

MODELAGEM PARAMÉTRICA NA CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO: uma experiência didática

MODELADO PARAMÉTRICO EN LA CONCEPCIÓN DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO: una experiencia docente

PARAMETRIC MODELING IN CONCEPTION OF ARCHITECTURAL DESIGN: a teaching experience

GRIZ, CRISTIANA MARIA SOBRAL

Doutora, Universidade Federal de Pernambuco, email: cristiana.sgriz@ufpe.br

RESENDE, CAMILA CAVALCANTI

Doutora, Universidade Federal da Paraíba, email: camila.resende@academico.ufpb.br

ANDRADE, MAX LIRA VERAS XAVIER DE

Doutor, Universidade Federal de Pernambuco, email: max.andrade@ufpe.br

RESUMO

Os avanços computacionais das últimas décadas trouxeram profundas transformações no processo de projeto de arquitetura e na sua maneira de ensinar. Dentre as alterações, está o uso da modelagem paramétrica como um instrumento de auxílio à concepção do projeto. Esta não só tem contribuído com uma maior liberdade formal quanto à possibilidade de automatizar a avaliação de requisitos de projeto ainda nas fases iniciais da concepção. Este artigo relata resultados de uma das atividades da Célula BIM - UFPE – projeto que visa incentivar a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM no ensino superior. Este traz discussões sobre o ensino da modelagem paramétrica em uma experiência didática. A base metodológica utilizada é o *Problem Based Learning*, onde são introduzidas definições e aplicações de modelagem paramétrica, BIM e programação computacional para que os alunos desenvolvam um estudo de viabilidade para uma edificação de uso misto. Os resultados iniciais sugerem que as soluções resultantes do processo paramétrico permitiram aos alunos avaliá-las automaticamente, em relação aos critérios pré-estabelecidos, como adequação aos parâmetros urbanísticos (área total da construção, gabarito etc.) e ao orçamento máximo permitido. Com isso, os alunos são capazes de perceber que a otimização do processo de projeto através da codificação das decisões, utilizando meios computacionais e a modelagem paramétrica, pode acelerar, de maneira qualitativa, a fase de concepção de projetos.

PALAVRAS-CHAVES: modelagem paramétrica; design algorítmico; processo de projeto, programação visual; ensino do BIM.

RESUMEN

Los avances computacionales de las últimas décadas han traído cambios profundos al proceso de diseño arquitectónico y en la forma en que se enseña este tema. Entre los cambios destaca el modelado paramétrico, que propició tanto una mayor libertad formal como la posibilidad de automatizar el análisis de los requerimientos del proyecto, desde sus etapas iniciales. Este artículo reporta resultados de una de las actividades de la Célula BIM - UFPE, un proyecto que tiene como objetivo incentivar la aplicación de nuevas tecnologías relacionadas con BIM en la educación superior, y trae discusiones sobre la enseñanza del modelado paramétrico en una experiencia didáctica. La base metodológica utilizada es el Aprendizaje Basado en Problemas, donde se introducen definiciones y aplicaciones del modelado paramétrico, BIM y programación para que los estudiantes puedan desarrollar un estudio de viabilidad de un edificio de uso mixto. Los resultados iniciales sugieren que las soluciones resultantes del proceso paramétrico permitieron a los estudiantes evaluarlas automáticamente, en relación con criterios preestablecidos, como la adecuación a los parámetros urbanos (área total de construcción, altura máxima del edificio etc.) y el presupuesto máximo permitido. Con esto, los estudiantes pueden darse cuenta de que optimizar el proceso de diseño, a través de decisiones de codificación utilizando medios computacionales y modelado paramétrico, puede acelerar cualitativamente la fase de concepción del proyecto.

PALABRAS-CLAVES: modelado paramétrico; diseño algorítmico; proceso de diseño, programación visual; enseñanza BIM.

ABSTRACT

The computational advances of the last decades have brought profound transformations in the architectural design process and in the way this subject is taught. Among the changes, parametric modeling stands out, which has led to both greater formal freedom and the possibility of automating the analysis of design requirements, from its initial stages. This paper reports the results of one of the activities of the BIM Cell - UFPE – a project that aims to encourage the application of new technologies related to BIM in higher education and brings discussions about the teaching of parametric modeling in a didactic experience. The methodological basis used is *Problem Based Learning*, where definitions and applications of parametric modeling, BIM and computer programming are introduced so that students can develop a feasibility study for a mixed-use building. Initial results suggest that the solutions resulting from the parametric process allowed students to automatically evaluate them, in relation to pre-established criteria, such as adequacy to urban parameters (total construction area, maximum high of the building, etc.) and the maximum budget allowed. With this, students are able to perceive that the optimization of the design process, through the codification of decisions using computational means and parametric modeling, can qualitatively accelerate the project conception phase.

KEYWORDS: parametric modeling; algorithmic design; design process, visual programming; BIM teaching.

Recebido em: 24/03/2025

Aceito em: 20/01/2026



REVISTA
PROJETAR

Projeto e Percepção do Ambiente

v.11, n.2, maio de 2026

1 INTRODUÇÃO

O século XXI está marcado por uma profunda expansão do conhecimento nas mais diversas áreas do saber, o que faz moldar a realidade e expandir os limites das possibilidades de atuação profissional (Sprecher, Ahrens, 2016). Mais recentemente, o conhecimento está associado à capacidade tecnológica de coletar, associar e conectar informações. Na área da Arquitetura, Engenharia, Construção, Operação e Manutenção (AECOM) isso faz desestabilizar a compreensão comum dos mecanismos de produção do espaço arquitetônico, incorporando, no processo de emergência da solução projetual, a capacidade de lidar com uma variedade significativa de dados e informações de projeto, obtidos de diferentes fontes de conhecimento, em intrincados sistemas computacionais, resultando em processos iterativos e colaborativos (Sprecher, Ahrens, 2016).

Aliado à expansão do uso de sistemas computacionais no processo projetual, a necessidade de colaboração e interoperabilidade no campo da AECOM fez expandir a necessidade de uso do paradigma da *Building Information Modeling* (BIM). Entendido como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos que visam produzir, comunicar e analisar a informação da construção (Sacks et al, 2018, p. 21), o BIM se tornou sinônimo de transformação tecnológica na indústria da construção civil. Por meio das tecnologias que suportam o BIM, associado a novos processos e a uma mudança na cultura organizacional, é possível construir um protótipo virtual do edifício (modelo de informação baseado em objetos) e organizar as informações de maneira estruturada, de modo a facilitar a coordenação, o compartilhamento de dados e reforçar a consistência do projeto e a distribuição da informação em todas as fases do ciclo de vida do edifício - concepção e desenvolvimento, passando pelo planejamento da obra à construção do edifício, até chegar no uso e manutenção da edificação (Ingram, 2020).

De acordo com Sacks *et al* (2018), a modelagem paramétrica é considerada uma das tecnologias em que se apoia o BIM. Entretanto, sua aplicação no processo de projeto de arquitetura, engenharia e design tem sido ainda pouco explorada e, nem sempre, feita de maneira a potencializar a capacidade criativa de quem concebe e desenvolve o projeto. Inicialmente, sua aplicação trouxe benefícios no desenvolvimento do projeto, particularmente na etapa de documentação. Contudo, o processo de projeto permanecia inalterado, sendo, assim, o uso do computador, e, mais especificamente da modelagem paramétrica, serviria principalmente para auxiliar à documentação ou, como sugerido por Oxman (2006), usada pelos projetistas apenas para estabelecer interações representacionais.

Entretanto, a compreensão do papel do computador não apenas como um instrumento de informatização, mas considerando o seu papel de ampliação do potencial criativo, que até os anos 1980 se restringia à experimentação em laboratórios de grandes universidades (Kalay, 2005), passa a se tornar cada vez mais frequente. Em alguns escritórios de projeto, o computador chega a ser considerado como a própria extensão do pensamento projetivo dos arquitetos. Para isso vários softwares foram desenvolvidos, inclusive aqueles que começam a explorar a modelagem paramétrica nos processos compositivos do arquiteto. Ao abordar questões de topologia do edifício, a abordagem paramétrica pôde ser mais bem explorada no processo de projeto, na etapa de morfogênese¹, possibilitando sua incorporação como um instrumento ativo de auxílio à concepção projetual (Oxman, 2006).

Baseado em autores como Schumacher (2009), Leach (2014) e Voltolini (2016), este artigo entende a modelagem paramétrica, aplicada à concepção do projeto, como uma metodologia de definição de modelos paramétricos, que visa apoiar a concepção da forma, auxiliando na definição das suas propriedades geométricas, por meio da escolha de parâmetros fixos (definições invariantes ou restrições) e parâmetros variáveis (capacidade de evoluir). Quando essa modelagem está associada à metadados, esses parâmetros agregam, também, informações de natureza não-geométrica, como material, função, informações sobre custo, clima, sustentabilidade, desempenho etc.

É justamente a capacidade do projetista de manipular esses parâmetros durante o processo de concepção da forma arquitetônica, apoiado pelo uso da computação, que faz com que a modelagem paramétrica cause impactos disruptivos no processo projetual. O resultado é obtido através da possibilidade da criação de soluções emergentes, com resultados advindos de processos colaborativos entre projetistas (arquiteto, engenheiro, designer, etc.), consultores, clientes e outros *stakeholders*, baseados em métodos que estruturam e gerenciam as informações de projeto, apoiadas no conceito BIM. Além disso, essa prática pode possibilitar que os projetistas tenham mais liberdade para selecionar, sintetizar e avaliar as soluções projetuais (Bernstein, 2018). Nesse sentido, o nível maior ou menor de interação dos projetistas com novos métodos de pensar e fazer o projeto, apoiadas em tecnologias emergentes, pode alterar profundamente não apenas o tipo e a granularidade da informação a ser usada no projeto arquitetônico, mas também a qualidade da solução projetual.

Somado a isso, Tedeschi (2014) afirma que a modelagem baseada em algoritmos permite manipular como os problemas são estruturados “dentro” dos softwares, possibilitando encontrar diferentes soluções de projeto, eventualmente inovadoras, através da programação. Apesar da complexidade do uso da programação computacional, a proliferação, nos últimos 20 anos, de aplicativos que usam a programação visual², abriu o horizonte de possibilidades dos projetistas trabalharem de forma muito mais intuitiva na concepção e desenvolvimento de projetos apoiados pelo computador. Com o uso e difusão de softwares de programação visual, os projetistas começaram a entender que podem gerenciar a complexidade estruturando rotinas e procedimentos de modo mais visual a partir de seus recursos. Este tipo de modelagem está diretamente vinculado às linguagens de programação que expressam instruções da forma executadas pelo computador, ou seja, o algoritmo (Tedeschi, 2014). Como explicado por Leach (2009) e Burry (2011), a computação e os tipos de modelagem mais avançados, aqueles baseados em parâmetros e algoritmos, têm se tornado uma cultura no campo da Arquitetura.

A partir dessas transformações que vêm ocorrendo no campo projetual, vê-se a importância na rediscussão do ensino dessas novas práticas nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. O curso de AU da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), assim como mostram vários autores em universidades variadas (Vasconcelos, Sperling, 2016; 2019; Sperling et al, 2019), vem oferecendo disciplinas apoiadas no uso de tecnologias digitais voltadas para o projeto há alguns anos. Entretanto, como discutido em Nardelli (2019), a princípio, o foco não passava do aprendizado de manipulação de ferramentas em si, praticamente não abordando novas práticas projetuais. Mais do que aprender a usar softwares de manipulação de formas e representação dentro de práticas tradicionais de concepção de projeto, o desafio está em trazer o seu uso para apoiar o processo de concepção e desenvolvimento do objeto arquitetônico. Para tanto, é preciso pensar em atividades que, apoiadas em novos métodos de ensino e no uso da computação, possam trazer novas formas de experimentar, colaborar, trocar, inovar e ensinar esses paradigmas de processo digital para as novas gerações de profissionais - o que torna o tema fundamental nas discussões pedagógicas desses cursos. Ou seja, é fundamental estabelecer novas abordagens pedagógicas para o desenvolvimento de metodologias de ensino com práticas colaborativas aplicadas em experiências híbridas de exploração de novos conhecimentos associados aos processos de projeto paramétrico.

Sabe-se que ainda não há um consenso sobre de que maneira deve ser feita a incorporação do projeto computacional nos currículos de graduação (Barison, 2015; Romcy, 2017; Nardelli, 2019; Checucci, 2019). Alguns autores sugerem a proposição de disciplinas isoladas da área de expressão gráfica (Nardelli, 2019). Outros, acreditam que seja mais eficiente inserir em oficinas de projeto eletivas ou em workshops (Checucci, 2019). Entretanto, com o desenvolvimento do Plano de Implantação BIM (PIB) no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE algumas disciplinas-chave se mostraram adequadas para inserção desse conteúdo.

Sejam em disciplinas isoladas, sejam em workshops pontuais, alguns autores (Nardelli, 2019; Voltolini, 2016) sugerem o uso do *Problem Based Learning* (PBL) como metodologia de ensino (Bashir et al, 2013). Segundo eles, o PBL apresenta muitas vantagens para a aprendizagem e o ensino, especialmente em profissões orientadas para a prática, como é o caso da AU. Com o auxílio do PBL no ensino de BIM, e com foco na modelagem paramétrica, observa-se a mitigação das dificuldades iniciais de modelagem por parte de alguns estudantes – dificuldades geradas a partir da necessidade de conhecimento aprofundado da geometria e de uma percepção tridimensional mais apurada (Obi et al, 2022).

2 SOBRE A TEORIA E O MÉTODO

A base conceitual que guia o desenvolvimento do experimento didático deste artigo parte do entendimento sobre a modelagem paramétrica e a modelagem algorítmica, sendo necessário, primeiramente, apresentar a diferença entre as duas, que são temas difundidos a partir da evolução de alguns softwares de modelagem. A seção é finalizada com a apresentação do método didático adotado no experimento, considerando as características do PBL somado ao ensino do BIM.

A modelagem paramétrica e a algorítmica

Idealizada desde 1980, a modelagem paramétrica teve como objetivo inicial facilitar problemas advindos da modelagem convencional, onde elementos geométricos são, normalmente, inseridos de forma independente e podem ser modificados sem alteração da forma geral. A princípio, esses elementos eram considerados como benefícios trazidos com o computador a partir de alguns conceitos (copiar, cortar e colar) que tinham o intuito de auxiliar na rápida modificação dos desenhos (Tedeschi, 2014; Woodbury, 2010).

Como comentado na introdução, a modelagem paramétrica cria um modelo que possui dois tipos de atributos: os parâmetros variáveis e os fixos – estes últimos, chamados, também, de restrições (Hernandez, 2006). A partir dessa definição, entende-se que o projetista não desenha, mas cria ligações entre estes atributos do projeto (Woodbury, 2010; Voltolini, 2016), que são de natureza geométrica e não geométrica. Ou seja, diversos parâmetros, tais como conforto acústico e térmico, limite orçamentário, desempenho estrutural, espacial, acessibilidade, usabilidade, conforto ergonômico etc. – informações não geométricas do campo do projeto de artefatos (os metadados), são traduzidos e reescritos através de parâmetros que definem e geram sua forma geométrica.

Fazer a tradução entre essas informações não geométricas – os requisitos projetuais, e a forma inicial do artefato faz parte do processo tradicional de projeto. Assim como ressaltado por Oxman (2017, p. 4, tradução nossa), no processo projetual a maioria dos projetistas “trabalham através dos complexos processos cognitivos iterativos de conceituação, modificação e refinamento em um espaço de solução”. Isso acontece praticamente em todo processo de projeto, seja ele executado com mídias analógicas ou digitais não paramétricas³. Além disso, como sugere Silva (1984), a busca em atender um grande número de condicionantes do projeto faz com que a solução formal seja alcançada através um processo de aproximações sucessivas, com tentativas e adaptações sequenciais representadas por meio dos sistemas de representação gráfica da geometria Euclidiana.

Entretanto, o paradigma paramétrico altera substancialmente esse processo. Isso porque esses requisitos são transformados em regras e parâmetros que, ao serem relacionados uns com os outros, definem não apenas uma solução formal que atenda a esses requisitos, mas um espaço de soluções a eles associados. Esse é um dos princípios básicos de um sistema generativo de projeto (Fischer, Herr, 2001). Nesse sistema o projetista não desenvolve diretamente a forma geométrica do artefato que está sendo projetado, e sim, um sistema generativo que gera não apenas uma, mas várias possíveis soluções formais (ou informacionais) baseadas nas regras e parâmetros por ele definidos.

É importante lembrar que a relação sistematizada entre esses parâmetros, de acordo com os requisitos projetuais e dentro da lógica paramétrica, acontece mesmo que não seja usada nenhuma tecnologia digital para seu desenvolvimento. A lógica dessa relação é definida pelo projetista, que precisa dominar tecnicamente temas diversos (acústica, estrutura, materialidade, funcionalidade etc.) e, principalmente, entender as propriedades das formas geométricas, para que requisitos específicos sejam geradores das geometrias que os traduzam. Ou seja, antes do uso da ferramenta computacional é fundamental desenvolver o modelo teórico da modelagem paramétrica, onde são descritas as estratégias de desenvolvimento da modelagem e que vai guiar sua implementação em qualquer mídia digital.

Quando esse modelo teórico é implementado em um sistema computacional tem-se um mecanismo colaborativo entre projetistas e computador. Através da manipulação automática dos parâmetros, esses projetistas poderão ter maior liberdade para manipular as respostas formais (e de metadados) para as questões projetuais. É assim que a modelagem paramétrica é utilizada na etapa de morfogênese, como meio gerador da forma geométrica do projeto. O espaço de soluções pode ser refinado e modificado automaticamente através da manipulação computacional do relacionamento entre os parâmetros fixos e variáveis. É essa capacidade de editar e modificar automaticamente as formas que pode possibilitar com que a modelagem paramétrica auxilie na concepção das soluções, ainda nas fases iniciais do processo de projeto, trazendo impactos diretos na maneira de concebê-lo, principalmente no que diz respeito à solução espacial, como resultado de um conceito.

Relacionada ao conceito de modelagem paramétrica, a modelagem algorítmica (também conhecida como *Algorithmic Modeling* ou *Algorithmic Design*) refere-se ao uso de uma linguagem de código (algoritmo ou *script*). Diferente da modelagem paramétrica – que oferece liberdade de manipulação preferencialmente para os parâmetros variáveis – a algorítmica pode oferecer uma série de novas possibilidades, permitindo adaptações, customizações ou uma total reconfiguração das relações entre os dois tipos de parâmetros. No campo da Arquitetura, surgem alternativas para analisar os modelos virtuais do ponto de vista do conforto ambiental, das características estruturais e de diversos outros condicionantes de projeto através de algoritmos (Burry, 2011).

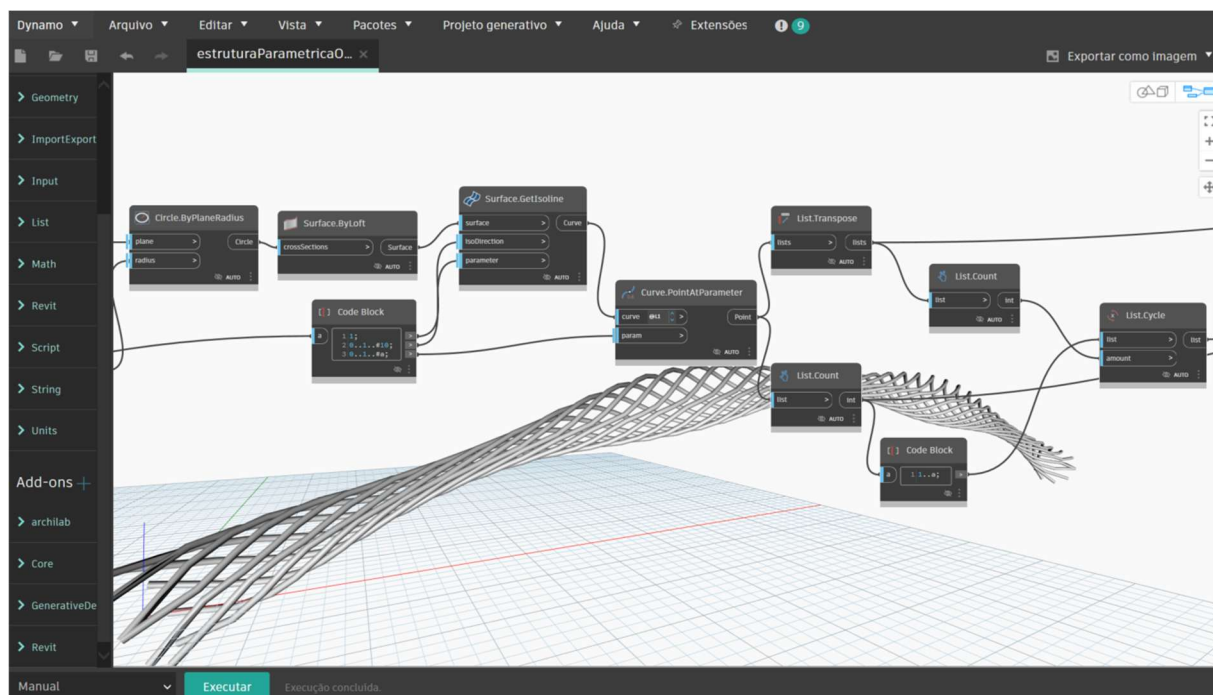
Neste caso, e trabalhando com parâmetros fixos e variáveis, o projeto é alterado através da manipulação de um código e não diretamente da forma geométrica do objeto projetado (Leach, 2014; Voltolini, 2016). Esse procedimento implica que o projetista não irá mais representar a forma intuitivamente (*form-making*), e sim, procurar e determinar a forma em um momento posterior (*form-finding*) (Kolarevic, 2009; Polonini, 2014). Isso abre um amplo caminho para exploração formal.

De modo geral, a modelagem algorítmica é uma técnica de modelagem que tem um certo nível de abstração, pois é através de instruções e comandos dados pelo projetista e, que serão executados pelo computador, que a forma surgirá. Ou seja, é um roteiro composto por uma sequência de passos, um conjunto de instruções a serem seguidas – um algoritmo. Em alguns casos, esse algoritmo é desenvolvido por uma linguagem computacional em forma de texto, em linhas de comando (Voltolini, 2016). Sendo assim, os profissionais “desenham” por algoritmos, onde as relações entre a imagem da forma e o código são definidas em um processo de exploração e reedição das relações associativas em um espaço virtual (Oxman, 2017).

No entanto, há a possibilidade de gerar códigos por meio do uso de softwares que apresentam uma interface gráfica com o usuário – a programação visual. Neste tipo de programação, em vez de apresentar uma interface para escrever linhas em um compilador, esses programas contêm uma área de trabalho onde se inserem os componentes que comporão o código para realizar uma determinada tarefa (Figura 1). Apesar da programação com linguagem textual proporcionar um domínio maior sobre o que se deseja parametrizar, a programação visual se mostra mais próxima da realidade do projetista não especializado em linguagem de programação computacional textual. Ela funciona concatenando elementos gráficos, tornando o fluxo de dados mais perceptível, o que facilita o aprendizado dos projetistas devido a sua familiaridade com a linguagem gráfica. Por essa razão, ela tem se difundido no campo do projeto de arquitetura, engenharia e design⁴.

O avanço da programação visual se deu com o surgimento do Generative Components, da Bentley, por volta de 2003. Logo em seguida, houve a criação do plug-in Grasshopper para Rhinoceros da Mcneel, em 2007 (Davis, Burry & Burry, 2011). Uma alternativa mais recente, em 2015, é o Dynamo Studio, que funciona dentro da plataforma de modelagem BIM da Autodesk, o Revit (Figura 1).

Figura 1: Interface do Dynamo.



Fonte: Os autores.

Tanto na modelagem com programação visual, quanto naquela com programação textual, a compreensão do espaço tridimensional e das propriedades dos elementos geométricos (Pottmann et al, 2007; Woodburry, 2010), bem como o entendimento matemático das relações formais, são essenciais para o desenvolvimento de códigos (Burry, 2011). Isso porque, no contexto da modelagem paramétrica e algorítmica é importante destacar que a geometria está no cerne do processo de projeto, e não só para criar modelos virtuais, mas também para que o computador execute o que ainda está no campo das ideias (Pottmann, 2010). Neste caso, torna-se imprescindível ter um conhecimento aprofundado das mais variadas propriedades das formas geométricas (Pololini, 2014) e um pensamento algorítmico detalhado e sistematizado (Burry, 2011; Bernstein, 2018). Por outro lado, deve-se, também, levar em consideração que a concepção formal

depende de um repertório de formas gerado pelo projetista (Carpo, 2011), bem como “o sistema de representação gráfica, e conseqüentemente, os recursos geométricos utilizados nele, exercem influência no processo de concepção das formas arquitetônicas” (Voltolini, 2014, p. 38-39).

Diante do exposto, percebe-se que a modelagem paramétrica, com ou sem a abordagem algorítmica, introduziu uma mudança profunda nos métodos, processos e técnicas de projeto, impactando diretamente nos programas educacionais (Succar, 2009). É uma transformação inovadora que implica também em uma necessária mudança nas práticas de trabalho, de ensino e de aprendizagem (Ingram, 2020).

De modo geral, existe uma ampla discussão sobre o ensino de projeto apoiado no uso das ferramentas digitais. Para Oxman (2008), é preciso empregar “didáticas do projeto digital” para promover capacidades generativas que não podem ser realizadas apenas por métodos convencionais. É importante preparar os estudantes para a vida profissional, de modo que eles possam reconhecer quais ferramentas podem melhor auxiliá-los em seus projetos (Bernstein, 2018; Alalouch, 2022). Tendo isso em mente, o experimento didático, por meio do PBL (descrito na seção a seguir), teve como base a introdução dos estudantes na linguagem de programação visual, a fim de apresentar para eles possibilidades de automação dos processos de concepção de seus trabalhos apoiados no uso de aplicativos de modelagem paramétrica.

O método didático

Neste experimento, o ensino do BIM e o foco no uso da modelagem paramétrica são os principais pontos a serem observados. Além disso, como citado anteriormente, entende-se que o *Problem Based Learning* (PBL) pode auxiliar os estudantes na formação prática de projetos de arquitetura. Isso porque, acredita-se que a aplicação do PBL apoiado no uso e manipulação de ferramentas digitais, pode melhorar o desempenho das ações projetuais, podendo impactar positivamente nas resoluções das soluções de projeto geradas.

No PBL, o aprendizado é iniciado por um problema, ou o cenário de um problema. Nele, os alunos e professores discutem situações da prática profissional, levantando questões que podem ser transformadas em objetivos de aprendizagem, no qual vários conhecimentos são considerados (Adiyanto, 2018). A ideia desse método é que os estudantes aprendam a partir do desenvolvimento de ideias críticas e criativas. Assim, o professor passa a ser um facilitador do processo de aprendizagem, diminuindo seu papel de tutor e único agente de transferência de conhecimento (Bashir et al, 2013).

No curso de AU da UFPE, as primeiras disciplinas que abordavam temas do BIM e modelagem paramétrica começaram a ser introduzidas no ano de 2010. Assim como em outros exemplos, muitas vezes o foco não passava do aprendizado da ferramenta como meio de representação. Buscando superar essa fase, o experimento aqui apresentado foi concebido e organizado tendo como base o método do PBL. Para tanto, e levando-se em consideração o principal conteúdo a ser abordado pela disciplina – introdução à modelagem paramétrica e algorítmica no processo de projeto – foi concebido um problema prático do campo da AU, o qual, inevitavelmente, levaria os discentes a recorrerem a conhecimentos de outra natureza para aprimorar a resolução da questão: o desenvolvimento de um estudo de viabilidade para um empreendimento de uso misto (descrito a seguir).

Tendo em vista, os conceitos apresentados, o experimento buscou os benefícios do PBL e a sua integração junto à modelagem paramétrica e ao BIM. Desta maneira, em primeiro lugar, foi apresentada a problemática projetual – área do estudo, necessidades projetuais, parâmetros urbanísticos, aspectos da legislação da cidade e requisitos vinculados à construção do edifício (orçamento máximo, altura mínima do pavimento, cálculo das áreas de cada pavimento e área do bloco da base). Em seguida, foram introduzidos os conteúdos sob os quais a questão projetual foi abordada. Com isso, as definições de BIM são revisitadas, porém o foco é direcionado para o entendimento do design generativo (Fischer; Herr, 2001), da parametrização (Sacks et al, 2018; Oxman, 2006) e introdução básica à programação computacional (Pereira; Vaz, 2013). Temas escolhidos de maneira a proporcionar aos estudantes um conhecimento básico que auxilie na resolução do problema estabelecido pela disciplina.

3 A EXPERIÊNCIA DIDÁTICA

O experimento foi feito em uma disciplina eletiva ofertada pelo curso de AU da UFPE. Esta possui uma carga horária teórica de 8h e prática de 22h, totalizando 30h, e está localizada no 5º período (terceiro ano) da graduação. Neste estágio, a maior parte dos estudantes cursaram disciplinas que introduzem o BIM, e mesmo que não seja pré-requisito nenhum conhecimento de softwares de modelagem paramétrica, a maioria já utiliza alguma ferramenta para produção de modelos 3D.

Conforme mencionado anteriormente, logo nas primeiras aulas é apresentado o problema de projeto a ser solucionado: elaborar um estudo de viabilidade de um projeto que contenha tanto espaços comerciais e de serviço nos andares inferiores (com no máximo três pavimentos), quanto áreas residenciais nos andares superiores (torre). Neste exercício principal da disciplina, os estudantes são solicitados a pensar na proposta plástica do projeto levando em conta os parâmetros urbanísticos e o custo máximo estabelecido (já configurados no *template* com o código geral – Figura 4). Assim, resumidamente, o projeto deverá atender:

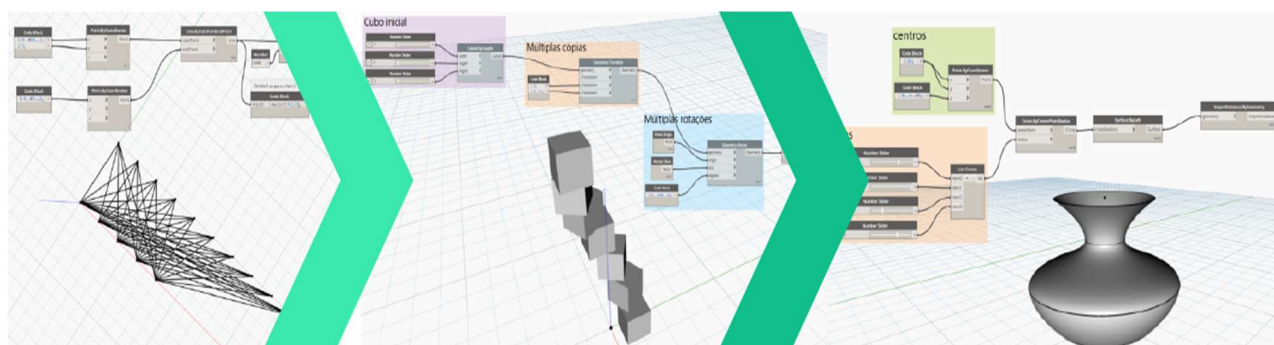
- afastamentos (frontal, lateral e final) dentro do máximo permitido;
- gabarito até o máximo permitido;
- coeficiente de aproveitamento - o máximo do potencial construtivo do terreno;
- orçamento dentro dos valores estabelecidos.

Nesse sentido, os critérios de avaliação utilizados foram: (1) criatividade; (2) atendimento aos requisitos de projeto/legislação; (3) qualidade da modelagem; e, (4) geração de relatório, contendo a análise das propostas volumétricas adequadas e a explicação das descartadas.

Trata-se de uma questão projetual que poderia ser solucionada pelos métodos tradicionais de projeto. Entretanto, o objetivo foi introduzir a lógica da modelagem paramétrica no processo inicial de concepção arquitetônica. Para isso, nos primeiros momentos são introduzidos os conteúdos teóricos sobre design generativo, modelagem paramétrica e lógica de programação, principalmente dentro de plataformas de programação visual.

A princípio, a compreensão da lógica geométrica paramétrica pode ser uma dificuldade para os alunos, principalmente, por falta de um maior entendimento das propriedades das formas geométricas, bem como de habilidades relativas à visualização tridimensional necessárias para a sua aplicação. Segundo Obi e seus colegas (2022), esses desafios podem ser superados com a adoção do PBL. Rahman, Ayer e London (2018) concordam com essa afirmação, sugerindo que o método pode dar suporte aos estudantes aprimorando e reforçando a aquisição dessas habilidades, além de estimulá-los a lidar com questões advindas de projetos desenvolvidos parametricamente e em plataformas BIM. Para os autores, é importante que o PBL esteja organizado em um processo estruturado, no qual os discentes tenham tarefas relacionadas a módulos tanto criativos quanto aos de validação do problema.

Figura 2: Sequência dos exercícios - 1. Pontos e amarras; 2. Cubóide rotacionado; 3. Jarro.



Fonte: Os autores.

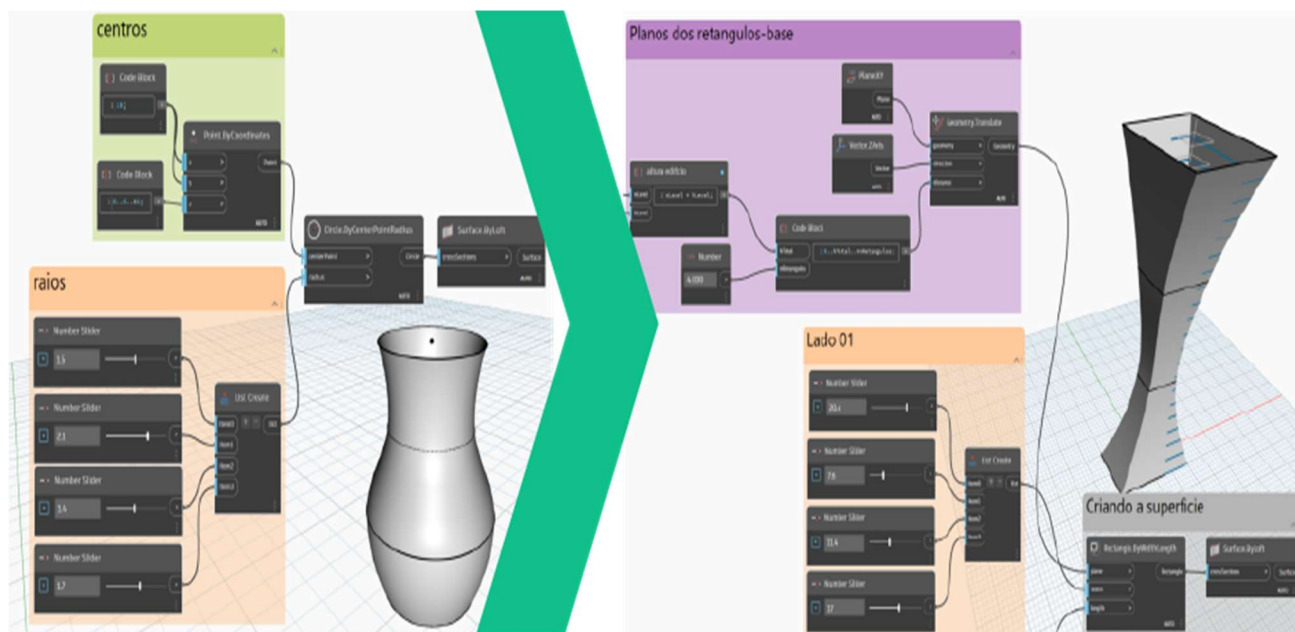
Tendo isso em vista e associado ao conteúdo teórico, são propostas pequenas atividades práticas definidas estrategicamente de maneira que a soma dessas atividades envolve tanto o raciocínio teórico, quanto habilidades com a ferramenta em que o problema será resolvido (Figura 2). Assim, o foco é desenvolver: (a) habilidade para trabalhar com um modelo paramétrico (uma geometria criada com a programação visual) que atenda aos parâmetros urbanísticos; (b) habilidade de extrair desse modelo informações sobre a edificação proposta (área total, área por pavimento, gabarito etc.), e por fim, (c) checar se soluções propostas atendem aos requisitos de custo e máximo potencial construtivo estabelecido no problema.

Essas pequenas atividades práticas são, primeiramente, resolvidas do ponto de vista conceitual – fazendo com que seja desenvolvida a lógica teórica da modelagem paramétrica, e em seguida, tal lógica é implementada no Dynamo. Dessa maneira, o ensino da ferramenta se torna coadjuvante no processo de aprendizagem. Isso porque o objetivo principal é encontrar respostas para a resolução da questão, à luz da

lógica paramétrica e do ponto de vista teórico, para, depois, ensinar comandos disponíveis que possam implementar e automatizar a estratégia de modelagem definida. Somado a isso, estas atividades objetivam ensinar como os softwares de programação visual operam a lógica de programação. Por isso, são também apresentados os tipos de dados que o software opera – *boolean* (condicional, verdadeiro ou falso), *number*, *string* (texto) e *geometry* (Tedeschi, 2014) – e propostos exercícios para o seu entendimento e manipulação.

Essas atividades práticas iniciais também são pensadas para ter soluções relativamente simples, que, a princípio, requerem apenas o raciocínio geométrico. Entretanto, ao final, é mostrado que a mesma lógica paramétrica pode ser utilizada na resolução de questões projetuais mais complexas dentro da área da AU, apenas alterando e manipulando alguns parâmetros. A Figura 3 exhibe a modelagem da superfície de um jarro, onde o foco está no ensinamento da lógica paramétrica para a construção de uma forma dessa natureza. Em seguida, é mostrado como com algumas pequenas alterações, seja de *inputs*, seja do tipo de curva que conforma a superfície do jarro (de círculos para quadriláteros, por exemplo), podem fazer com que o produto dessa mesma lógica paramétrica resulte na forma inicial de um edifício.

Figura 3: Adaptação de código com mesma lógica geométrica para fins diversos.

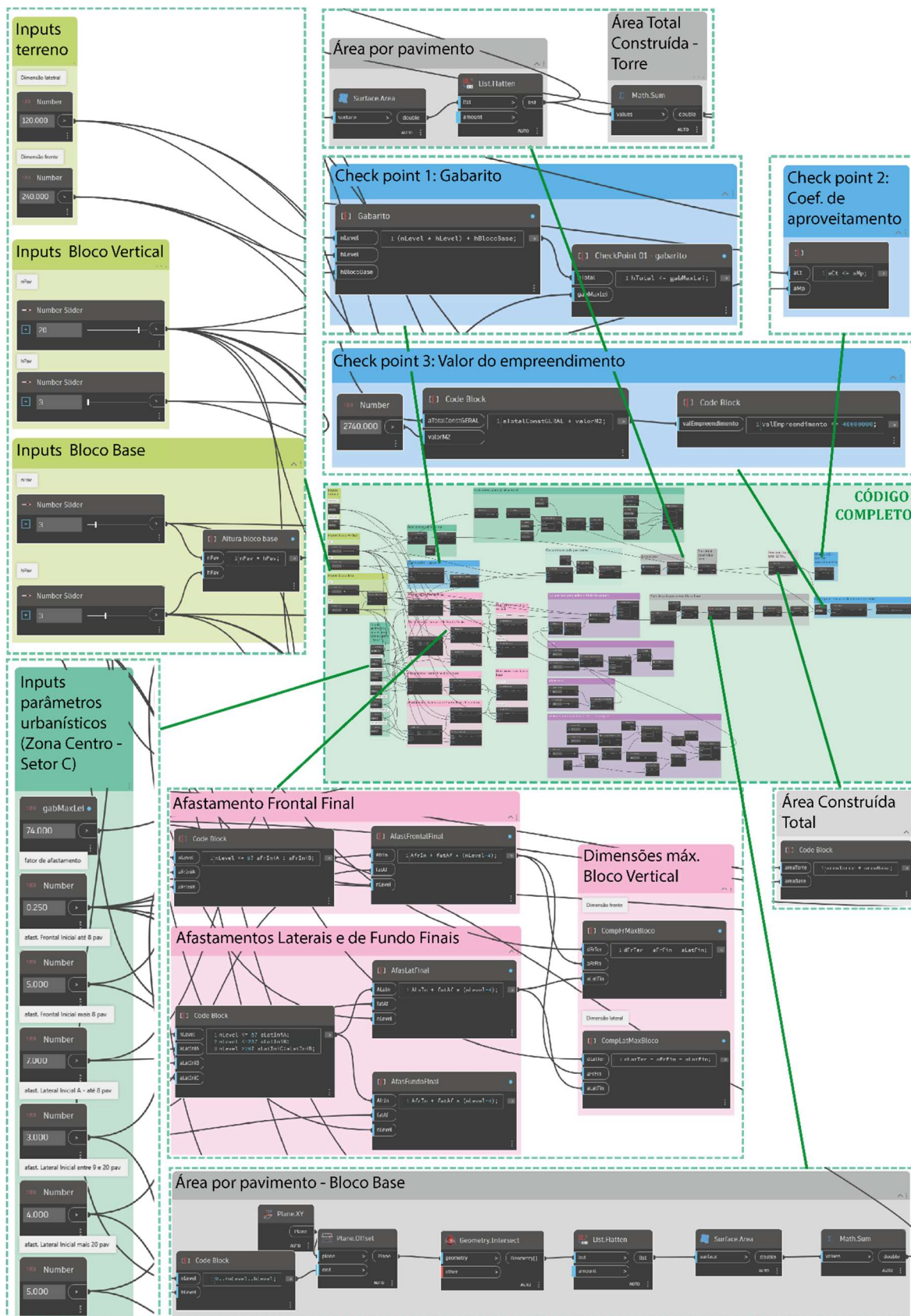


Fonte: Os autores.

Acredita-se que, ao final desses exercícios, que incluem também o aprendizado e manipulação de dados no Dynamo (listas, sequenciais e operadores matemáticos) e como extraí-los e organizá-los automaticamente em planilhas, os estudantes estão aptos a resolver, do ponto de vista paramétrico, a questão projetual colocada. Entretanto, como a disciplina é relativamente curta, o material didático fornece um código completo com os *inputs* necessários para o desenvolvimento da geometria do edifício (parâmetros urbanísticos, número de pavimentos, altura do pavimento etc.), bem como o código necessário para a extração das informações construtivas do modelo (Figura 4). Assim, cabe, aos discentes, duas tarefas principais: (1) desenvolver o código que resulta apenas na geometria do edifício; (2) adaptar esse código da geometria para inseri-lo no código geral (substituindo os blocos da cor roxa da Figura 4), fazendo com que os *inputs* da geometria sejam os parâmetros urbanísticos da área em questão e que, desta geometria sejam extraídas as informações de checagem dos requisitos inicialmente definidos.

Em resumo, os alunos começam a perceber que o processo de projeto não é apenas uma “caixa preta”, mas que existe a possibilidade de convivência com a ideia da “caixa de vidro”⁵ (Jones, 1971) em alguns momentos do processo de criação do projeto. Ou seja, percebe-se que a concepção projetual, apoiada na lógica paramétrica, pode ser aproveitada, adaptada e ajustada de um contexto para outro, podendo auxiliar na geração de múltiplas soluções, e que estas podem ser automaticamente analisadas a cada alteração, facilitando a tomada de decisão.

Figura 4: Template com o código geral para desenvolvimento do estudo de viabilidade.



Fonte: Os autores.

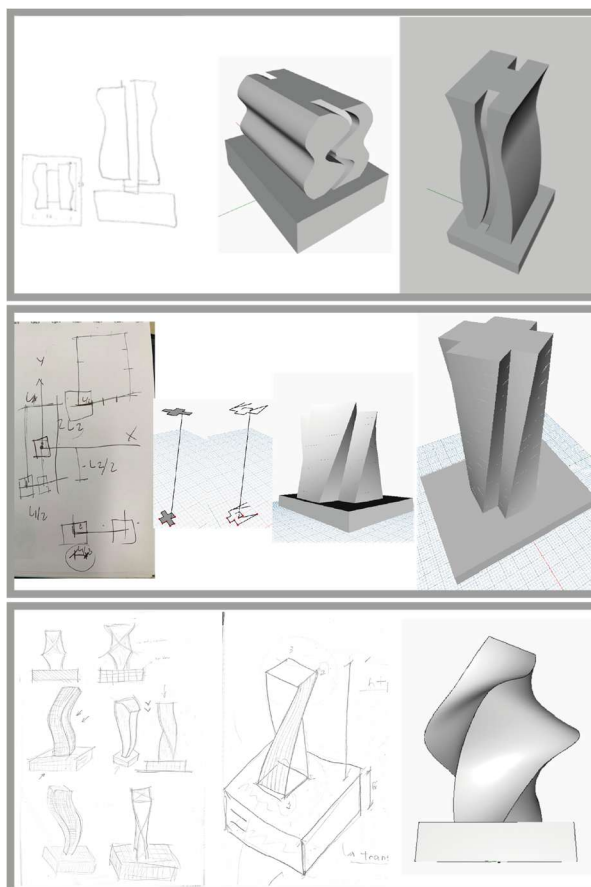
Desenvolvimento dos trabalhos

Antes dos estudantes começarem a desenvolver a lógica teórica da modelagem paramétrica da geometria que resultará na forma do edifício, foi apresentado o *template* com código geral (Figura 4). Neste código, os parâmetros urbanísticos do bairro onde o terreno está situado já estão configurados como inputs – sendo alguns dos parâmetros variáveis (bloco verde à esquerda e embaixo no código). Este, também já inclui diversas informações gerais iniciais - para a definição da forma geométrica (blocos verde-claros à esquerda em cima no código), as dimensões do terreno, o número de pavimentos e a altura do pé esquerdo da base e da torre (todos parâmetros variáveis).

Como comentado, o *template* geral já está configurado para: (1) calcular os afastamentos finais da base e da torre - que variam em função do número de pavimentos (blocos rosa do código); (2) extrair as informações construtivas da geometria (blocos cinza do código); e (3) conferir os pontos de checagem (blocos azuis do código). Nestas últimas são verificados se a geometria dos volumes (blocos roxos do código) atende aos requisitos de: (a) gabarito, (b) coeficiente de aproveitamento, e (c) valor total do empreendimento.

Da mesma maneira que nas atividades iniciais, foi pedido aos estudantes que pensassem na forma geral final aproximada do projeto, para depois, definir conceitual e geometricamente a estratégia de modelagem paramétrica – a lógica teórica da modelagem paramétrica. Para tanto, foram feitos rascunhos, tanto no lápis e papel, como croquis digitais (Figura 5), e, em seguida, a lógica da modelagem foi implementada no Dynamo. Nesta fase, o código da geometria foi desenvolvido em um arquivo distinto do *template* geral, para que os alunos pudessem ter maior domínio e liberdade formal, sem se preocupar com as informações sobre parâmetros urbanísticos e dimensões compatíveis com o enunciado da questão de projeto. Em cada um dos trabalhos, após definido o código da geometria, este foi inserido no *template* geral e adaptado para que a geometria fosse gerada a partir dos *inputs* previamente configurados (parâmetros urbanísticos, número de pavimentos e altura do pé-direito). Em seguida, foram adaptadas as ligações para que fossem extraídas as informações construtivas que permitissem a checagem dos requisitos projetuais pré-estabelecidos.

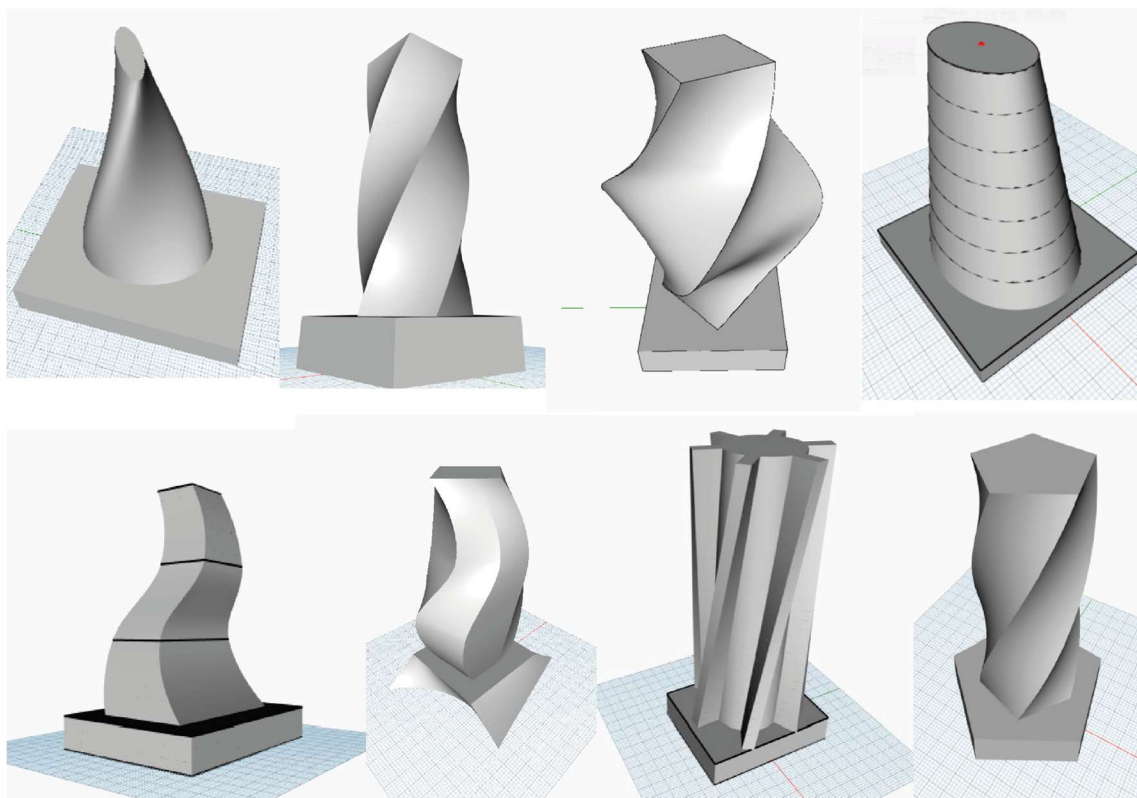
Figura 5: Processo inicial de ideação e do desenvolvimento dos Estudos de Massa.



Fonte: Os autores.

Com o código da geometria adaptado e conectado no *template* geral, os alunos poderiam alterar os parâmetros de número de pavimentos, dimensão de pé-direito e dimensões que definem a geometria e analisar, checando de maneira automática, se a solução formal atendia aos três requisitos pré-definidos (Figura 6). A solução formal que melhor atendesse a questões plásticas, à legislação e à viabilidade do empreendimento (maior potencial dentro do orçamento disponível) era escolhida pelos alunos como resposta final à questão projetual. Por fim, os alunos apresentaram o código e as justificativas que embasaram tal decisão.

Figura 6: Estudos de massa finais.



Fonte: Os autores.

Em síntese, todos os estudantes conseguiram desenvolver tanto um código que correspondesse a forma inicial desejada para a edificação, considerando uma lógica de construção geométrica paramétrica e utilizando uma ferramenta de programação visual. A partir das diversas explorações formais, eram computadas automaticamente todas as informações construtivas (área por pavimento e total), o orçamento, bem como eram verificadas as limitações em relação aos parâmetros urbanísticos, sem a necessidade de refazer cálculos em função da forma geométrica. Além disso, foi percebido que pensar o projeto dentro desse novo paradigma proporciona maior liberdade criativa, permitindo, também, o desenvolvimento de formas geométricas mais complexas, ao mesmo tempo em que facilita o gerenciamento (e manipulação) de informações não geométricas do empreendimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi apresentada uma experiência didática, desenvolvida através do método do PBL, que indica o potencial da modelagem paramétrica e algorítmica como ferramenta de ajuda na fase de concepção de projetos. Sendo inicialmente utilizadas apenas como ferramentas de representação gráfica de formas mais complexas, a modelagem paramétrica permite auxiliar a realização de tarefas de conferência dos parâmetros utilizados no projeto de maneira automatizada, além de diversas outras possibilidades de simulação e otimização.

O experimento apresentado propõe uma maneira de se ensinar o tema da modelagem paramétrica sem que o foco fosse voltado apenas para a manipulação de softwares. Isso porque o objetivo era buscar a construção do conhecimento do tema, através da metodologia PBL, agregando aos conceitos do edifício o

uso de ferramenta paramétrica e algorítmica que auxiliam na rápida manipulação da forma e avaliação de alguns aspectos da mesma (relacionados ao custo e à legislação). Ou seja, por meio da modelagem paramétrica, apoiada em dados, é possível explorar rapidamente opções de geometria e avaliar os impactos da forma, na área construída, no atendimento aos parâmetros urbanísticos e na estimativa de custo do empreendimento. Assim, com o auxílio da modelagem paramétrica e da programação visual, os estudantes conseguem otimizar o processo de resolução de questões projetuais através da codificação de parâmetros de projeto com o uso de meios computacionais e a aplicação da modelagem paramétrica.

Como comentado, o principal objetivo deste artigo foi apresentar sinteticamente uma experiência didática realizada no curso de AU da UFPE, a qual mostrou resultados quanto à integração do PBL e da modelagem paramétrica. Foi importante observar que, a partir do entendimento de atividades práticas simples da modelagem paramétrica, os estudantes conseguiram desenvolver rapidamente estudos de massa para problemas de projeto dado. Com base na apresentação dos trabalhos, acredita-se que os estudantes começam a entender os princípios básicos do uso de um código de programação na exploração formal e nos processos criativos, alternando entre *o form-making* e *o form-finding* (Polonini, 2014).

Em se tratando da introdução gradual dos processos paramétricos para estudantes em início de curso, sugere-se atividades que exercitem a análise de padrões e sistemas existentes, com posterior aplicação dentro de um contexto projetual, ou a disponibilização de modelos pré-definidos para a investigação de variações, a partir da manipulação de seus parâmetros.

Sabe-se que, apesar da intensa discussão sobre o impacto de novos processos de trabalho apoiados em tecnologias digitais dentro do campo da AU, ainda não são amplamente difundidas nos ateliês de projeto no Brasil. Algumas disciplinas estão sendo inseridas em currículos, como a apresentada aqui, mas ainda não são suficientes para provocar uma mudança significativa na maneira de pensar e ensinar a projetar. Segundo Romcy (2017) é preciso ter uma visão curricular estratégica do curso de AU, de maneira que as áreas de projeto e representação estejam em sintonia, para que os estudantes possam adquirir habilidades em atividades que ultrapassem os âmbitos de disciplinas individuais. É preciso ainda uma maior discussão didática-pedagógica acerca do uso dos computadores no ensino de projeto, uma vez que estes têm presença constante dentro do ateliê.

Por fim, é possível observar determinadas estratégias e desafios para a introdução da abordagem paramétrica no ensino de projeto. Para além da capacitação em determinados softwares, é necessária uma mudança de olhar sobre o objeto projetado, a partir da compreensão da forma como expressão de uma lógica pré-definida e a visão do processo como sistêmico, onde a definição de relações e interações repercutem na geração do produto final.

REFERÊNCIAS

- ADIYANTO, J. Real Problem Based Learning in Architectural Design Studio. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARCHITECTURAL EDUCATION IN ASIA 4. **Anais...**Indonesia, 2017.
- ALALOUCHE, C. A pedagogical approach to integrate parametric thinking in early design studios. **International Journal of Architectural Research Archnet-IJAR**, v. 12, n. 2, p. 162, 2018. DOI: 10.26687/ARCHNET-IJAR.V12I2.1584
- BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo**: uma contribuição para a formação do projetista. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/T.3.2016.tde-21032016-101815. Acesso em: 2024-04-24.
- BASHIR, F. M.; AHMAD, M. H.; HAMID, M. Design Studio as Problem Based Learning in architectural education in Universiti Teknologi Malaysia. 4TH INTERNATIONAL RESEARCH SYMPOSIUM ON PROBLEM BASED LEARNING. **Anais...**Kuala Lumpur: 2013.
- BERNSTEIN, P. **Architecture | design | data**: Practice competency in the era of computation. Basileia, Switzerland: Birkhauser, 2024.
- BURRY, M. **Scripting Cultures**: Architectural design and programming. Wiley, 2011. DOI: 10.1002/9781118670538.
- CARPO, M. **The alphabet and the algorithm**. Londres, Inglaterra: MIT Press, 2011.
- CHECCUCCI, É. DE S. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019008, 2019.
- DAVIS, D.; BURRY, J.; BURRY, M. Understanding visual scripts: Improving collaboration through modular programming. **International journal of architectural computing**, v. 9, n. 4, p. 361–375, 2011. DOI: 10.1260/1478-0771.9.4.361
- FISCHER, T; HERR, T. Teaching Generative Design. INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENERATIVE ART. **Anais...**Milão, 2001.

- HERNANDEZ, C. R. B. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. **Design studies**, v. 27, n. 3, p. 309–324, 2006. DOI: 10.1016/j.destud.2005.11.006
- INGRAM, J. **Understanding BIM**: The past, present and future. Londres, England: Routledge, 2020.
- JONES, C. Informe sobre la situación de la metodología del diseño. In: BROADBENT, G. (Org.). Metodología del diseño arquitectónico. Gustavo Gili, Barcelona, 1971. p. 385-395.
- KALAY, Y. E. **Architecture's new media**: Principles, theories, and methods of computer-aided design. Londres, Inglaterra: MIT Press, 2004. ISBN: 9780262538299.
- KOLAREVIC, B. Towards integrative design. **International journal of architectural computing**, v. 7, n. 3, p. 335–344, 2009.
- LEACH, N. Digital morphogenesis. **Architectural design**, v. 79, n. 1, p. 32–37, 2009. DOI: 10.1002/ad.806.
- LEACH, N. Parametrics Explained. **Next Generation Building**, v. 1, n. 1, 2014. DOI: 10.7564/14-ngbj10.
- NARDELLI, E. S. BIM training in Brazil Preparing professionals for BIM adoption by public administration. PROCEEDINGS OF 37 ECAADE AND XXIII SIGRADI JOINT CONFERENCE. **Anais...**São Paulo: Editora Blucher, 2019. DOI:10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_478.
- OBI, L. I. et al. Enhancing BIM competencies of built environment undergraduates students using a problem-based learning and network analysis approach. **Smart and sustainable built environment**, 2022. DOI: 10.1108/sasbe-05-2022-0085.
- OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design studies**, v. 29, n. 2, p. 99–120, 2008. DOI: 10.1016/j.destud.2007.12.003.
- OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design studies**, v. 27, n. 3, p. 229–265, 2006. DOI: 10.1016/j.destud.2005.11.002.
- OXMAN, R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. **Design studies**, v. 52, p. 4–39, 2017. DOI: 10.1016/j.destud.2017.06.001.
- PEREIRA, N. S.; VAZ, C. E. V. Parametrismo e ensino de geometria—as superfícies de Felix Candela. XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO E X INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS FOR ARTS AND DESIGN. **Anais...**Florianópolis: 2013.
- POLOLINI, F. A. **Modelagem Paramétrica na concepção de formas curvilíneas da Arquitetura Contemporânea**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador: 2014.
- POTTMANN, H. Architectural geometry as design knowledge. **Architectural design**, v. 80, n. 4, p. 72–77, 2010.
- RAHMAN., R. A.; AYER., S. K.; LONDON, J.. Applying problem-based learning in a building information modeling course. **International Journal of Engineering Education**, v. 35, n. 3, p. 956–967, 2018.
- ROMCY, N. **Abordagem paramétrica e ensino de projeto**. Proposição de diretrizes metodológicas, considerando estratégias curriculares e o atelier de projeto. Tese (Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: 2017.
- SACKS, R. et al. **BIM Handbook**: a guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, 2018.
- SCHUMACHER, P. Parametricism: **A new global style for architecture and urban design**. *Architectural design*, v. 79, n. 4, p. 14–23, 2009.
- SILVA, E. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: UFRG, 1984.
- SPERLING, D. et al. Crossing Timelines Main research topics in the histories of eCAADe and SIGraDi. INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. **Anais...**Porto: University of Porto, Faculty of Architecture, 2019. p. 407-416.
- SPRECHER, A.; AHRENS, C. Adaptive knowledge in architecture: A few notes on the nature of transdisciplinarity. **Architectural design**, v. 86, n. 5, p. 26–35, 2016.
- SUCCAR, B. Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009. DOI:10.1016/j.autcon.2008.10.003
- TEDESCHI, A. **AAD_Algorithms-Aided Design**: parametric strategies using Grasshopper. Brienza: Le Penseur, 2014.
- VASCONSELOS, T. B. DE; SPERLING, D. M. Entre representações, parâmetros e algoritmos: um panorama do ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital na América Latina. XX CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL. **Anais...**Buenos Aires: 2016. DOI: 10.5151/despro-sigradi2016-592

VOLTOLINI, G. **Design paramétrico e modelagem algorítmica**: os efeitos de seus conceitos e técnicas em acadêmicos de arquitetura. Dissertação (mestrado) -Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis: 2016.

WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. Londres, Inglaterra: Routledge, 2010.

NOTAS

¹ Originalmente utilizado no campo das Ciências Biológicas - referindo-se à geração da forma dos organismos vivos, a morfogênese passou a fazer parte do vocabulário do projeto digital para se referir à construção da forma através do '*form-finding*', discutido mais detalhadamente na seção teórica.

² Uma linguagem de programação visual (VPL) é um programa de computador que desenvolve aplicativos usando componentes gráficos e figuras (Davis, Burry e Burry, 2011).

³ Softwares CAD tradicionais, onde a computação utiliza sistemas de representação gráfica descritos na geometria Euclidiana.

⁴ Burry (2011) afirma que o design através de *scripts* foi considerado inicialmente um trabalho apenas dos especialistas de computação e programação, e nunca tinha sido considerado como parte do ensino de projeto. Isso porque se pensava que a liberdade criativa do projeto estava aparentemente comprometida com a (quase) inflexibilidade da linguagem de programação. No entanto, essa mentalidade mudou ao longo dos anos, o que fez muitos professores repensarem o ensino de projeto e considerarem que o aspecto do "aprender fazendo" se mostrou um ambiente propício para a integração da modelagem algorítmica.

⁵ Na qual os procedimentos e passo-a-passo do processo de criação são transparentes.

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade dos autores.