

## Do conceito a prática digital: Uma experiência didática sobre novas linguagens para expressão de tectônicas criativas

From the concept to the digital practice: a didactic experience about new languages for creative tectonics expressions

### Caio Augusto Rabite de Almeida

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil  
caioaugusto.arq@gmail.com

### Fernando Lima

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil  
fernando.lima@arquitetura.ufjf.br

### Marcos Martins Borges

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil  
marcos.borges@engenharia.ufjf.br

### Fabianny Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil  
fabianny.souza@arquitetura.ufjf.br

### Abstract

This article aims to contribute to a better knowledge about the relations between algorithmic-parametric logic in creative activities and architectural design process. For this, the results of a didactic experience, carried out within a graduation course in which students are introduced to concepts, resources and techniques related to algorithmic-parametric logic, will be presented. This paper also presents a reflection on computational resources and the design process, in order to give theoretical and conceptual support to the developed exploration.

**Keywords:** Design process, Algorithmic-parametric logic, Didactic experience.

## Introdução

Decorrente de uma pesquisa conduzida por investigadores do grupo de pesquisa DOMVS – Laboratório de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagem, vinculado à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – o presente trabalho visa contribuir para uma melhor compreensão sobre a incorporação de recursos computacionais ao ensino e à prática de projeto de arquitetura e urbanismo na contemporaneidade.

A introdução de ferramentas digitais no processo de concepção projetual tem modificado o pensamento que orienta a elaboração e a produção da forma, tanto em contextos físicos (construção) quanto em contextos virtuais (visualização e exploração) (MITCHELL, 1990).

Exemplo disso, o *design* paramétrico ultrapassa a dimensão de abordagens possível, chegando a se estabelecer como uma forma de apoio para que os pontos iniciais no processo de concepção formal possam se estruturar. Dessarte, se verifica a importância do desenvolvimento de contextos teóricos e ambientes computacionais para que o processo de *design* mediado por estes meios ocorra de maneira eficiente.

A modelagem paramétrica, o uso de códigos de programação e as tecnologias avançadas de fabricação digital integram a prática arquitetônica contemporânea. Isso permite que arquitetos e designers utilizem a combinação de habilidades diversas compreendidas nos campos de conhecimento da computação, da engenharia e da matemática.

É importante observar que embora exista uma variedade de processos e métodos generativos de formas e volumes, os campos do esboço, da interpretação da linguagem (vocabulário das ações do software, fórmulas matemáticas e conceitos de modelagem), e do pensamento espacial – não raro baseado em um paradigma cartesiano de criação – ainda constituem grande desafio.

Tal estado de coisas ocasiona uma incompreensão do processo de projeto digitalmente suportado, podendo levar, equivocadamente, a resultados dados como insuficientes ou inapropriados, a despeito da potencialidade dos recursos e possibilidades disponíveis.

Fruto dessa constatação, a contribuição pretendida com esse trabalho busca refletir sobre as relações entre a lógica algorítmico-paramétrica e a utilização dos recursos computacionais no processo de projeto. Para isso, são apresentados os resultados de uma experiência didática, desenvolvida no âmbito de uma disciplina de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da referida Instituição.

## Do conceito à prática

O Desenho generativo é um conceito contemporâneo, capaz de fazer emergir questões imprescindíveis ao campo da arquitetura, tanto do viés prático, no que tange à construção, quanto do viés teórico, no que tange à pedagogia. Um ponto particularmente valioso nessa abordagem é a sua possibilidade de criar pontes que interligam diferentes setores de pesquisa e análise, configurando contexto interdisciplinar.

Tantas e tão completas possibilidades e associações, carregam o processo de projeto de complexidade, que encontra suporte nos métodos de controle e planejamento do processo cognitivo. Concomitantemente, é sabido que em arquitetura, é comum a existência de aspectos conflitantes demandando uma resolução coordenada.

Para Kiatake (2004), a maneira criativa de solucionar esses conflitos é aquela que encontra no próprio conflito, impulso para gerar descobertas e inovações. Na praxis recente da arquitetura, nota-se um aumento da complexidade das formas, que é atribuído ao uso dos sistemas CAD, em função da viabilidade de experimentação e materialização de tais formas, haja vista a facilidade de representação e manipulação.

Entretanto, segundo Battle (2011), “nada adianta um ‘software’ gráfico com grande tecnologia agregada, na mão de um profissional que não tenha conhecimentos espaciais e geométricos suficientes e seguros para operá-lo e assim, responder minimamente às demandas e exigências pertinentes”.

Nesse âmbito, a geometria pode ser definida como a ciência que estuda a formas e suas relações no espaço. Estabelecendo-se como um ramo da matemática capaz de desenvolver o que Gardner (1994) chama de “inteligência espacial”, e que é crucial para a compreensão e concepção dessas formas.

Outro aspecto de suma importância e significativo potencial associado ao uso dessas tecnologias é a capacidade de perceber o mundo visual com precisão, efetuar transformações e modificações sobre as percepções iniciais e ser capaz de recriar aspectos da experiência, mesmo na ausência de estímulos físicos relevantes. Conduzindo à possibilidade de produção de formas inéditas ou manipulação de formas pregressas (GARDNER, 1994).

Assim, os conhecimentos de geometria são fundamentais para fornecer subsídios para uma melhor compreensão, elaboração e manipulação de modelos tridimensionais ou de aspectos de representação da forma, e indissociáveis ao processo de modelagem virtual.

Observa-se, no entanto, que em meio à disseminação e à consolidação desta “arquitetura digital”, grande parte dos alunos que ingressam no ensino superior, não são adequadamente capacitados nas etapas anteriores de sua formação, não sendo capazes de sedimentar esse arcabouço de conhecimento elementares de geometria e aspectos de programação.

E, disciplinas que englobam tais pontos em seus escopo, raramente são obrigatórias. Emerge, assim, um panorama em que poucos estudantes estão prontos para aceitar o desafio

de aprender uma linguagem que envolva programação e matemática em geometria (CELANI & VAZ, 2011).

Florio (2011) ressalta que no ensino de modelagem paramétrica, os estudantes tendem a perceber que a construção lógica dos comandos é apenas uma parte do problema. A exploração de variações de parâmetros e as combinações deles exigem flexibilidade de pensamento e tolerância à ambiguidade, já que gera resultados diferentes dos que haviam sido previstos prioritariamente.

## A experiência didática

A seguir é descrita a experiência didática levada a cabo no âmbito da disciplina Modelagem Digital e Prototipagem, oferecida pelo curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mais especificamente, esta disciplina obrigatória e que consta na grade curricular do curso desde 2013, objetiva introduzir os alunos (no terceiro semestre do curso) no contexto da lógica da modelagem algorítmico-paramétrica e no universo da aplicação dos recursos e técnicas de prototipagem rápida e fabricação digital no processo de projeto.

Nessa disciplina os alunos são introduzidos a conceitos, recursos e técnicas relativas à lógica algorítmico-paramétrica, por meio do uso dos softwares Rhinoceros + Grasshopper e de recursos de prototipagem rápida e fabricação digital. O propósito é ampliar o repertório propositivo, além de instigar o interesse, a pesquisa e a continuidade de tais práticas nos processos de concepção e desenvolvimento de projetos.

A experiência desenvolvida estruturou-se por meio de três etapas, à saber: (1) introdução teórico-conceitual – etapa em que os conceitos-chave relativos à implementação computacional em arquitetura e urbanismo, foram apresentados aos alunos por meio de um seminário interno; (2) Lógica de abstração e modelagem algorítmico paramétrica - introdução à lógica de modelagem em Rhinoceros + Grasshopper, em que ocorreu a apresentação dos comandos e scripts, através da abstração e da modelagem da forma de diferentes edifícios icônicos, visando familiarizá-los com o tema e enriquecer seu repertório propositivo, e; (3) trabalho final da disciplina – elaboração de um painel síntese do processo de aprendizado da disciplina, que consistiu, aproveitando a temática chave do SiGraDi 2017 - Design Resiliente.

Nesse, foi solicitado aos alunos divididos em grupos de quatro, o projeto de um abrigo que atendesse a demandas climáticas diversas, com um programa mínimo e que possibilitasse a sua reprodução no local escolhido, atendendo às condicionantes pertinentes.

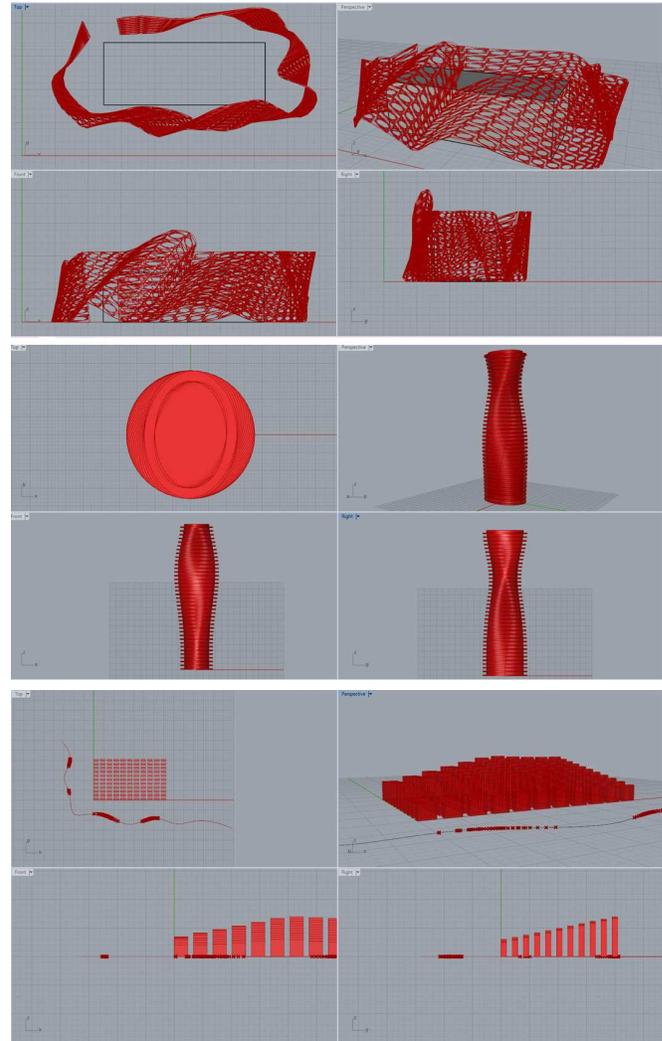
Era condição fundamental a utilização de recursos de modelagem algorítmico-paramétrica para desenvolvimento da proposta. Os alunos tiveram, ainda, à disposição impressoras 3D e máquina de corte laser para elaboração de maquetes.

A primeira etapa, essencialmente teórica, se mostrou importante porque, de uma maneira geral, os estudantes se atraem facilmente a formas inusitadas (não-euclidianas), mas possuem poucos conhecimentos sobre os conceitos que estão por trás das formulações arquitetônicas e das tectônicas adotadas. Além disso, os tópicos sobre parametrização que foram abordados, permitiram despertar o interesse deles sobre outras possibilidades no processo criativo.

A segunda etapa, que contém grande parte da carga horária da disciplina, objetivou avultar o arcabouço referencial de projeto dos alunos, utilizando-se de uma série de aulas em que diferentes projetos icônicos tiveram suas formas abstraídas, de modo a permitir a construção de definições algorítmicas para a modelagem paramétrica das obras estudadas (e. g. Memorial do Holocausto, de Peter Eisenmann; Swiss Re. Headquarters, de Foster and Partners; Absolute Towers, de Mad Architects).

As primeiras tarefas foram orientadas pelo professor com o auxílio dos monitores da disciplina, com o intuito de desenvolver soluções simples a partir dos exemplos mostrados em classe. Nelas cada aluno realizava pequenas variações com base nos valores e nas restrições do processo. As aulas percorreram um ensino gradual das ferramentas e das operações realizadas, de maneira a buscar, em crescimento gradativo, por uma aquisição de vocabulário e repertório computacional e uma maior familiarização com conceitos matemáticos e com a interface do *software*.

Assim, os alunos poderiam, primeiramente, entender os processos descritos e a lógica por trás dos comandos e, posteriormente, reinterpretá-los e adequá-los a diversas situações que pudessem ser apresentadas. Neste contexto, a dinâmica das aulas foi fundamentada por meio da introdução de diferentes conceitos formais e da pesquisa por referências de projeto, seguidos por exercícios práticos de modelagem da forma apresentada, conforme ilustra a Figura 1.



**Figura 1:** Exemplos de diferentes exercícios elaborados em aula, na etapa 2: modelos paramétricos inspirados em diferentes projetos icônicos, o que requer certa abstração e conhecimentos de ordem lógica e matemática. Fonte: Os autores.

A terceira etapa, que consistiu na aplicação de um trabalho final para a disciplina, visou a verificar como os alunos implementariam os conceitos, as técnicas e os recursos apresentados ao longo do semestre letivo, em situações práticas de projeto. Para isso, foi pedido aos discentes (divididos em grupos de 4 componentes) que elaborassem um projeto para um abrigo localizado em diferentes biomas (e. g. floresta tropical, tundra, região polar, deserto, cidade, savana, praia, sertão), de maneira a atender a diferentes condicionantes climáticas e, ao mesmo tempo, explorar o tema “*design* resiliente”.

Portanto, o trabalho final da disciplina consistiu em uma tarefa de projeto que pudesse ser realizada (concepção e desenvolvimento do projeto, com orientação do professor e dos monitores da disciplina em sala de aula) no espaço de três aulas (considerando uma aula por semana). Assim, o propósito da realização de um exercício de projeto utilizando

modelagem algorítmico-paramétrica, foi o de promover uma nova abordagem projetual na realidade dos alunos, uma vez que eles ainda não haviam explorado tais recursos em sua formação. Ao utilizarem uma lógica de modelagem baseada na definição e relação de parâmetros, os discentes se depararam com outra possibilidade para o desenvolvimento de projeto, que envolve a parametrização de atributos distintos e variáveis.

Por fim, os participantes da disciplina apresentaram, em uma aula final do semestre, o resultado final de seus trabalhos - sob a forma de uma prancha resumo e de maquetes produzidas no laboratório de prototipagem rápida da FAU-UFJF. Houve assim, espaço para que todos pudessem ver os trabalhos elaborados e trocassem informações sobre as soluções obtidas.

Após as apresentações foi aberta uma discussão sobre os andamentos da disciplina e sobre as dificuldades encontradas pelos alunos no processo de projeto, bem como sobre como o conteúdo programático da disciplina pode contribuir para o desenvolvimento de trabalhos futuros dos discentes.

## Resultados

A diversificação dos temas dos trabalhos de cada grupo resultou em abordagens distintas, mas que apresentaram soluções interessantes. Todos os grupos foram capazes de identificar atributos que poderiam ser parametrizados para a obtenção de soluções condizentes com as condicionantes de cada local específico. Como consequência, foi possível encontrar grande utilidade em desenvolver os projetos por meio da modelagem algorítmico-paramétrica.

Neste contexto, destacam-se trabalhos em que os autores foram além do conteúdo ministrado em aula e procuraram utilizar recursos não apresentados em classe, como a utilização de add-ons como Ladybug (utilizado para análises de conforto ambiental) ou Lunchbox (utilizado para explorar formas geométricas), por exemplo.

Ou seja, foi possível perceber que alguns grupos exploraram o uso dos scripts e das descrições geométricas para estudo de massa e forma não somente visando a aspectos estéticos, mas também procurando considerar quesitos como desempenho térmico e análise de dados de construtibilidade, como otimização da forma/estrutura.

Dentre os procedimentos utilizados para parametrização da forma dos diferentes abrigos e suas respectivas soluções, podem-se destacar alguns, são eles: (1) a utilização do add-on Ladybug para condicionar a otimização do posicionamento de aberturas do abrigo em região polar, buscando encontrar a configuração com maior aproveitamento de radiação e calor; (2) a elaboração de um script para quantificar o número necessário de tijolos de adobe para a construção de um abrigo, considerando a utilização de materiais locais e sua

localização na savana africana; (3) a utilização do add-on Lunchbox, para avaliação de qual “matriz geométrica” resultaria em um resultado estético mais apropriado para um abrigo no deserto mexicano de Sonora; (4) a definição de uma forma geométrica e seu *diagrid* estrutural, baseado em uma concha, em uma clara referência biomimética para um abrigo em uma praia em Santarém, no estado do Pará, e; (5) a configuração de um conjunto de containers adaptados como abrigo e empilhados de maneira a aproveitar melhor o sol e o vento em um centro urbano. Alguns exemplos dos trabalhos elaborados se encontram ilustrados na Figura 2.



**Figura 2:** Alguns exemplos dos abrigos elaborados no trabalho final da disciplina. Fonte: Os autores.

A utilização da impressora 3D e da máquina de corte a laser foi, também, um importante aspecto a ser considerado sob o ponto de vista do processo didático. Pela primeira vez em seus percursos na graduação, os alunos tiveram a oportunidade de verem seus projetos materializados com a precisão inerente a estes equipamentos.

Isto significou, segundo os próprios alunos, uma possibilidade de visualização e compreensão maior das formas propostas com relação à visualização impressa ou em tela. Neste sentido, ficou ainda mais reforçada a percepção de que o processo apresentado contribuiu para uma ampliação, por parte dos alunos, da compreensão sobre a construção da forma geométrica e sobre o entendimento dos princípios básicos do uso de sistemas parametrizáveis. A Figura 3 apresenta alguns dos modelos produzidos.



**Figura 3:** Algumas das maquetes dos abrigos elaborados (utilizando impressão 3D e máquina de corte à laser) para o trabalho final.  
Fonte: Os autores.

## Considerações Finais

A experiência didática focou na experiência de ensino e no suporte ao processo de projeto, por meio da modelagem digital e da prototipagem rápida, mostrando novas possibilidades propositivas, permitindo o manejo de máquinas de corte à laser e impressão 3D e, fundamentalmente, por meio do estímulo à exploração do que esses novos meios proporcionam, com suas potencialidades e dificuldades.

Embora existisse o reconhecimento por parte de alguns alunos sobre a dificuldade de assimilação, principalmente no que tange aos comandos e à prática transmitida nas aulas, as análises dos trabalhos apresentados pelos alunos no final da disciplina mostraram uma melhoria significativa na compreensão do método. Observou-se também que grande parte dos estudantes demonstrou interesse em continuar pesquisando e se aprimorando após a conclusão da disciplina, utilizando os meios computacionais apresentados em projetos e disciplinas futuras.

Neste cenário, a partir do trabalho desenvolvido, é possível perceber que a implementação de lógica algorítmico-paramétrica em processos de projeto, demanda certo conhecimento de geometria, pois é a partir destes conhecimentos que se torna viável representar tanto algoritmicamente (definições do Grasshopper) como visualmente, a forma básica geradora de uma solução de projeto. O estudante, neste contexto, passa a compreender como a modificação de parâmetros e de regras de geração influenciam a forma final e como se dá a relação entre lógica, matemática e geometria.

A utilização da modelagem paramétrica possibilita proporcionar novos horizontes para a compreensão do processo projetual de um estudante de arquitetura, permitindo visualizar a relação entre diferentes inputs e suas respectivas soluções. Esta pesquisa pretende, assim, demonstrar que estes novos recursos precisam ser inseridos dentro do ensino prático e teórico de arquitetura, com relevância não somente em promover novas reflexões e possibilidades do ponto de vista do meio de se projetar, mas também das possibilidades de associar estes recursos a aspectos diversos, como a função social da arquitetura, por exemplo.

## Agradecimentos

Agradecemos primeiramente aos alunos da disciplina Modelagem Digital e Prototipagem, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (FAU-UFJF), semestre 2017-1. Agradecemos também aos monitores da disciplina, José Recker e Júlia Paglis, aos técnicos do laboratório de prototipagem da FAU-UFJF Aristides Perobelli e Fernanda Tonelli, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio concedido para o desenvolvimento desta pesquisa.

## Referências

- Battle, A. O. (2011). O papel do Desenho na formação e no exercício profissional do arquiteto – conceitos e experiências. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. USP, 2011. DOI: 10.11606/D.16.2011.tde-27012012-115314
- Celani, M. G. C.; Vaz, C. E. V. (2011). Scripts em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico. In: Anais do V TIC, Salvador. Anais do V TIC, 2011. p. 1-13.
- Florio, W. (2011). Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 6, p. 43-66, 2011. [ISSN: 19811543] DOI: 10.4237/gtp.v6i2.211 Volume 6, Número 2 | Dezembro, 2011
- Gardner, H. (1994). *Estruturas da mente: a Teoria das Múltiplas Inteligências*. Porto Alegre: Artes Médicas. Publicado originalmente em inglês com o título: *The frames of the mind: the Theory of Multiple Intelligences*, 1983.
- Kiatake, M. (2004). Modelo de suporte ao projeto criativo em Arquitetura: uma aplicação da TRIZ – teoria da solução inventiva de problemas. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- Lima, F. (2017). Métricas urbanas: Sistema (para)métrico para análise e otimização de configurações urbanas de acordo com métricas de avaliação de desempenho. Tese de Doutorado em urbanismo. – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.32351.15529
- Mitchell, W. J. (1990). *The Logic of Architecture*. Cambridge: MIT Press