

REVISTA

GEOMETRIA GRÁFICA

Apontamentos sobre o uso da geometria Euclidiana e não Euclidiana no ensino de projeto de arquitetura

Notes on the use of Euclidean and non-Euclidean geometry in teaching architectural design

Andrei de Ferrer e Arruda Cavalcanti

andreideferrer@gmail.com

Doutor em Arquitetura e Urbanismo

Docente do Centro Universitário UNIESP, João Pessoa, Paraíba

<https://orcid.org/0009-0006-1318-8569>

Marcela Dimenstein

marcela@ufersa.edu.br

Doutora em Arquitetura e Urbanismo

Docente da Universidade Federal Rural do Semi Árido

Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte

<https://orcid.org/0000-0003-0226-8206>

Recebido em: 08/07/2024

Aceito em: 22/11/2024

RESUMO

O artigo explora a importância da representação no campo da arquitetura e urbanismo, destacando sua evolução como ferramenta essencial para projetistas comunicarem e desenvolverem ideias. O texto ressalta que, embora o processo projetual seja flexível e não-linear, ele exige habilidades específicas que abrangem desde esboços analógicos até modelagens digitais avançadas em CAD e BIM. A partir de uma revisão bibliográfica, o estudo aborda os desafios enfrentados no ensino de arquitetura, como a fragmentação disciplinar, a resistência a novas tecnologias e a falta de integração entre teoria e prática. A geometria emerge como elemento central no processo criativo e representacional, tanto em sua vertente tradicional quanto em abordagens contemporâneas, como a modelagem paramétrica e as geometrias não-euclidianas. Por fim, defende a necessidade de repensar a metodologia de ensino da geometria, buscando maior integração com as demandas práticas da profissão e incorporando tecnologias que favoreçam a colaboração e a inovação projetual.



PALAVRAS-CHAVE: representação gráfica; geometria; ensino; BIM; arquitetura contemporânea.

ABSTRACT

The article explores the importance of representation in the fields of architecture and urban planning, highlighting its evolution as an essential tool for designers to communicate and develop ideas. The text emphasizes that, although the design process is flexible and non-linear, it requires specific skills ranging from analog sketches to advanced digital modeling in CAD and BIM. Based on a literature review, the study addresses the challenges faced in architecture education, such as disciplinary fragmentation, resistance to new technologies, and the lack of integration between theory and practice. Geometry emerges as a central element in the creative and representational process, both in its traditional form and in contemporary approaches, such as parametric modeling and non-Euclidean geometries. Finally, it advocates for rethinking the methodology of geometry education, seeking greater integration with the practical demands of the profession and incorporating technologies that promote collaboration and design innovation.

KEYWORDS: graphic representation; geometry; teaching; BIM; contemporary architecture.

1 INTRODUÇÃO

A representação desempenha um papel fundamental para as áreas da arquitetura e urbanismo e engenharias. É através dela que o projetista se comunica e consegue externalizar uma ideia do campo imaginário para o visível.

Segundo Lawson (2011), ao longo da história, o ato de projetar tornou-se essencial no dia a dia da sociedade. A introdução do desenho no processo de criação foi um ponto de distinção entre o projeto arquitetônico e a construção artesanal. Para o autor, o processo de projetar não segue uma lógica linear, sendo mais provável que o problema e a solução surjam juntos. Kowaltowski et al (2011) apontam que esse processo se caracteriza por ser pouco estruturado, aberto e flexível. Isto se dá pela existência de inúmeras variáveis que pedem reflexão e testagem, de forma a reduzir incertezas.

Logo, o registro das ideias em cada uma das etapas, seja de maneira analógica ou digital, exige certas habilidades de compreensão da tectônica do projeto, tanto para a sua representação final, quanto no processo de amadurecimento.

Para isso, algumas ferramentas auxiliam o estudante ou profissional da arquitetura, desde os esboços iniciais em papel até as representações digitais em 3D. As técnicas aplicadas permitem a visualização e comunicação de informações de maneira eficiente. Com a popularização do computador e os avanços tecnológicos ao longo do século XX, aparecem variados softwares de projeção e modelagem em CAD e BIM que mudaram todo o fluxo de ação projetual (Florio, 2014), tendo agora a modelagem digital e renderização como pilares da representação gráfica.

Em recentes discussões realizadas em importantes eventos acadêmicos tais como o Projetar e Enanparq, bem como publicadas em periódicos especializados, a exemplo de “Ambiente Construído”, “Revista Projetar”, “Arquitextos”, dentre outras, sobre o ensino e pesquisa com ênfase na questão da “ensinabilidade” do projeto, Barros e Andrade (2015), Marques e Loureiro (2003) e Elali e Veloso (2016) apontam que diversos desafios permeiam o processo de ensino aprendizagem e a prática profissional em arquitetura e urbanismo. Como exemplo, podemos citar o medo das novas tecnologias substituírem a experiência e tradição do projetar, restrições orçamentárias, ausência de profissionais qualificados, criatividade tolhida pela ferramenta de representação, prática sem teoria, relação entre professor-aluno estreitada.

Por outro lado, novos estudos buscam caminhos para solucioná-los a partir da integração entre técnicas tradicionais e inovadoras de testagem e representação; buscam novas ferramentas de colaboração e simulação no projeto; propõem o ensino de projeto mais próximo da realidade do canteiro de obra; o uso de softwares inteligentes que estimulam a criatividade e facilitam a operabilidade do projeto; por fim, a incorporação de princípios democráticos em suas etapas de concepção, pós-produção e modelagem.

Metodologicamente, este trabalho se configura como uma revisão de literatura e tem como objetivo explorar as críticas ao cenário contemporâneo da representação e projeção da construção civil, as limitações dos instrumentos existentes, as contribuições da geometria euclidiana e não euclidiana, e suas potencialidades para a formação do arquiteto e ensino da arquitetura.

2 MÉTODO

Para alcançar os objetivos deste artigo realizou-se uma revisão bibliográfica por meio da abordagem de diversos tipos de documentos, tais como artigos, teses, dissertações e textos online. Este método possibilita uma descrição abrangente do assunto, contudo, vale ressaltar que não esgota todas as fontes de informação, uma vez que não se baseia em busca e análise sistemática de dados. Sua relevância reside na capacidade de fornecer uma atualização ágil dos estudos relacionados à temática.

Inicialmente foi feita uma revisão sobre o processo de ensino de projeto em arquitetura e urbanismo a partir de Lawson (2011) e Kowaltowski (2011), visando compreender os desafios que se apresentam ao processo de ensino/aprendizagem. Logo após, foram investigados os temas relacionados à geometria e arquitetura a partir dos estudos desenvolvidos por Florio (2014) e Sant'Anna (2012), para identificar o papel que essa disciplina ocupa no campo da arquitetura e urbanismo, como é incorporado no processo de ensino e como se reflete nos projetos. Por fim, buscou-se entender a crítica ao cenário contemporâneo da representação e projeção da construção civil, reconhecendo as suas novas possibilidades e possíveis entraves.

3 DESENVOLVIMENTO

A arquitetura ocorre na esfera física, tem materialidade e seu significado é ativado através da experiência sensível. Porém, a arquitetura também é fruto de especulação intelectual e criativa. No processo que se dá entre forma-pensamento e forma-material é necessário o intermédio do que chamamos de representação. As representações são resultado do esforço da humanidade em codificar sua mensagem para então poder transmiti-la. Isso pode se dar de forma verbal, escrita, imagética, pelas mídias gráficas e visuais, auditivas etc.

Na arquitetura, desde a conversa com o pedreiro no canteiro de obra até a mais sofisticada imersão em realidade virtual, todas são formas de representação, afinal esta é a única maneira de envolver as pessoas que participam nesse processo que é necessariamente colaborativo e interdisciplinar. Os meios de representação têm particularidades próprias, potencialidades e limitações. Afinal, nenhum método de

comunicação atinge a transmissão total e ilibada de informações, como posto por McLuhan (2002). Portanto, selecionar a forma como será representada uma ideia, necessariamente afetará o seu entendimento.

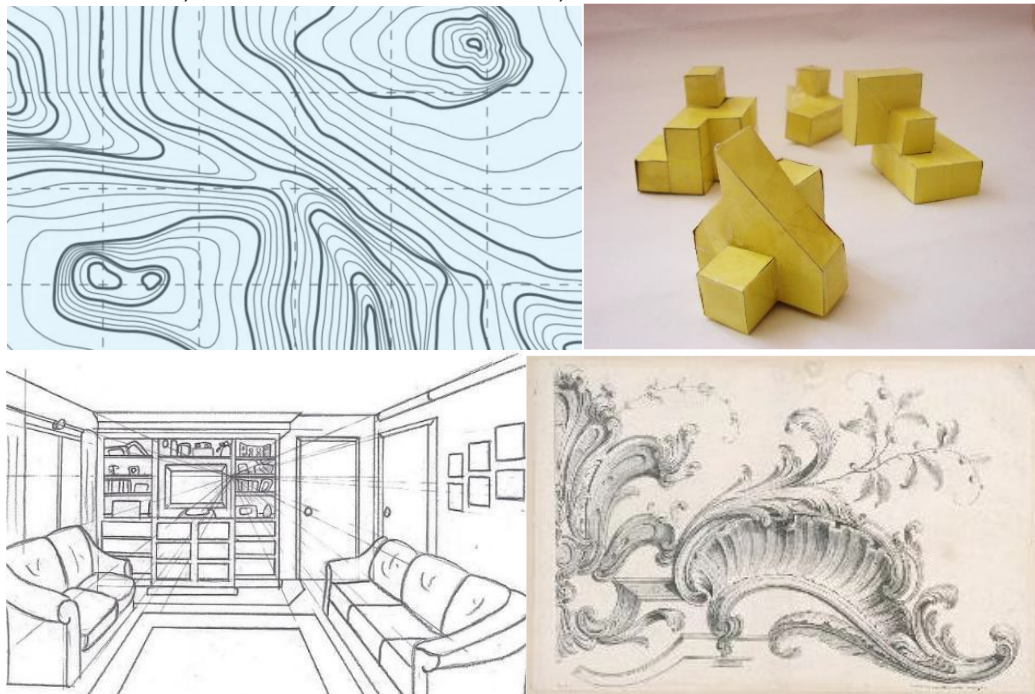
Desenhos a mão livre, desenhos técnicos, modelos físicos e digitais, são algumas das ferramentas à disposição do arquiteto para a comunicação de suas ideias. Mas, independentemente do meio de representação, a linguagem da arquitetura é expressa através da geometria, ciência que estuda formas e suas relações espaciais e que, segundo Marco Frascari (2006), oferece um quadro conceitual ou linguístico para a construção física e para a construção intelectual de um edifício.

A geometria está na arquitetura enquanto produto que se manifesta tridimensionalmente no mundo real através de formas e espaços que são percebidos pela sensibilidade humana através de volumes, proporções, ritmos etc. Está presente em todo o processo criativo de projeção, de simulação, de prototipagem, de análise, tanto dos elementos pré-projetuais, quanto dos condicionantes ambientais, bem como dos elementos pós-projetuais.

Uma vez que compreendemos a geometria como a língua através da qual os arquitetos se comunicam entre si, com os profissionais parceiros, com clientes e com a sociedade de forma geral, podemos percebê-la em diversos aspectos envolvidos na concepção, representação, simulação e construção da arquitetura. A geometria também é uma ferramenta da topografia para criar seções e curvas de nível (Figura 1), da plástica, quando manipulamos matéria de forma física na busca das formas (Figura 2); está presente em desenho, nas linhas convergentes dos desenhos perspectivados, no ponto de fuga (Figura 3), na isometria, e mesmo no croqui a mão livre; está presente nos estudos de conforto, pois ajuda na compreensão das sombras geradas por formas geométricas, com aplicações tanto nos estudos das cartas solares quanto dos rebatimentos acústicos; está igualmente no ensino da história, na análise de estudos de caso em plantas, cortes, fachadas, massas capturadas em fotografia e vídeo. Historicamente esteve no foco dos interesses dos clássicos pela proporção, nas operações geométricas que originam o arco ogival dos góticos, no esquadramento urbano colonial dos espanhóis e ingleses, no paladianismo, no detalhamento das *rocailles* barrocas (Figura 4), nas complexas estruturas espaciais

da arquitetura do ferro, na volumetria dos modernos, na geometria complexa dos contemporâneos.

Figura 1, 2, 3, 4: Produto de processo criativo usando a geometria, Expressão gráfica com desenho a mão, Desenho de rocailles barrocas, Desenho de curvas de níveis.



Fonte: Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-premium/contorno-topografico-mapa-da-linha-com-a-montanha_5323139.htm; <https://carolcouthoarquitectura.blogspot.com/p/maquetes.html>; <https://www.scribd.com/document/506147105/gambar-perspektif-ruang-tamu-1-titik-hilang>; <https://www.meisterdrucke.pt/artista/Gabriel-Huquier.html>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

Apesar da geometria estar em praticamente todos os aspectos da arquitetura, isso nem sempre se torna evidente para o estudante. Ao se observar a matriz curricular dos cursos de arquitetura e urbanismo, a palavra geometria geralmente aparece uma única vez, na disciplina de Geometria Descritiva. Esta é uma disciplina do primeiro ciclo formativo e, portanto, precede qualquer iniciativa prática de projeto, indicando a importância dada à compreensão de princípios da geometria, pois é acompanhada de outras disciplinas que criam as bases para o conhecimento e experiências que se seguirão. Entretanto, a geometria em arquitetura não se esgota em Geometria Descritiva, ela precisa ser uma constante no processo de aprendizagem do arquiteto. Processo este que não se encerra na vivência acadêmica, dado que muito do que vai qualificar a formação e desenvolvimento de competências e habilidades do profissional segue depois da graduação, na vida prática.

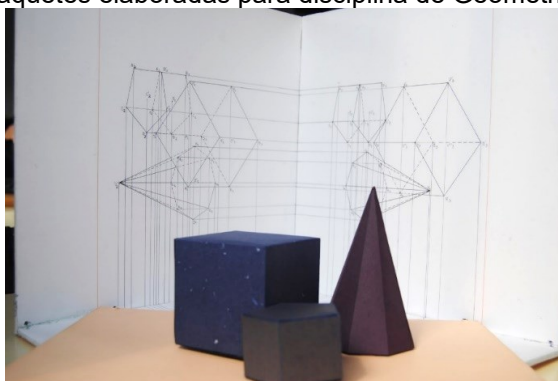
Segundo Marcone (2017), a Geometria Descritiva foi desenvolvida por Gaspard Monge, no século XVIII, no contexto revolucionário, servindo a uma visão

reformista da educação alinhada ao positivismo, filosofia que foi contestada em diversos campos do conhecimento, especialmente na pós-modernidade. Apesar desse contexto, o método gaspariano segue dominante. A premissa da GD parte das projeções bidimensionais de formas tridimensionais, observadas de um ponto situado no infinito, chamado de ponto impróprio.

Nos cursos de arquitetura e urbanismo, segundo o ensino da Geometria Descritiva se dá a partir da apresentação de conceitos, seguida da explicação teórica das propriedades dos elementos e projeções adotadas no método, aplicação do conteúdo em desenhos, as projeções em écura de formas geométricas, finalizando com a execução de uma maquete tridimensional (Marcone, 2017).

Nessa metodologia, geralmente, são utilizados para a prática de desenhos e modelos, formas geométricas abstratas, como os sólidos platônicos ou outras formas puras (pirâmides, cones, barras, cilindros e esferas), estudando-se as interações entre essas formas e suas projeções em écura (Figura 5). É uma abordagem que visa familiarizar o estudante com a linguagem geométrica, mas que, na maioria das vezes, acaba por aliená-lo. As formas adotadas não são comumente empregadas em arquitetura, além de não possuírem propriedades arquitetônicas como fenestrações, ritmos, texturas, que são os elementos que tornam as formas habitáveis.

Figura 5: Maquetes elaboradas para disciplina de Geometria Descritiva.

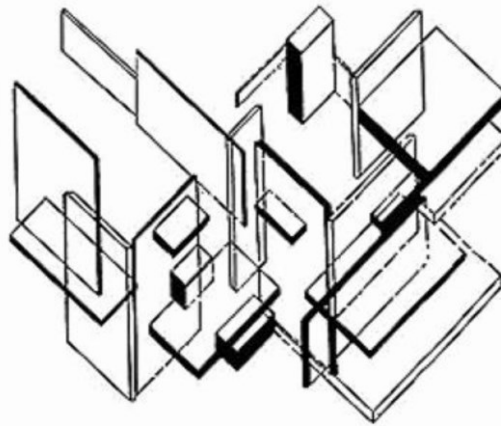


Fonte: Disponível em: https://1.bp.blogspot.com/-O_UV3gelp_g/Uh5rfEsquvI/AAAAAAAAAQQ/HHNqAIXf8hA/s1600/DSC_0019.JPG. Acesso em 09 de fev. de 2024.

A adoção desse método que estuda a interação entre sólidos abstratos, não só induz a uma forma de pensar a arquitetura enquanto uma expressão meramente formal, como pressupõe uma forma de concepção de formas arquitetônicas por adição (Marcone, 2017). Esta é uma abordagem que já é contestada pelo menos desde as primeiras décadas do século XX, com o movimento neoplasticista, que propunha o abandono das formas aditivas em arquitetura, aquelas que por sua pobreza

expressiva induziam ao uso do ornamento, e a adoção de formas mais complexas, derivadas das interações entre planos e não de sólidos (Figura 6).

Figura 6: Planos neoplasticistas.



Fonte: Disponível em: https://arquitetocaio.com/wpcp/wp-content/uploads/2018/04/Theo_van_Doesburg-An%C3%A1lise-arquitetonica-840x561.jpg. Acesso em 09 de fev. de 2024.

Nos cursos de arquitetura e urbanismo a disciplina de Geometria Descritiva tem altos índices de reprovação. Alguns fatores estão relacionados a esta situação: se pressupõe que o estudante de arquitetura irá adentrar no Ensino Superior com conhecimentos de geometria básica consolidados; as disciplinas de GD são muitas vezes ministradas por outros profissionais que não arquitetos; uso de uma terminologia peculiar e de pouca aplicabilidade posterior como *épura*, *ordenada*, *abscissa*, *cota* e *afastamento*. Estes e outros aspectos são responsáveis por fazer com que a Geometria Descritiva tenha altos índices de reprovação, resultantes das dificuldades e desinteresse provocados pela abordagem dada ao conteúdo. Fazem-se necessárias, portanto, novas abordagens da Geometria na grade curricular de Arquitetura e Urbanismo, de forma que o conteúdo esteja mais bem integrado às disciplinas de Expressão Gráfica e Plástica, incorporando na representação elementos que os estudantes venham a encontrar no cotidiano da profissão, estimulando a compreensão da geometria como algo integrado ao processo criativo e representacional.

Frequentemente, pensa-se no arquiteto como produtor de objetos, e nesse sentido, a mera transmissão de instruções precisas seriam necessárias para a execução de uma obra de arquitetura. Todavia, Gausa et al (2004) enxerga o arquiteto

como um estrategista de processos, que dispõe ações e relações no espaço. Portanto, como detentor de uma missão muito mais complexa do que meramente dar forma aos materiais. O processo de projeção envolve variáveis e condicionantes complexos e, por vezes, conflitantes, que vão desde a visão do cliente, o orçamento disponível, questões geográficas, climáticas, culturais, identitárias, dentre outras. E responder a essas questões faz do processo criativo algo intuitivo e, muitas vezes, errático, avançando entre idas e vindas difíceis de controlar por completo.

São recorrentes as dificuldades dos estudantes em idealizar arquiteturas complexas e em comunicar tanto esse desenvolvimento do processo quanto suas reais intenções. Ou seja, a falta de domínio da linguagem da geometria e das ferramentas de representação acaba por limitar o processo criativo. Parte dessa dificuldade pode advir de uma separação entre as informações formais de um projeto e suas demais condições. O modelo convencional de ensino induz a uma compartimentação da arquitetura que tem, por um lado, expressão plástica e por outro, resoluções de condicionantes de ordem mais prática como materiais, estrutura, custo, aspectos geográficos e climáticos, entre outros. Essa separação está contida nos próprios meios de representação tradicionais que precisam expressar as instruções quanto à forma da edificação em um meio gráfico, geralmente, plantas, cortes e elevações, e complementarmente, expressar outros documentos como memoriais, legendas, projetos complementares etc.

4 NOVOS CAMINHOS DA GEOMETRIA

Na tentativa de reduzir as lacunas citadas anteriormente, surge o *Building Information Modeling* (BIM), um sistema de representação de projetos que integra dados, ou parâmetros variados, a elementos gráficos tridimensionais, formando um "duplo" digital da edificação a ser construída (Kolarevic, 2003). Essa fabricação digital possibilitada pelos softwares e plugins BIM não só facilita a mobilização de dados múltiplos de forma simultânea, forçando o projetista a considerá-los um todo o processo, como também tem vantagens quanto às capacidades de simulações, testagem de desempenho climático, lumínico, estrutural, entre outros.

Partindo do entendimento que no cenário contemporâneo o projetista precisa lidar com situações mais complexas, que envolvem equipes multiprofissionais e mais tecnologias, desenvolver habilidades digitais é de suma importância no atual mercado

de trabalho. Muito embora o alcance dos softwares BIM no Brasil ainda esteja em expansão, já é possível comprovar seu papel na otimização e produtividade nas etapas de concepção, avaliação, desenvolvimento e gerenciamento de projetos.

Segundo Ruschel et al (2013), o BIM vem tentar solucionar problemas que decorrem de uma realidade de fragmentação disciplinar e distanciamento do profissional da prática, que geram situações como: não padronização de representação, incompatibilidade entre projetos, descontrole de prazos, redesenhos, altos gastos, dentre outros, oferecendo uma tecnologia de projeto baseada na interoperabilidade, compartilhamento e parametrização.

Tais parâmetros, no sentido que foi posto anteriormente, como dados, informações de projeto, sempre existiram em arquitetura, mas a manipulação desses dados era tradicionalmente mais complexa, dada sua natureza fragmentada, de diferentes naturezas de um mesmo objeto, separados em documentos distintos. A alteração de um parâmetro nos métodos convencionais de representação como desenho bidimensional e modelos físicos, resultava necessariamente em retrabalho, em redesenho, e no gasto excessivo de tempo e recursos. Por tratar a arquitetura de forma paramétrica, o sistema BIM permite que a alteração dos parâmetros seja mais eficiente. Ao serem modificados aspectos de uma “família”, como são tratados os objetos na terminologia especializada, esses aspectos podem ser replicados automaticamente em todos os objetos da mesma “família”, evitando a duplicidade de trabalho.

Se essa lógica é aplicada aos dados da própria forma, uma cadeia de comandos pode alterar a forma dos objetos de maneira complexa, formando geometrias incompreensíveis através das abordagens euclidianas e quase impossíveis de serem representadas no meios convencionais. Essas formas, como prismas torcidos, curvas duplas, objetos que se dobram sobre si mesmos, são objeto de estudo da geometria não euclidiana. Existem diversas possibilidades, como as geometrias hiperbólicas (Figura 7), topológicas (Figura 8) ou fractais (Figura 9) que se apresentam com elementos que podem parecer dispostos de forma aleatória, curvas complexas, ou outras expressões formais de grande apelo formal, respondendo a um desejo humano pela superação de limites, de criar objetos que atestem sua inventividade e capacidade expressiva.

Figura 7, 8 e 9: Objetos arquitetônicos gerados pelas geometrias hiperbólica, topológica e fractal.



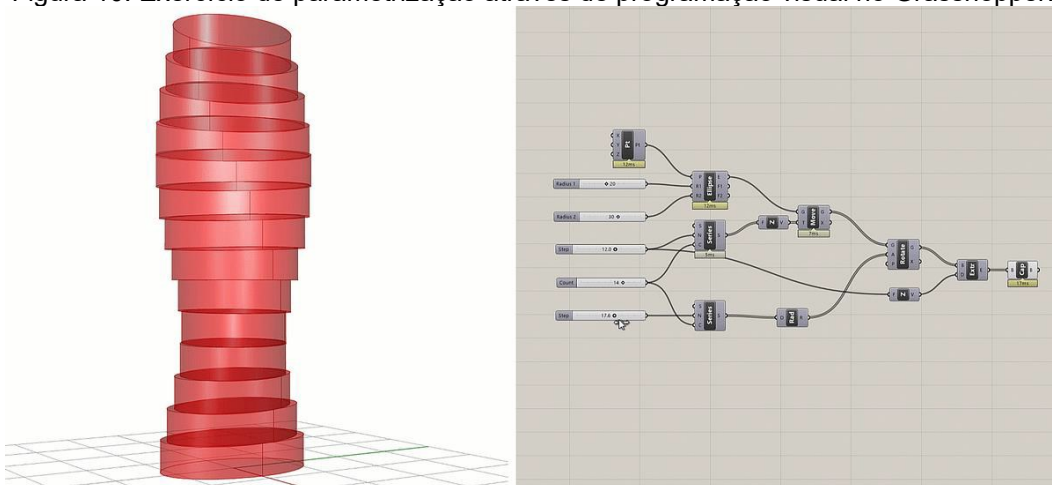
Fonte: Disponível em: <https://metode.org/issues/monographs/architecture-and-mathematics.html>;
https://welcometochina.com.au/modern-architecture-tourism-in-china-5939.html#google_vignette;
<https://en.idei.club/24160-fractal-building.html>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

As formas possibilitadas pela modelagem paramétrica são tão complexas que desafiam a visualização mental, sendo difícil até mesmo para o projetista vislumbrá-las sem a ajuda dos softwares que as gerem de forma algorítmica, reaproximando técnicas de modelagem diametricamente opostas: a manipulação material artesanal e a mais sofisticada modelagem digital. Por isso, considera-se que objetos feitos a mão livre, com materiais maleáveis como argila ou massa de modelar, e objetos modelados a partir de manipulações algorítmicas em softwares BIM podem chegar a

expressões semelhantes que outras formas de concepção e representação teriam limitações em reproduzir.

Em decorrência disso, surge o questionamento acerca do papel do ensino da geometria nesse novo panorama. A matemática que dá suporte à compreensão das formas não-euclidianas é extremamente avançada, com teoremas e conceitos altamente abstratos e intangíveis, de difícil comunicação e assimilação. Isso nos faz pensar que adotar essa abordagem nos cursos de Arquitetura e Urbanismo seria um esforço contra produtivo, drenando esforços para a compreensão de um campo da matemática em detrimento de outras disciplinas do currículo. Daí a importância da compreensão das ferramentas, como softwares, que permitem apropriar-se da lógica algorítmica sem necessariamente depender da compreensão matemática do processo, uma vez que a manipulação dos parâmetros pode se dar por uma programação visual, a exemplo do workflow do software Grasshopper (Figura 10), que através de um script de inputs que interconecta nós, gerando outputs visuais que podem ser alterados de acordo com novas instruções.

Figura 10: Exercício de parametrização através de programação visual no Grasshopper.



Fonte: Disponível em: <https://medium.com/intro-to-grasshopper/exercise-parametric-tower-part-1-bdbad26bc6ca>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

Inúmeras são as razões pelas quais arquitetos contemporâneos propõem ousadias espaciais nas formas arrojadas de seus edifícios. As formas da geometria não-euclidiana são, na atualidade, a fronteira da expressão formal em arquitetura, criando objetos de grande interesse e impacto visual. Desafiam não só a criatividade dos projetistas como também a própria indústria da construção, estimulando a busca por inovações, uma vez que nem sempre os métodos de construção convencionais

conseguem dar forma e estabilidade aos objetos concebidos por modelagem paramétrica.

A parametrização pode ser direcionada para o design biomimético (Oliveira e Pires, 2022), buscando na natureza referências de gestão de materiais, desempenho térmico e lumínico, aerodinamismo. Isso pode se expressar em estruturas leves, formas adaptadas a fortes ventos, texturas e sistemas de adequação climática emulando soluções naturais, dentre outras.

Entretanto, Sant'Anna (2012) alerta para a tendência de que a adoção dos processos paramétricos e a utilização de formas da geometria não-euclidiana gerem edificações nocivas, especificamente em relação a como esses edifícios dialogam com a paisagem consolidada, na ênfase formal em detrimento da experiência do usuário, nos altos custos envolvidos em construir algumas das formas mais complexas. Para compreender parte da crítica direcionada a essas novas arquiteturas escultóricas, podemos adotar a ótica de Gottfried Semper (1990).

Em 1851, Semper (1990) publica 'Os quatro elementos da arquitetura', teoria na qual busca a origem da arquitetura em seus componentes e técnicas primordiais. Ele enumera quatro aspectos definidores da arquitetura primitiva: os têxteis, os tectônicos, os cerâmicos e os estereotômicos. Esses dois últimos podem ser compreendidos como a separação entre espaço interno e entorno através da diferenciação de nível e do piso; e como a configuração do abrigo em torno de um símbolo de acolhimento, a fogueira. Mas são os dois primeiros aspectos que interessa nessa analogia.

De forma simplificada, os aspectos têxteis se expressam mais intensamente na definição dos espaços internos, têm como natureza a delimitação, divisão de funções e arranjo de ações (Semper, 1990). Já os aspectos tectônicos são a expressão da materialidade das edificações, a confluência entre forma e sistema estrutural. Tradicionalmente, havia uma tendência de que os aspectos tectônicos prevalecessem em relação aos têxteis na imagem geral de uma edificação, afinal, a forma adotada seria quase sempre um reflexo dos materiais que conformam sua estrutura. A verdade estrutural estaria expressa na própria forma da edificação.

Por outro lado, a adoção contemporânea de geometrias não-euclidianas frequentemente inverte a lógica tradicional, o elemento têxtil predomina na composição formal e os elementos tectônicos perdem protagonismo, escondendo-se.

Como peles, máscaras, as edificações se vestem de materiais leves, flexíveis, de alto interesse visual, decorativo ou ornamental, escondendo a verdade arquitetônica, assim como disfarçando a função, que se torna de difícil interpretação, fugindo das categorizações tipológicas consolidadas, e conflitando com o entorno, muitas vezes sem considerar aspectos culturais tradicionais das regiões onde se implantam. Muitos desses edifícios adotam um aspecto de leveza na sua expressão visual, através de balanços, cascas perfuradas, fitamentos mas são arquiteturas de fato pesadas, que atingem essa expressão formal graças a complexos sistemas de estruturação, com peças customizadas, específicas, de difícil instalação e onerosas.

Diante do exposto, percebe-se que a importância de se buscar um equilíbrio em soluções que conciliem a inventividade expressiva com processos construtivos verdadeiramente sustentáveis e leves. Em que se explore a possibilidade de ajustes paramétricos para desenvolver sistemas modulares que atendam a problemas de distribuição espacial ou de elementos construtivos, especialmente em aplicações voltadas para desafios de larga escala, como projetos habitacionais complexos.

Santa'Anna (2012) cita o projeto da 3355 HaydenStudios, em CulverCity, EUA, do escritório de Eric Owen Moss como um exemplo de parametrização e do uso das formas não euclidianas para a concepção de uma intervenção em edificação de valor histórico, em que a inserção de um novo elemento, a cobertura de madeira (Figura 11), seja um gesto artístico marcante, sem comprometer a estabilidade da estrutura prévia, sobrecarregando-a com uma nova estrutura pesada. Podemos citar como possibilidade, também, trabalhos como o de Fernando Minto na construção de conjuntos habitacionais como a Comuna Urbana Dom Helder Câmara, em São Paulo (Figura 12), que podem se beneficiar da possibilidade de parametrização dos módulos residenciais para a adaptação à topografia e ao traçado urbano, dotando de maior organicidade projetos que poderiam se tornar rígidos e impessoais sem o devido cuidado.

Figura 11 e 12: 3355 HaydenStudios e Comuna Urbana Dom Helder Câmara.



Fonte: Disponível em: https://www.architectmagazine.com/design/buildings/3555-hayden_o; <https://www.archdaily.com.br/br/767961/usina-25-anos-comuna-urbana-d-helder-camara>. Acesso em 09 de fev. de 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que existem diversos obstáculos que limitam a capacidade dos estudantes de aprenderem a conceber o espaço arquitetônico. Além da carência de conhecimento específico, há o receio de lidar com propostas consideradas impraticáveis, como ocorre no estudo da geometria. Contudo, na arquitetura, é importante compreender que a geometria não é uma disciplina que limita ou restringe a atividade criativa, mas, sim, um poderoso aliado quando bem conhecida e dominada.

A geometria euclidiana continua a ser uma ferramenta valiosa na prática arquitetônica, proporcionando um conjunto de princípios e técnicas que contribuem para a concepção e construção de espaços arquitetônicos, mas as novas possibilidades de representação da geometria não-euclidiana desafiam as limitações tradicionais, inspiram a inovação e oferecem uma variedade de ferramentas para arquitetos explorarem novas fronteiras. Contudo, incorporar esta abordagem no ensino implica em uma mudança de cultura nas graduações que deve ser um processo paulatino e cuidadosos. Além do que, deve-se lembrar que a geometria não euclidiana pode ser percebida como complexa e desafiadora, tanto por estudantes quanto na viabilização e execução de projetos, que podem ter custos de construção elevados, tornando-os menos acessíveis e práticos em termos financeiros.

Por fim, Vigotsky (1999) alerta sobre os perigos de deixar a ferramenta de representação guiar o processo de concepção da arquitetura. Quando o foco está na geometria, dentre as variáveis de um projeto, tende-se a levar a arquitetura para o formalismo. Todo projeto deve ser uma resposta a condicionantes múltiplos, centrado na experiência do usuário. Deve-se levar em consideração as realidades locais, tanto em relação à paisagem consolidada, aos métodos tradicionais de construção, adequação ao clima e à adoção materiais disponíveis localmente, quanto ter consciência de uma cultura local de informalidade e autoconstrução.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Amélia; ANDRADE, Patrícia. Uso do raciocínio analógico na concepção projetual em ensino introdutório de projeto arquitetônico. **Arquitextos** (São Paulo), v. 180.01, p. 01-15, 2015.

ELALI, Gleice; VELOSO, Maisa. A criatividade no processo de ensino/aprendizagem do projeto de arquitetura no Brasil: Um panorama geral. In: **IV ENANPARQ**, 2016, Porto Alegre. Anais do IV ENANPARQ. Porto Alegre: ANPARQ/UFRGS/UNIRITTER, 2016. v. 1. p. 1-16.

FLORIO, Wilson. Ensino de Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto: experiências didáticas. In: **III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (ENANPARQ)**. São Paulo, ANPARQ, 2014. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-3/htm/Artigos/ST/ST-NPNT-008-05-FLORIO.pdf>. Acesso em 05 jan. 2024.

FONSECA, J.; COLCHETE FILHO, A.; BRAIDA, F. O lugar da geometria descritiva no ensino de estudo da forma para arquitetura e urbanismo. In: **Geometrias & Graphica 2015 Proceedings**, 2015.

FRASCARI, Marco. O detalhe narrativo. In: **NESBITT, Kate (E.). Uma nova agenda para a arquitetura**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

GAUSA, Manuel; SORIANO, Federico; PORRAS-ISLA, Fernando; GUALLART, Vicente. **Diccionario metápolis de arquitectura avanzada: ciudad y tecnologia em la sociedad de la información**. Barcelona: Ed. Actar, 2004.

KOLAREVIC, Branko. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. 1. ed. New York: Spon Press, 2003.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. et al (orgs.). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAWSON, Bryan. Projetar com outros. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

MARCONE, Raphael. **A geometria descritiva em ensino de arquitetura e urbanismo e as ferramentas CAD: diálogos possíveis**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

MARQUES, Sônia; LOUREIRO, Cláudia. Arquitetura x Linguística: paradigmas do ensino de projeto. In: **Projetar 2003**, 2003, Natal. Os desafios do Ensino e da pesquisa para o novo século, 2003. v. 01. p. 01-123.

MCLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Editora Cultrix, 2002.

OLIVEIRA, Brunna Pereira de; PIRES, Janice de Freitas. Estruturação do saber da biomimética, da geometria complexa e da modelagem paramétrica para o ensino de arquitetura. In: **ENSUS 2022 – X Encontro de Sustentabilidade em Projeto**. Marabá: UNIFESSPA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/245052>. Acesso em 05 jan. 2024.

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de; MORAIS, Marcelo. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 151–165, abr. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/McF3dbcftRW55BN59FTSq6v/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 05 jan. 2024.

SANT'ANNA, Silvio. **Sistemas construtivos leves: e as formas geométricas não euclidianas**. São Paulo: Instituto Presbiteriano Mackenzie, 2012.

SEMPER, Gottfried. Los elementos básicos de la arquitectura. In: DE LEON, Juan Miguel Hernán. **La casa de un sólo muro**, Madrid: Nerea, 1990, p. 117-123.

VIGOTSKY, Lev. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.