto circundam o átrio, sendo sua principal função a estruturação do edifício. As vigas por seu formato complexo, foram projetadas tridimensionalmente por causa das cargas e curvaturas, que trabalham em conjunto com o piso (Figura 5).

Figura 5 - Peças de concreto e suas conexões



Fonte: [19].

Os ângulos não são apenas estruturais, a forma deles também ajudam a quebrar o vidro que os segue em pedaços triangulares que podem então seguir as curvaturas externas. A complexidade do edifício é explicitada, quando se percebe que quase todo elemento penetra em outro [14].

Dentro da lógica do arquiteto, e, observado externamente, o Museu parece ser distribuído em três pavimentos, entretanto, o interior revela uma distribuição em nove pavimentos, incluindo o térreo, com vãos entrelaçados que se inclinam descendentes tendo como eixo o átrio central.

RESULTADO DA ANÁLISE

Quando estudado de maneira conjunta entre descrição de outros autores, depoimentos dos arquitetos e análise visual, destaca-se que o projeto trabalha com a integração de três ideias dentro de um mesmo conceito. Uma para a distribuição não linear da dimensão horizontal, outra para o entrelaçamento da dimensão vertical e, por fim, a ideia de hélice para o movimento, o que intensifica a vivência espacial e a adaptabilidade ao uso.

Esta obra, embora replique o conceito de visitação de cima para baixo, já visto em outros museus, se diferencia, por romper com a linearidade dimensional, visto que “no museu você sente que o espaço te circunda (…) diferente da ideia clássica da arquitetura modernista (…) o espaço não está só na sua frente, você pode atravessá-lo” [15].

A tecnologia viabilizou nesta obra uma quebra do paradigma formal por meio da consolidação de uma estrutura de formas complexas, contudo factíveis. A concepção formal do Museu da Mercedes Benz não seria construída sem o auxílio da modelagem paramétrica.

Existem três desafios na modelagem paramétrica: i) a redução máxima das informações necessárias para a descrição matemática do edifício; ii) a ligação correta dos parâmetros no sistema de equação para descrever a forma; iii) a verificação se os algoritmos programados realmente geram a geometria desejada [10].

Evidenciou-se que para vencer esses desafios é necessário um conhecimento integral da geometria e das técnicas paramétricas, conciliados com as especificações de design, construção e fabricação; o que requer uma coordenação cuidadosa “entre arquitetos, planejadores e artistas” [10].

Isto pode significar, em concordância com Van Berkel, um compromisso do arquiteto com a tecnologia, pois em um futuro próximo “além de desenhar e criar modelos, nós (os arquitetos) também nos tornaremos programadores” [15].

Não obstante, como resultados da análise percebeu-se que dentre as obras que utilizam métodos paramétricos, o museu da Mercedes Benz, foi um dos pioneiros no emprego da técnica da modelagem paramétrica nos primeiros estágios do projeto de execução, e ao longo de toda obra, definindo e redefinindo com eficiência e rapidez dimensões, formas e técnicas construtivas até chegar a sua forma final, que correspondia, por sua vez à forma livre do projeto vencedor do concurso.

CONCLUSÃO

O Museu da Mercedes Benz como obra paradigmática, embora que executado há quase duas décadas atrás, exemplifica com clareza que a modelagem paramétrica adquire, na cultura projetual da contemporaneidade, um *status* ampliado de metodologia projetual, para além da modelagem de informações da construção. A manipulação de parâmetros de informação, possibilita a criação das mais variadas configurações arquitetônicas, potencializando processos e resultados dentro do exercício do projeto.

A forma complexa do projeto, que trabalha a integração de diferentes ideias espaciais dentro de um mesmo conceito, foi concretizada graças à modelagem paramétrica. A formação associativa de regras permitiu gerar uma configuração edificável alinhada à intensificação da vivência espacial e adaptação ao uso conceptualizado.

Edifícios são compostos literalmente por milhares de partes individuais, e de inúmeras conexões. O uso de parâmetros para definir geometria e elementos construtivos, tem

provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto. No geral, os parâmetros facilitam as constantes modificações, verificam soluções e permitem inovações, caminhos esses que fazem parte do exercício da arquitetura.

No caso específico do Museu Mercedes Benz, conclui-se que os parâmetros se tornaram imprescindíveis para a obtenção do resultado final, passando desde o processo do projeto com a geração da volumetria e seus fechamentos complexos e na solução estrutural inovadora. A decisão por esta abordagem deixou intrínseco o conceito de formação associativa que subsidiou a obra.

REFERÊNCIAS

[1] KALAY, Y. E. **Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design**. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.

[2] OXMAN, R. Performance-based design: current practices and research issues. **International Journal of Architectural Computing**, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2008.

[3] BRAIDA, F.; LIMA, F.; FONSECA, J.F.; MORAIS, V. 101 conceitos de arquitetura e urbanismo na era digital. São Paulo: ProBooks, 2016.

[4] SCHUMACHER, P. **Parametricism as Style - Parametricist Manifesto**. Londres. 2008. Disponível em: http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.html. Acesso em: 02 jun. 2021.

[5] OXMAN, R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. **Design Studies**, v. 52, n. 2017, p. 4–39, 2017.

[6] SCHUMACHER, P. **The Autopoiesis of Architecture, Vol.2: A New Agenda for Architecture**. Londres: John Wiley & Sons Ltd., 2012.

[7] TOLEDO, A. M. Arquitetura digital e métodos de geração da forma: representação, concepção e produção da arquitetura contemporânea. **Ímpeto**, v. 6, p. 32-36, 2016.

[8] OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229–265, 2006.

[9] ANDRADE, M. L. V. X. de. **Projeto performativo na prática arquitetônica recente: estrutura conceitual**. 472 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2012.

[10] SCHINDLER, C., SCHEURER, F. Die Rückkehr der Geometrie: Parametrische Modelle komplexer Räume. In: **ARCH + 189**, ARCH + *Verlag, Aachen*. 2008. p. 66-69. Disponível em: https://issuu.com/schindlersalmeron/docs/2008_schindlerscheurer_arch_189_geo. Acesso em: 21 fev. 2021.

[11] ALBAYRAK, C.; TUNÇER, B. Performative architecture as a guideline for transformation: Defense Line of Amsterdam. *In:* eCAADe 2011 EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE. 29., 2011, Ljubljana, **Proceedings** [...]. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Architecture, 2011, p.501-510. Disponível em: http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?ecaade2011_117. Acesso em: 20 fev. 2021.

[12] MUSEU Mercedes-Benz / UNStudio. [*S.l.: s.d.*]. **ArchDaily Brasil**. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/874583/museu-mercedes-benz-unstudio. Acesso em: 21 fev. 2021.

[13] SEDREZ, M.; CELANI, G. A forma não importa. Entrevista com Arnold Walz. Entrevista, São Paulo, ano 15, n. 058.03, **Vitruvius**, jun. 2014. Disponível em:

https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/entrevista/15.058/5208?page=2. Acesso em: 21 fev. 2021.

[14] WALZ, A.; BRAUN, S.; RIECK, A.; BULLINGER, S.; KÖHLER-HAMMER, K.; BAUER, W. **FUCON 4.0 - Nachhaltiges Bauen durch digitale und parametrische Fertigung**. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. 2015. 129p.

[15] DUTCH PROFILES: UNSTUDIO. [*S.l: s.n.*: *s.d*]. 1 vídeo. Publicado no Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=k_ulbec0hcg. Acesso em: 20 fev. 2021.

[16] UNSTUDIO DOCUMENTARY PART 1. [*S.l: s.n: s.d.*]. 1 vídeo. Publicado no Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qPVPimCCGkA. Acesso em: 20 fev. 2021.

[17] UNSTUDIO DOCUMENTARY PART 2. [*S.l: s.n: s.d.*]. Publicado no Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ZJIxjSjgBvI. Acesso em: 21 fev. 2021.

[18] MERCEDES-Benz Museum. [*S.l: s.n: s.d.*]. Disponível em: http://www.unstudio.com/en/page/12482/mercedes-benz-museum. Acesso em: 20 fev. 2021.

[19] WINGATE, C. **UNStudio, Mercedes Benz Museum: A study from concept to detail**. [*S.l*]. 2012. Disponível em: https://gd1studio2012.files.wordpress.com/2012/08/2-mercedes-benz_unstudio_chris-wingate.pdf. Acesso em: 21 fev.2021

[20] PARAMETRIC building modeling: Mercedes Benz Museum Stuttgart. 1 vídeo. [*S.l: s.n: s.d*]. Publicado no Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=osvTEbNxMoA. Acesso em: 20 fev. 2021.

[21] LIMA, C. C. de; CORREIA, D. A.; BARBOSA, N. M.; TOLEDO, A. M. Modelo associativo e design paramétrico: da subjetividade à precisão. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2016. p.4765-4773.