

COMO AS TECNOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO DE PROJETOS SE REFLETEM NO FAZER ARQUITETÔNICO

HOW PROJECT REPRESENTATION TECHNOLOGIES REFLECT ON ARCHITECTURAL MAKING

Léa Japur¹

Jocelise Jacques de Jacques²

Vinicius Gades Ribeiro³

Resumo

O desenho tem sido a forma de comunicação do projeto para teste, análise e execução de edificações. Este artigo convida para uma reflexão das várias tecnologias que projetistas utilizaram para representar sua casa e outras construções ao longo do tempo e como as formas de representação acabaram por alterar a forma arquitetônica e o próprio papel do arquiteto na obra. Num primeiro momento, mais precisamente no Renascimento, separa-se o papel do artesão, aquele que faz, do arquiteto, aquele que projeta, afastando-o da obra e aproximando-o do desenho. Após muito tempo e muitas alterações nas tecnologias de representação, estamos diante do uso do desenho paramétrico, que possibilita simulações, e do BIM, que possibilita gerenciamento de projetos e de obras cada vez mais presente na construção civil. Associados possibilitam a tomada de decisões conjuntas entre os agentes que atuam no projeto arquitetônico. E desta forma o arquiteto, ainda que muitas vezes de forma virtual, passa a ter uma maior aproximação novamente da obra.

Palavras-chave: desenho; representação arquitetônica; expressão gráfica; geometria.

Abstract

Drawing has been the form of communication of the project for testing, analysis and execution of buildings. This article invites you to reflect on the various technologies that designers used to represent their home and other buildings over time and how the forms of representation ended up altering the architectural form and the architect's own role in the work. At first, more precisely in the Renaissance, the role of the artisan is separated, the one who plays, from the architect, the one who projects, moving him away from the work and drawing him closer to drawing. After a long time and many changes in representation technologies, we are faced with the use of parametric design, which allows simulations, and BIM, which allows project and construction management to be increasingly present in civil construction. Associates make it possible to make joint decisions between agents working on the architectural project. And in this way, the architect, although often in a virtual way, starts to get closer to the work again.

Keywords: drawing; architectural representation; graphic expression; geometry.

¹Professora Especialista, UFRGS – FAU - Departamento de Design e Expressão Gráfica, Porto Alegre, RS, Brasil. lea@leajapur.com.br; ORCID: 0000-0002-5518-0227.

² Professora Doutora, UFRGS – FAU- Departamento de Design e Expressão Gráfica, Porto Alegre, RS, Brasil. jocelise.jacques@ufrgs.br; ORCID: 0000-0003-2109-0677.

³ Professor Doutor, UFRGS – Departamento Interdisciplinar, CLN, Torres, RS, Brasil. vinicius.gadis@ufrgs.br; ORCID: 0000-0001-7727-2088

1. Introdução

Conceber a conduta humana como uma constante adaptação ou mesmo como uma contínua readaptação foi um dos mais significativos legados de Piaget. A conduta é explicada pelo biólogo suíço como as relações entre o indivíduo e o meio exterior que o ser humano estabelece de acordo com dois aspectos interligados - o cognitivo, aquilo que ele sabe e o afetivo, aquilo que ele sente.

Ao mesmo tempo, se aceitamos aqui a definição de que “tecnologia é um conjunto de saberes inerentes ao desenvolvimento e concepção dos instrumentos (artefatos, sistemas, processos e ambientes) criados pelo homem através da história para satisfazer suas necessidades e requerimentos pessoais e coletivos” (VERASZTO et al., 2019) poder-se-á pensar na tecnologia como promotora das sucessivas e constantes adaptações do ser humano, não esquecendo das chamadas tecnologias simbólicas, responsáveis pela escrita e a linguagem.

Verificando a evolução da representação gráfica que é o tema que propomos a seguir, poderemos constatar que não apenas a conduta do ser humano vai se readaptando ao longo do tempo como também sua forma de representar e de gerir o espaço. Se cada tecnologia de desenho surgida possibilitou novas metodologias de ação, é fato que o uso destas metodologias acabou por clamar por outras tecnologias, principalmente de construção, e outra postura do profissional frente à obra e os demais participantes do processo. O desenho na arquitetura conseguiu unir arte e indústria.

Inicia-se o presente artigo com um breve histórico da origem da geometria, que se confunde com a origem da matemática. Passa-se pelo Renascimento onde surgiu a profissão de “projetista” como hoje conhecemos, (sec. XV), separado que foi o arquiteto do artesão, aquele que desenha daquele que executa. Mais adiante fala-se sobre a unificação da forma de representar os objetos, através da Representação Mongeana (sec. XVIII) em perfeita sintonia com a Revolução Industrial que necessitava de padronização e a produção em série. Padronização esta que segue sendo importante para responder às necessidades de produção de bens no séc. XX, incluindo moradias, principalmente na Europa no pós-guerra, reconstruindo cidades inteiras de forma rápida e com menor custo.

Passa-se pelo advento da linguagem digital que desvinculou do arquiteto a necessidade da habilidade para o desenho, chegando até os dias atuais. Hoje, pelas tecnologias empregadas, se por um lado as habilidades de desenho já não representam um diferencial na profissão e afastam o projetista da prancheta, por outro o reaproximam da obra uma vez que através da simulação e com a facilidade de comunicação os projetos passam a ser feitos em equipes multidisciplinares, onde se discute o projeto sem a necessidade de trabalhos impressos, muito menos de uma mesa de reuniões. Neste cenário, o arquiteto participa de todas as etapas do projeto num trabalho de equipe, argumentando pela tomada de decisões, uma vez que a orçamentação, muitas vezes determinante, principalmente em se tratando de economias em desenvolvimento e com urgências de soluções, já não é uma etapa posterior ao projeto acabado, ocorrendo ao longo e junto com o processo.

Entretanto é importante lembrar que “o ato de desenhar não é só uma questão técnica, é também uma ação cognitiva que envolve percepção visual, avaliação e raciocínio de dimensões e relações espaciais” (MARQUES, 2016, p. 2). Portanto continua atual e presente nos escritórios de arquitetura, o desenho de croquis, ainda que em pranchetas digitais, compartilhando o espaço com os mais modernos softwares.

Importante enfatizar também que as tecnologias em questão não alteram somente a

forma de projetar ou representar, mas também possibilitam outras formas de comunicação com o cliente e a sociedade.

2. A Origem da Geometria

Sabe-se que o rio Nilo, no Egito, historicamente tem um comportamento que oscila entre épocas de cheia, quando transborda e inunda as áreas de cultivo e épocas de seca, em que retorna ao seu leito habitual. Desta forma os campos em suas margens necessitavam ser demarcados novamente a cada ciclo. Esta é uma das origens prováveis para a palavra geometria (do grego geo=terra + metria= medir). Ou seja, a matemática, em sua área mais concreta, surge de uma necessidade prática: medir a terra.

Carl Benjamin Boyer, 1906-1976, foi um matemático e historiador norte americano que escreveu a História da Matemática, na década de 1960. Boyer discordou de Heródoto⁴ que dizia que a geometria havia surgido da necessidade de remedição de terras do rio Nilo, e também de Aristóteles⁵ que creditava o surgimento da mesma à classe sacerdotal existente no mesmo país, o Egito. Segundo Boyer, ambos estariam incorretos sobre o surgimento da geometria. Argumenta que o ser humano do neolítico não tinha necessidade de medir terras e ainda assim” seus desenhos e figuras sugerem uma preocupação com relações espaciais, o que abriu caminho para a geometria” (BOYER; MERZBACH, 2012 p. 26). Ou seja, bem antes dos egípcios e sem uma função prática definida já se desenhava formas geométricas.

Boyer sugere também que a noção de número, esta propriedade abstrata que certos elementos têm em comum, seja tão antiga quanto o uso do fogo, tendo talvez 300.000 anos. Usando os dedos e as mãos o ser humano podia contar elementos até 10, ou 12 como a forma suméria de contar que considerava as juntas. Quando os dedos não eram suficientes juntavam montes de pedras em grupos de cinco para representar esta correspondência. Assim que a origem do sistema decimal utilizado nos mais sofisticados cálculos até hoje tem origem na contagem com os dedos. Sugere que a arte de contar tenha surgido em conexões religiosas e que” o aspecto ordinal precedeu o conceito quantitativo” (BOYER; MERZBACH, 2012, p. 26).

O corpo humano serviu para as primeiras unidades de medida: passo, palmo, pé, mais tarde também a jarda (séc. XII) e a polegada (séc. XVI). Na tentativa de terem medidas mais uniformes e precisas alguns locais escolhiam as medidas do corpo de uma única pessoa, em geral o rei ou faraó. Isto ocorreu em locais como a Inglaterra, por exemplo, onde, durante muito tempo, foram adotadas como medidas padrão, as medidas do rei. Com estas medidas eram construídas régua de metal e madeira (sec. XII- Inglaterra), ou cordas com nós (Egito), que foram as primeiras medidas oficiais de comprimento.

Autores como Boyer e Merzbach (2012), defendem que a linguagem foi a grande responsável pela evolução do concreto para o abstrato, sendo decisiva para o surgimento do pensamento matemático, que depois evoluiu para a representação em escala, esta, decisiva na expressão gráfica dos objetos arquitetônicos.

O Teorema de Pitágoras (576 a.C - 497 a.C), foi desenvolvido pelo matemático e filósofo de mesmo nome, que era grego, impressionado que ficou ao visitar as pirâmides do Egito. Aqui cabe a seguinte questão: se os egípcios já utilizavam uma corda com 12 nós para

⁴ Historiador grego (485 - 425 a.C.)

⁵ Filósofo grego (367 - 347 a.C.)

estabelecerem o ângulo reto, fazendo no espaço um triângulo de lados 5,4 e 3 lados (nós), então teria sido a partir daí que Pitágoras escreveu seu famoso teorema? (EVES,2004). No triângulo retângulo de Pitágoras, a soma dos lados vale 12 ($5+4+3=12$) e ainda hoje se utiliza este processo para definir um ângulo reto (BOYER; MERZBACH, 2012).

3. A Geometria Euclidiana

Euclides vivia em Alexandria, cidade portuária do Egito, no Mediterrâneo. Era escritor, professor e matemático, considerado o pai da Geometria. A obra de Euclides, *Os Elementos*, em seus 13 livros, ou capítulos, foi escrita no século 300 a.C., tendo sua primeira versão impressa em Veneza, apenas em 1482. Os quatro primeiros livros são sobre geometria plana e os demais sobre teoria dos números e geometria espacial (BOYER; MERZBACH, 2012).

Apesar de *Os Elementos* ser especialmente um livro de geometria, originando aí o termo “geometria euclidiana”, inclui outros conceitos que são classificados hoje como *teoria dos números*. Boyer e Merzbach (2012) relatam que *Os Elementos* não foi apenas “o mais” antigo tratado de Matemática, mas “o maior” livro didático de todos os tempos. Defendem que talvez nenhum outro livro, com exceção da Bíblia teve tantas edições e em tantas línguas e, certamente, nenhuma outra obra de matemática teve influência comparável.

Em seu livro, Euclides estabelece os conceitos do que seja ponto, reta e plano, entre outros conceitos que até os dias de hoje são estudados na geometria plana ou em três dimensões, atravessando a história. Apenas no século XX Einstein viria a estabelecer uma nova geometria, a partir da Teoria da Relatividade, que lhe complementa.

E por que se falar em geometria? Por que mais do que nunca seu entendimento se torna obrigatório para quem deseje dominar as mais modernas tecnologias digitais de representação, de que fazemos uso.

4. Sobre os Projetos na Antiguidade

Apesar de utilizados pelos arquitetos da Mesopotâmia e do Egito desde 2500 a. C., não existem vestígios destes desenhos de plantas e elevações em escala reduzida. Alguns vestígios nas paredes, em escala 1:1 são encontrados em Didyma, na Grécia ou Priene, na Turquia.

É relativamente comum, entre os arquitetos contemporâneos, supor que na Grécia clássica, e, conseqüentemente, no mundo romano, as representações tridimensionais da arquitetura (modelos e maquetes) fossem essencialmente as mesmas dos dias de hoje: modelos de estudo, de teste e de apresentação. Aos nossos olhos, a monumentalidade e a beleza da arquitetura antiga podem parecer inconcebíveis sem um processo de projeto experimental, envolvendo maquetes e conjuntos completos de desenhos – plantas, cortes e elevações – como é comum atualmente (ROZESTRATEN, 2007, p. 145).

O mesmo pesquisador comenta que existem autores que afirmam que os gregos não se valiam de desenhos em escala reduzida para executar suas obras. Defendem esta tese justamente pela inexistência de vestígios de tais “projetos”. Afirma, porém, que outros autores consideram impossível que os gregos pudessem executar obras tão importantes sem fazer uso de desenhos completos em escala reduzida. Além disso, ainda há aqueles que acreditam que os gregos faziam uso tanto de desenhos incompletos quanto de modelos, maquetes em escala

1:1, para construir suas obras. O autor também cita a existência de versões do que hoje se conhece como Memorial Descritivo, chamados de *syngraphé* que descreviam detalhadamente características da obra, auxiliando assim na definição da proposta do projetista. A estas descrições gerais eram acrescentados modelos tridimensionais de partes importantes como detalhes ornamentais, cornijas, capitéis e outras peças padronizadas, utilizando a escala de 1:1, o que parece bastante aceitável (ROZESTRATEN, 2007)⁶.

5. A Geometria no Renascimento

O Renascimento foi um movimento artístico, cultural e científico ocorrido entre os séculos XIV e o século XVI, na Europa, representando a transição entre a Idade Média, com sua rígida interferência da religião, e a Idade Moderna, ocorrendo principalmente na Itália. Pode-se dizer que há uma laicização da sociedade e da arquitetura. Há um retorno aos valores e padrões estéticos de ordem, equilíbrio e simetria de Grécia e Roma, justificando o termo. Há, principalmente, uma nova forma de encarar Deus e sua criação, o ser humano, que como tal passa a ser exaustivamente estudado em suas proporções, já que não é mais um ser insignificante perante a grandeza divina, sendo, ao contrário, sua imagem e semelhança.

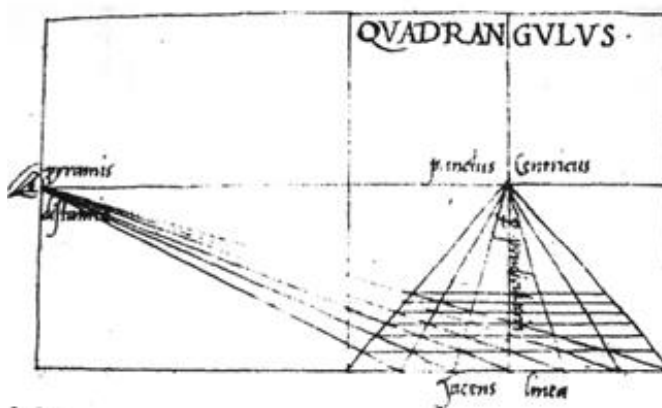
Os gregos Apollonius e Pappus (400 a.C.) já conheciam as leis da perspectiva e ajudavam os desenhistas a criar efeitos de paisagem em perspectiva nos cenários das tragédias (SANTOS; GUEDES, 2007). Contudo, foi a partir do Renascimento que ela se popularizou na arte e principalmente na arquitetura. Filippo Brunelleschi (1377-1446), arquiteto italiano, é conhecido por ter sido o primeiro arquiteto a utilizar a perspectiva cônica, identificando os pontos de fuga e a linha do horizonte. Entretanto, o primeiro a sistematizar o processo de como geometricamente executá-la foi o arquiteto Leon Baptista Alberti (1404-1472), no tratado “*Della Pictura*”, publicado em 1511 (SANTOS; GUEDES, 2007). Alberti criou uma espécie de retícula que embasava a perspectiva cônica. Estes conhecimentos significaram um avanço para as pinturas e para a arquitetura pois possibilitaram ambas fazer uma representação plana dos objetos da maneira exata como o olho humano enxerga, dando mais realismo às telas e aos desenhos.

Em seu tratado *De Re aedificatoria Libri Decem* (Sobre a arte de construir), publicado em 1485, Alberti encarou a arquitetura não como um trabalho artesanal e sim como um trabalho de intelecto, onde o arquiteto “desenha” – projeta em teoria- além de fazer na prática. Pode ser considerado como o primeiro livro impresso sobre arquitetura. Vale ressaltar que, curiosamente, o livro não possuía ilustrações (RAMOS, 2012). A partir de então torna-se comum o uso do desenho sobre retículas (Figura 1), em perspectiva cônica e isto favorece principalmente o projeto da parte interna das edificações. A geometria e o rigor matemático passam, mais do que em qualquer época, a ditar as plantas e fachadas das casas, jardins, igrejas e palácios.

Alberti defendia que o arquiteto deveria desenhar exaustivamente suas ideias, avalizando-as, antes de partir para as maquetes, comuns na elaboração dos projetos da época. Em outras palavras, deveria “resolver” todos os problemas de projeto na prancheta.

⁶ Rozestraten (2007) cita em seu artigo as obras de Coulton (1985), Dinsmoor (1985) e Hellmann (1999).

Figura 1: Reticula da perspectiva cônica-Alberti



Fonte: Pereira (2000)

Acreditava que o raciocínio era o substrato lógico do projeto sem o qual não haveria processo projetual e conseqüentemente não haveria arquitetura. É neste momento, portanto, que o ofício de construir deixa de ser aprendido no canteiro de obras e passa a ser aprendido na prancheta da academia. Até aqui provavelmente os meios de representação servissem mais para registrar que para comunicar ou analisar. Conforme o mesmo (RAMOS, 2012) a Arquitetura a partir do século XV passa a ser o processo como conhecemos hoje: desenvolve-se primeiro na mente do autor, passa pela consolidação quando é representada graficamente e somente depois torna-se forma plástica ou objeto materializado.

Sobre a parte gráfica, Pereira (2000), defende que foi na edição de Vitruvius por Fra Giacomo, de 1511, a primeira obra na qual um arquiteto se vale de ilustrações como plantas e cortes para dar clareza ao conteúdo do texto. Os desenhos, plantas e cortes perspectivados ainda não apresentam o objeto como ele é, mas como ele é visto. Pode-se dizer que foi no Renascimento, no século XV, que pela primeira vez o arquiteto passou a ter a atividade de *projeto* como conhecemos hoje (RAMOS, 2012).

O renascimento centraliza o problema da arquitetura não mais na materialização mecânica e direta da ideia, como fizeram no mundo gótico, mas sim como resultado de um processo intelectual capaz de dividir as coisas com mente e a inteligência (RAMOS, 2012, p. 538).

Pode-se dizer que foi no Renascimento que os desenhos passaram a ter o caráter de representação não só qualitativa, mas também quantitativa da tridimensionalidade do espaço.

O homem era a “medida” e o responsável pela conexão da terra com Deus. Não por acaso é neste momento que consegue sistematizar geometricamente a perspectiva cônica, ou exata, entendendo matematicamente como se dá a visão.

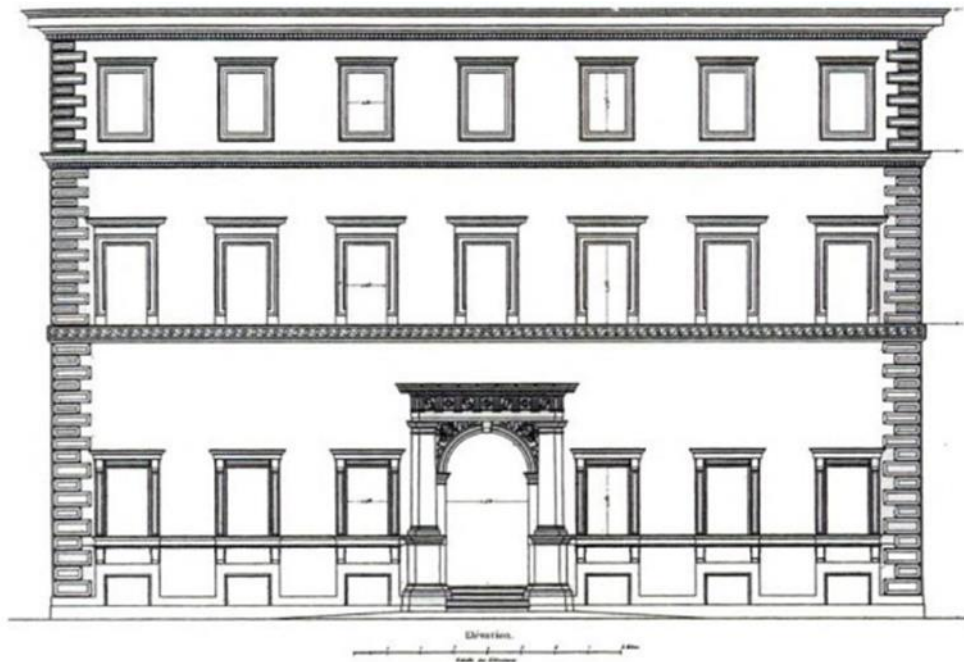
Também foi a partir do século XVI que a nova classe média romana passa a encomendar projetos (desenhos) ao invés de contratar um profissional que trabalhasse durante um determinado tempo para ela. Poucos são os desenhos desta época, demonstrando que os arquitetos não achavam importante sua manutenção. Aqueles que foram preservados, comprovam que o projeto era feito basicamente em estudos sobre a planta baixa e cortes mostrando o interior, muitas vezes perspectivados. A partir do Renascimento, a atenção do arquiteto passa a se concentrar no fornecimento de plantas e maquetes, ou seja, a obra passa

a ser o centro de atenções e não o usuário (PEREIRA, 2000). Se por um lado lhe conferem o privilégio exclusivo da autoria do projeto por outro lhe afastam do processo executivo onde ocorrem decisões que muitas vezes desconfiguram sua criação.

O conceito de fachada elaborada, Figura 2, começa a ser determinante no projeto arquitetônico a partir do Renascimento, momento em que passa a ser um demonstrativo do *status* do proprietário, coisa que não ocorria na casa romana ou medieval, onde os ornamentos restringiam-se aos átrios e espaços internos (LEÃO, 2012).

Posteriormente estes ornamentos voltam a ser negados no modernismo, que propunha o exterior essencialmente como “resultado” do interior da edificação.

Figura 2: Fachada do palazzo Baldassi-1520



Fonte: GODOTTI, M., GICLI, L. 1955

Ainda hoje permanece muitas vezes este conceito da “fachada principal” nos projetos, reduzindo-se a arquitetura a uma vista, mesmo em edificações isoladas, onde seu volume estabelece impactos visuais significativos no contexto da paisagem urbana.

Panisson, 2007, defende que a edificação sempre mostra em sua materialidade a forma gráfica como foi projetada. Exemplifica citando os espaços internos perfeitos do Renascimento, fruto, provavelmente, das perspectivas com ponto central que os arquitetos utilizavam para o entendimento e análise exaustiva antecipada da construção. Em contrapartida, a “grelha mongeana de origem cartesiana implica na substituição das proporções utilizadas no Renascimento pela repetição da unidade métrica introduzida na arquitetura” (PANISSON, 2007, p 33).

6. A Representação Ortogonal de Gaspar Monge

A representação em projeções ortogonais é um método conhecido desde a Antiguidade, mas somente passa a servir como modelo de representação de projetos arquitetônicos muito tempo depois, no final do séc. XVIII.

Nesta época, ocorre a criação da Escola Politécnica de Paris, que, sob a liderança do matemático Garpard Monge passa a ensinar uma “nova forma” de fazer os desenhos, com medidas e especificação de materiais, garantindo assim o perfeito entendimento do objeto idealizado por quem o executava que agora não mais era um artesão, mas um assalariado. Era o início da Revolução Industrial, e a partir do *Geometri Descriptive*, publicado por Monge, em 1794, 15 anos após sua utilização na Escola, estava inaugurada a era da resolução dos problemas do espaço no plano, através do sistema da dupla projeção (PANISSON, 2007).

Somente a partir daí fica consolidado que planta baixa, como elevações e cortes são desenhos independentes, mas referenciados.

O grande mérito de Monge foi, a exemplo de Euclides, colocar seus conhecimentos de maneira “sistemática e ordenada, ao alcance do saber” e desta forma facilitando o conhecimento (CABEZAS, 1997 *apud* PANISSON, 2007).

Cattani (2006), em seu artigo sobre a Arquitetura e a Representação Gráfica, ressalta o caráter de domínio que esta e outras idealizações de símbolos gráficos determinam, uma vez que estabelecem uma hierarquia de mando entre aqueles que conhecem a linguagem e que mandam, e aqueles que desconhecem e serão mandados (CATTANI, 2006). Com efeito, pode-se dizer que o conhecimento de uma linguagem codificada como é o desenho técnico estabelece uma hierarquia na obra entre os que “sabem” e os que “não sabem”.

7. A Teoria da Modulação

A teoria da modulação não era algo novo no século XVIII já que tanto na arquitetura Helênica (334 a.C.) como na egípcia (3000 a.C.) já se construía partindo de uma medida básica. O sentido de módulo, entretanto está fortemente ligado à necessidade de padronização da industrialização e a demonstração mais evidente de aplicação deste conceito é a construção de habitações no pós-guerra.

Se os desenhos mais exatos favoreciam a representação de componentes, a modulação facilitava os desenhos que podiam ser elaborados sob as mesmas bases de medidas. A modulação possibilita a coordenação de partes de um edifício, facilitando a produção de componentes que têm as medidas estabelecidas pela multiplicação ou pela divisão deste módulo, agilizando a construção. Elementos que se repetem facilitam a obra, como visto na Figura 3.

Com o surgimento do desenho por computador, mais preciso, esta racionalização da construção se tornou ainda mais evidente e facilitada. Justamente pela facilidade em se copiar elementos de um local para outro a um simples comando, a adoção de projetos baseados em uma malha tornou-se quase que obrigatória.

Figura 3: Arquitetura Modular – Rubatino Arquitetura



Fonte: www.rubatinoarquitetura.com.br

A crescente industrialização e a padronização de componentes como blocos, telhas e esquadrias apenas corrobora para que esta situação se solidifique. Apesar do CAD, surgido em 1960, foi, sobretudo a partir da década de 1990, um grande avanço na forma de representação. O desenho auxiliado por computador trouxe maior precisão, padronização gráfica, possibilidade de representação em camadas, facilidade de repetição de detalhes, tela infinita, facilidade de alterações dos originais, supressão de rotinas de traçado, assim como a transmissão de dados sem a necessidade de papel, possibilitado pela internet. Tudo isto permite que cada integrante do projeto possa trabalhar com facilidade nas mesmas bases que pode ser trocada de maneira imediata, a um simples comando. Contudo, pode-se observar que a forma de representar continuou a mesma já utilizada desde o Renascimento – a representação por plantas, cortes e elevações. Tudo desenhado no plano. Houve apenas a substituição da prancheta pelo computador.

8. O Surgimento do Desenho 3D

Foi com a evolução da Computação Gráfica permitindo o desenho em 3D que ocorreu uma alteração significativa na maneira de projetar. Os programas que não mais utilizam as projeções para desenhar, no plano, mas possibilitam uma verdadeira construção no espaço virtual da tela. É a simulação substituindo a abstração. Com ela o arquiteto não mais precisa se fixar na geometria plana das *imagens em projeção*, algo abstrato que exigem um treinamento, mas sim na verdadeira *geometria do objeto* (SOARES, 2005).

A modelagem do objeto arquitetônico permitida por programas como o *Revit*, *ArqCad* e *Rhinoceros*, além de permitirem uma simulação do objeto, que pode ser girado, possibilitando a análise de todos os lados, “representam inovação nos processos de projeto, uma vez que possibilitam a colaboração entre profissionais de diversas áreas, facilitando a multidisciplinariedade, fundamental para a prática projetual arquitetônica e urbanística e viabilizando a representação da obra a partir de diversos olhares articulados.” (DILL, 2020, p.63). A autora aponta como as 3 principais funções da representação - projeto, comunicação

e descrição podem ser hoje influenciados e favorecidos pelas ferramentas digitais como pranchetas digitais, modelagem geométrica 3D, prototipagem, tours virtuais (DILL, 2020).

Programas como o *Sketchup*, com tutoriais de fácil entendimento, estimulam a pré-visualização do objeto a ser projetado, sua descrição e seu entendimento, ainda que de forma restrita tecnicamente. As fábricas modelam seus produtos que podem ser incluídos nos projetos, complementando as informações e estabelecendo alternativas, de forma preliminar nos projetos, facilitando a comunicação entre os envolvidos no projeto e entre o cliente, que consegue de forma imediata entender e interagir com o profissional.

Dill, 2020, estabelece um comparativo entre as novas tecnologias digitais, abordando suas funções e possibilidades no cenário atual de projeto. Salieta o fato de que algumas delas vão muito além da concepção, como o desenho paramétrico, por exemplo, que permite fazer a simulação do objeto além de sua análise na criação, mas uma avaliação no tempo (DILL, 2020). Este comparativo permite avaliar, por exemplo, custos de manutenção.

Na área de paisagismo, programas como *Autolandscape*, permitem inserir a vegetação e simular seu crescimento e o sombreamento ocasionado, permitindo a análise da interferência no conforto ambiental ou seu efeito de composição da paisagem.

E como uma tecnologia permite que outras tantas se estabeleçam, surge o *BIM*. O *BIM* (*Building Information Modeling*) que se utiliza muitas vezes do desenho paramétrico para a geração dos projetos, pode-se dizer que é uma “ tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (ARAÚJO; RAMOS, 2015, p. 37).

Com ele, deixa-se de ter detalhes gráficos que “representam” elementos passando a ter imagens virtuais que “são” os próprios elementos simulados virtualmente, trazendo consigo informações como resistência, durabilidade, custo e inclusive período de manutenção ou substituição. Se antes os desenhos tinham por objetivo antever a obra quando materializada, agora podem antever sua *operação* ao longo do tempo, muito depois de ter ficado pronta.

O *BIM* pode ser encarado como uma tecnologia, um produto, um processo e uma ferramenta de gerenciamento de projeto. Seu conceito “surge em 1962, quando Douglas C. Englebart sugere uma interface gráfica que pudesse interagir com um modelo de construção” (ARAÚJO; RAMOS, 2015, p. 37). Através dele os projetistas podem compartilhar este “modelo virtual” em tempo real com outros profissionais da indústria da arquitetura, da engenharia, construção e operação, aproximando efetivamente o projeto da construção. Tornou-se comum a existência de projetos em espaços colaborativos, gerenciados por um profissional, ao qual têm acesso todos os projetistas, recebendo as alterações de cada área quase em tempo real podendo opinar e compatibilizar seus projetos.

Os novos softwares trazem consigo não apenas uma nova forma de projetar, mas novas possibilidades formais, outras geometrias e com elas outra arquitetura, como a da Figura 4, onde a hibridação de formas transforma a arquitetura em escultura. Arquitetura que muitas vezes assusta quando, indo ao encontro da complexidade venturiana, provoca tensão com a pretensa simplicidade corbusiana, colocando em debate a validade de projetos como os de Frank Gehry, Zaha Hadid e Peter Eisenman, por exemplo (FLORIO, 2015).

Figura 4: Museu Guggenheim – Frank Gehry – Bilbao - 1997



Fonte: <https://www.britannica.com/topic/Guggenheim-Museum-Bilbao>

9. O Efeito desta Tecnologia nas Escolas

O surgimento destas tecnologias e da mudança de paradigma na forma de projetar e de gerenciar os projetos evidencia uma mudança de atitude nos projetistas, se quiserem acompanhar o processo irreversível que a nova ordem pressupõe, não apenas porque elas possibilitam novas formas, mas principalmente porque estabelecem uma nova comunicação entre o projetista que propõe e o cliente, usuário ou equipe que entende, que pesquisa na internet, que exige simulações, que discute e espera alternativas.

Evidencia, paralelamente, uma nova demanda nos meios acadêmicos – o entendimento de como as superfícies complexas se desenvolvem e como melhor podem ser representadas. Disciplinas como Geometria Descritiva (GD) e Desenho Técnico adaptam seus programas e metodologias neste sentido. Um exemplo a ser dado é o que ocorreu na GD da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que passou a focar seu programa no estudo de superfícies, reduzindo sua abstração e aproximando o ensino da experiência concreta do futuro profissional (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Na pesquisa citada, foi desenvolvido um modelo paramétrico para a modelagem geométrica de superfícies helicoidais, dada sua complexidade e possibilidades de variação ao serem alterados seus elementos como geratriz, eixo, passo e sentido de rotação.

Os autores chegaram à definição de uma equação matemática para a geração de helicoidais no programa *Grasshopper*, escolhido por sua ampla utilização por arquitetos e designers de produto, cursos estes servidos pela universidade, combinado com o HiperCAL^{3D7}, aplicativo didático-pedagógico desenvolvido por um dos pesquisadores (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Situações como estas estimulam o raciocínio espacial e aprofundam o entendimento sobre a superfície, pois o programa permite a visualização 3D a partir de qualquer ponto de vista, possibilitando aos alunos uma atitude

⁷ HyperCAL3D – aplicativo de ensino-aprendizagem de GD, desenvolvido pelo professor Fábio Teixeira.

exploratória, que a representação no papel não daria conta (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

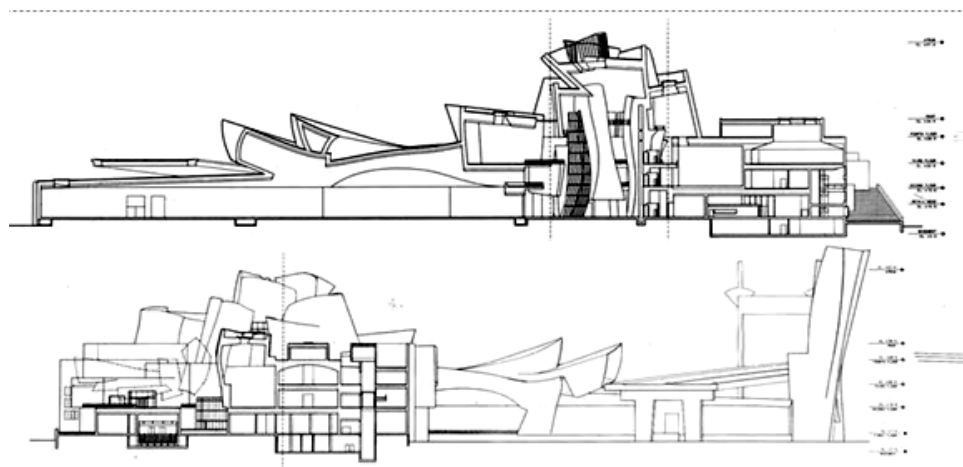
10. O Que Vem Antes, a Tecnologia de Desenho ou a Forma Arquitetônica?

Se aceitarmos que a arquitetura ao se materializar também expõe pressupostos culturais, históricos, tecnológicos e emocionais de uma comunidade, é de se supor que também a sua representação gráfica, como linguagem, não seja neutra ou isenta de ideologias. Ao observarmos a Figura 6, entendemos os dizeres de Cattani: “o simbolismo expresso na representação gráfica do projeto arquitetônico não se restringe, no entanto, somente aos aspectos funcionais e de decifração do código, mas permite análises que procuram dar conta de aspectos não revelados na linguagem do desenho técnico” (CATTANI, 2000, p. 78).

Com efeito, nos desenhos da Figura 5, toda a complexidade das formas já demonstra a expectativa da obra, mas não consegue traduzir a emoção da luz incidindo sobre as superfícies de titânio já mostradas na Figura 4. Efeitos estes que foram cuidadosamente simulados, antevendo o brilho produzido ao longo do dia.

Em 1992, Frank Gehry formatou, ele mesmo, um software, o *Digital Project*, para projetar a escultura do peixe metálico que ornamenta a zona portuária de Barcelona (GRUNOW, 2012). Este software foi sendo aperfeiçoado vindo a ser utilizado na arquitetura para o projeto da fachada de titânio do Museu Guggenheim, em Bilbao (Figura 4). Esta fachada levou em conta efeitos de insolação e ventos, entre outros fatores, como parâmetros de definição de suas curvaturas que não foram definidas apenas por seu efeito estético, muito embora esta tenha sido a característica que mais impactou o mundo para além dos amantes das artes. O “efeito Bilbao” rapidamente se alastrou, influenciando arquitetos de todo o mundo. Este episódio mostra como novas formas acabam por forçar o surgimento de novas tecnologias, que por sua vez, possibilitam novas geometrias. Importante salientar que Gehry não dispensa a maquete física de suas obras, aspecto bastante conhecido de sua forma de projetar que se utiliza de papéis e lâminas finas que vão sendo recortados, dobrados e testados numa escala pequena, em geral 1:500 primeiramente, constituindo-se em verdadeiras esculturas, miniatura do que a obra, também escultórica, será.

Figura 5: Projeto do Museu Guggenheim – Bilbao



Fonte: ZAERA, 1995

11. Complexidade em Modelagem Paramétrica na Concepção de Edifícios

A busca por reproduzir formas orgânicas da natureza, possibilitadas hoje pelo desenho paramétrico, iniciou com Gaudi (1852-1926). Ele pretendia entender antes a organização dos elementos da natureza que sua aparente complexidade. O que pretendia a arquitetura modernista da época (década de 1930) no Brasil era ser “acessível”, livre de ornamentos que encareciam a execução. Uma arquitetura que fez o arquiteto brasileiro se voltar para “atuação em moradias populares como uma das prioridades na profissão” (CAVALCANTI, 2006, p. 10).

Florio defende que, ao invés de tentar estabelecer uma “difícil unidade de inclusão” das formas arquitetônicas que se justapõe na cidade com toda a sua diversidade, o modernismo optou por uma “fácil unidade de exclusão”, empregando “formas simplificadas, que expurgavam esta complexidade” gerando uma *simplificação forçada* e, portanto, *irreal* e não espontânea (FLORIO, 2015, p. 3). Esta complexidade que insiste em aparecer na arquitetura de Gehry, Hadid e Eisenman, entre outros, uma arquitetura com fortes tensões e ambiguidades, de espaços complexos e até mesmo contraditórios. Como a natureza muitas vezes pode ser. “Ao contrário do purismo na composição e da justaposição de formas legíveis e estáveis, esses arquitetos operam com sobreposições, formas que se interceptam no espaço, o que promoveu ambiguidades visuais, e, conseqüentemente, desestabilizam o olhar”, instigando o pensamento e a emoção. (FLORIO, 2015, p. 4).

Estas novas geometrias não euclidianas, topológicas, dependem fundamentalmente da tecnologia digital e do desenho paramétrico para serem geradas, calculadas e representadas. Dependem dos softwares de desenho, equipamentos mais potentes, novas tecnologias de manufatura digital e mão de obra altamente especializada para serem produzidas.

Muito embora as formas fantásticas possam parecer o reflexo imediato do desenho paramétrico, a geração de geometrias complexas ou a renderização não é o objetivo final ou o maior mérito do processo, muito embora amplie a capacidade criativa do arquiteto, uma vez que aumenta sua capacidade de processar informações na mente, surpreendendo-o com novas possibilidades.

A modelagem paramétrica tem como mérito *amparar no desenho*, de forma virtual, todas as características físicas da obra, incluindo a durabilidade de cada elemento. E isto *favorece a decisão*, fundamental em projeto. Todavia é certo que um desenho 3D estático, criado através de entidades primitivas simples não oferece o dinamismo de um desenho paramétrico que tem nesta adaptabilidade sua maior característica. Estar à frente de um projeto assim elaborado exige conhecimento de geometria, clareza do encadeamento dos parâmetros, das funções do edifício e do funcionamento de cada elemento construtivo.

Em se tratando de renderização, os programas como o *3D MAX*, *DraftSight* ou *Revit*, para citar alguns, oferecem possibilidades ilimitadas. Com o projeto em 3D, fica fácil escolher os melhores ângulos e, utilizando estes softwares criar cenários diversos, simulando as mais diversas situações, testar materiais, texturas, cores e efeitos de iluminação, assim como a composição do prédio com o paisagismo e o entorno. Isto permite simular com exatidão a *aparência* que uma obra terá e assim ser feita uma previsão de custos, cronograma de desembolso (material e mão de obra), identificar os momentos críticos, analisando a relação dos serviços a serem contratados com a época do ano. Ao possibilitar encomendas com antecedência, otimizam-se processos e, também, fornecedores podem se programar, beneficiando toda a rede envolvida na indústria da construção civil.

12. A Realidade Aumentada e sua Relação com a Representação Gráfica

Outra tecnologia que vem se aliando aos projetos de arquitetura como forma de representar os objetos é a Realidade Aumentada (RA). Diferente da Realidade Virtual (RV) em que há uma imersão do usuário nas imagens produzidas, na RA há uma sobreposição de imagens, textuais ou figurativas, sobre a realidade existente. Difere, portanto, da Realidade Virtual pois nela não há uma *substituição* da imagem real e sim um *acréscimo*, uma vez que a imagem real permanece sendo vista. O sistema surgiu em 1968, criada por Ivan Sutherland, Engenheiro Elétrico da Universidade de Haward, mas ficou conhecido pelo seu uso nas tarefas operacionais das aeronaves Boeing 747, pelos engenheiros Thomas Caudell e David Mizzel, engenheiros da companhia (CAUDELL; MIZZEL, 1992).

A Realidade Aumentada pressupõe adicionar informações à realidade existente. Isto somente é possível olhando-se através de algum equipamento, que pode ser a webcam de um smartphone ou tablet, ou mesmo óculos especiais, pois é nele que a imagem adicionada se encontra. Necessita também de um “gatilho” que pode ser uma localização por GPS, uma imagem ou um marcador, semelhante a um Qrcode. Como exemplo de uso na arquitetura, através da câmera do celular ou tablet pode-se visualizar diretamente no terreno como vai ficar um edifício, elaborado em 3D. Posso ajustar seu tamanho no terreno e avaliar, de antemão, como ficará implantado. A RA tem sido utilizada também na preservação do patrimônio histórico. Na cidade de Pelotas, por exemplo, cartões postais vistos através de tablet ou celular, mostram, em 3D, o prédio histórico correspondente em toda a sua espacialidade, obtendo de imediato a visão da edificação e informações textuais, ano de construção, autoria, entre outros. Também nesta mesma linha a pesquisa Análise Gráfica Mediada por Realidade Aumentada, dos autores Cardoso, Silva e Moreira, publicada em dezembro de 2019, que propõe análises gráficas da arquitetura através de modelos em RA, exemplificando a possibilidade com modelos feitos em Sketchup dos prédios do Panteão e da Basílica de Santa Sofia (CARDOSO, SILVA e MOREIRA, 2019)

A possibilidade de, a partir de uma imagem 2D, obter uma imagem 3D, como ocorre na RA, favorece ainda mais a comunicação pois não requer para a obtenção da imagem nenhum programa especial, bastando a câmera de um smartphone ou tablet.

13. Considerações Finais

A matemática sempre esteve presente na arte. Isaac Asimov dizia que, “apenas na matemática não há correção significativa, só extensão” (BOYER; MERZBACH, 2012, prefácio). Alguns momentos da história da arquitetura estiveram atrelados à geometria plana e foram produzidas belas obras, como no Renascimento. Neste momento de valorização do homem, nada mais importante que a visão do homem, traduzida na perspectiva exata. Em outros, como no Modernismo, as formas puras dos sólidos que faziam referência à geometria espacial disciplinavam construções e facilitavam a industrialização com elementos modulados e a produção em série. Hoje, esta mesma geometria, auxiliada por tecnologias diversas possibilita superfícies complexas, com intersecções surpreendentes.

Edifícios agora são projetados, documentados, fabricados e montados com a ajuda de meios digitais e o que a arquitetura nos proporciona de mais moderno, não são as suas formas, mas sim a capacidade de propor alternativas significativas à lógica da repetição. A síndrome da repetição propaga o valor da estabilidade ambiental, enquanto o mundo real apresenta um quadro diferente de dinamismo, mudança constante e pequenas variações

incrementais. Quando temos diante de nós a simulação do objeto temos a possibilidade de sua avaliação por vários ângulos, simultaneamente, chegando a uma síntese. Quando se tem, a uma simples troca de parâmetro, seu instantâneo reflexo no projeto todo, integrado e coordenado, seja ele orçamentário ou estético, pode-se discutir para finalmente decidir.

As novas tecnologias propiciam a experimentação e permitem que surja o inusitado, não necessariamente para que seja materializado, mas para que possa ser analisado e testado. O computador permite a combinação de parâmetros de projeto que jamais seriam possíveis num projeto analógico, dada a precisão, a combinação de fatores e o tempo necessários. O projeto torna-se flexível uma vez que variáveis podem ser testadas com facilidade e adaptadas. A modelagem 3D, ao simular o objeto expõe todas as suas características formais onde situações negativas podem ser ajustadas, podendo ter inúmeras simulações ao mesmo tempo, verificando as alternativas para cada situação de maneira rápida e levando em conta todas as compatibilidades que precisarão ser feitas. Os “desenhos em movimento” propiciados por esta nova geometria dinâmica que a tecnologia oferece propicia experimentos de pensamento distintos, diferentes percepções do espaço, uma vez que fazer e explorar, elaborar e refinar conjeturas, assim como testar hipóteses e produzir demonstrações passam a ser quase simultâneas. Importante salientar, porém, que em nenhum momento se está negando a importância da *competência* do projetista para testar, analisar, comunicar e deliberar sobre estas possibilidades formais, muitas vezes complexas.

O BIM, depois de séculos, reaproxima o arquiteto da obra, ainda que virtualmente, na medida em que passa a fazer parte do processo de projeto a elaboração de custos, como parâmetro incluído, possibilitando a negociação com empreendedores e fornecedores. Não mais o projeto precisa estar todo concluído para ser orçado. Os custos relativos a cada decisão vão aparecendo juntamente com o processo de concepção e modelagem do edifício. E este é o momento de importantes decisões que muitas vezes desconfigurava uma ideia, pois precisava chegar ao final para se mostrar inviável.

Ao acrescentar a variável tempo ao desenho, algo aparentemente intangível num universo caracterizado pela materialidade, as tecnologias permitem que sejam feitas projeções na manutenção do edifício, permitindo tanto a elaboração de manuais como o entendimento por parte do usuário do investimento feito.

Permite que sejam incluídas características climáticas, para as quais haja alterações na fachada permitindo a maior ou menor incidência de luz e desta forma a obra deixa de ser estática e aproxima-se dos organismos vivos.

E tudo isto estar embutido num “desenho”.

O efeito destas tecnologias digitais já pode ser sentido, seja na paisagem pelo surgimento de edifícios/escultura, seja nas relações de projeto que se alteram significativamente. O futuro dirá se e quais limitações poderá trazer.

Referências

ARAÚJO, C.; RAMOS, F. G. V. O desenho de arquitetura na era digital: o ato de projetar no sistema Bim. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 19, n. 3, p. 37-54, 2015. Disponível em: http://www.educacaografica.inf.br/wp-content/uploads/2016/02/06_O-DESENHO-DE-ARQUITETURA_37_54.pdf. Acesso em: 20 maio 2020.

BOYER, C.; MERZBACH, U. **História da Matemática**. São Paulo: Blucher, 2012. 490 p.

CATTANI, A. Arquitetura e Representação Gráfica: Considerações Históricas e aspectos Práticos. **Arqtexto**, Porto Alegre, n. 9, p. 110-123, 2006.. Disponível em: https://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/PDFs_revista_9/9_Airton%20Cattani.pdf Acesso em: 1 ago. 2019.

CATTANI, A. O que está desenhado é muito mais do que está desenhado: significados do projeto arquitetônico. **Educação Gráfica**, Bauru, n. 4, p. 75-80, 2000. Disponível em: <http://www.educacaografica.inf.br/wp-content/uploads/2011/06/O-que-esta-desenhando.pdf>. Acesso em: 19 maio 2020.

CAUDELL, T. P.; MIZZEL, D. W. Augmented Reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *In*: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 25., 1992, KAUAI. **Proceedings [...]**. Kauai: IEEE Comput. Soc. Press., 1992. v. 2. p. 659-660. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/183317>. Acesso em: 20 ago. 2019.

CAVALCANTI, L. (2006). **Moderno e Brasileiro**: a história e uma nova linguagem na arquitetura (1930-60). Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

CARDOSO, C.C.; SILVA, R.F. da; MOREIRA, D. de C. Análise Gráfica Arquitetônica Mediada Por Realidade Aumentada. *In*: **Revista Educação Gráfica**, Bauru, v.23,n.3,p. 74-91, dez.2019. Disponível em: <http://www.educacaografica.inf.br>. Acesso em 20 maio 2021

EVES, H. **Introdução à História da Matemática**. Tradução de Higino H. Domingues. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2004.

FLORIO, W. Complexidade e Modelagem Paramétrica na Concepção de Edifícios. *In*: SEMINÁRIO PROJETAR, 7., 2015, natal. **Anais [...]**. Natal: PPGAU/UFRN, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/1961>. Acesso em: 21 maio 2020.

GODOTTI, M., GICLI, L. **Palazzo Baldassi**, Rome: L'erna di Bretschneider, 1995.

GRUNOW, E. Arquitetos trocam desenho pela nuvem: Arquitetura Digital. **Projeto**: revista mensal de Arquitetura, Logroño, ES, n. 383, p. 50-61, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/320764>. Acesso em: 21 maio 2020.

LEÃO, S. L. C. A evolução do conceito de fachada: do renascimento ao modernismo. **Arquisur**, Santa Fe, v. 3, n. 4, p. 90-97, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/83680>. Acesso em: 3 ago. 2019.

MARQUES, J. C.; CHISTÉ, P. de S. O Ensino do Desenho Técnico mediado pela Matemática, História da Arquitetura e Computação Gráfica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12. 2016, São Paulo. **Comunicações Científicas [...]**. São Paulo: SBEM, 2016. p. 1-17.

PANISSON, E. **Gaspar Monge e a sistematização da Representação na Arquitetura**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande dos Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14314/000658970.pdf?sequence=1>. Acesso em: 21 maio 2020.

PEREIRA, C. C. Prática profissional e o projeto de palácios menores no renascimento italiano. **Arqtexto**, Porto Alegre, n. 1, p. 12-21, 2000.

RAMOS, F. G. O desenho e a arquitetura em Leon Battista Alberti e Giorgio Vasari. In: ENCONTRO DE HISTÓRIA DA ARTE: OS CAMINHOS DA HISTÓRIA DA ARTE DESDE GIORGIO VASARI – CONSOLIDAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA DISCIPLINA, 7., 2011, Campinas. **Anais [...]** Campinas: IFCH-Unicamp, 2012. p. 535-544.

ROZESTRATEN, A. Comentários sobre a modelagem tridimensional na arquitetura grega e romana antigas: Heródoto, Aristóteles e Vitruvius. **Pós**: revista do Programa De Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, São Paulo, n. 22, p. 142-159, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i22p142-159>. Acesso em: 18 set. 2019.

SANTOS, M. M.; GUEDES, N. L. S. **A teoria da perspectiva fundamentada pela geometria projetiva**. Curitiba: Editora da UFPr, 2007.

SOARES, C. C. P. Computação Gráfica: uma mudança nos paradigmas das técnicas de representação? In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 6.; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 17., 2005, Recife. **Anais [...]**. Recife: Graphica, 2005.

TEIXEIRA, F.; SILVA, R. P. da; SILVA, T. L. K. da. Modelagem Paramétrica Para o Estudo de Superfícies Helicoidais em Geometria Descritiva. In: **Revista Educação Gráfica**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 1-18, ago. 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/188103>. Acesso em: 21 maio 2020.

VERASZTO, E.V. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**: revista de ciências e tecnologias de informação e comunicação, Porto, n. 7, p. 60-85, 2008.

ZAERA, A. Conversaciones com Frank Gehry, In: **El Croquis**, Madrid, n. 74/75, 1995