

COMPOSIÇÕES GEOMÉTRICAS REGRADAS NO ENSINO DE INFORMÁTICA APLICADA

RULED GEOMETRIC COMPOSITIONS FOR TEACHING APPLIED INFORMATICS

Cristina Cerqueira Buery¹

Maria Angela Dias²

Resumo

O *Computer Aided Design* – CAD ampliou os recursos da atividade projetiva e, atualmente, é ambiente virtual de experimentação e criação para arquitetos e urbanistas. Entretanto, no Brasil, o ensino das ferramentas digitais ainda carece de avanços para uma formação mais arrojada tecnologicamente. Novos conteúdos programáticos e estratégias de ensino precisam ser adotadas para promover instrumentalização digital como suporte da expressão criativa nos processos projetuais. Este artigo relata a aplicação da metodologia baseada na Shape Grammar, no ensino da disciplina Informática Aplicada à Representação de Projetos I, do curso de Arquitetura e Urbanismo das Faculdades Integradas São Pedro, em Vitória, Espírito Santo. Revisão bibliográfica e estudo de caso estruturam o artigo que, após dissertar sobre o processo de inserção das ferramentas digitais no campo projetual e no ensino de arquitetura e urbanismo, apresenta conceitos de parametria e programação, relata as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos na experiência didática vivenciada.

Palavras-chave: educação arquitetônica; informática aplicada; composições regradas.

Abstract

Computer Aided Design - CAD has expanded the resources of projective activity and is currently a virtual environment of experimentation and creation for architects and urban planners. In Brazil however, the teaching of digital tools still lacks advances. New programmatic content and teaching strategies need to be adopted to promote digital instrumentation as support for creative expression in design processes. This article reports the application of Shape Grammar based methodology in the teaching of class “Applied Informatics to Representation of Project I”, of Architecture and Urbanism courses of Faculdades Integradas São Pedro, in Vitória, Espírito Santo. Bibliographical research and case study make up the structural base of this study, which after disserting about the process of insertion of digital tools in the projective field and in the teaching of architecture and urbanism, presents parametric and programming, reports the developed activities and the results obtained from the didactic experience that took place.

Keywords: architectural education; applied informatics; ruled compositions

¹ Doutoranda em Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – PROARQ, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro - cbuery2@gmail.com

² Professora Doutora, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - PROARQ, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – magedias@gmail.com

1. Introdução

Projetar é um ato de criação. O registro gráfico do pensamento de quem cria, faz parte da produção cultural e do desenvolvimento humano, há muito tempo. Mais do que registro, o desenho é uma representação do objeto, que ainda não foi construído ou fabricado. É um mundo virtual onde o projetista testa hipóteses e experimenta soluções, realimentando as atividades mentais (MEDEIROS, 2004). No campo da arquitetura e urbanismo, o desenho de projetos contribui para imaginação, pré-configuração, descrição e reconhecimento de um espaço projetado (COCCHIARELLA, 2006).

No século XX, muitas transformações marcaram os meios de produção arquitetônica, e o surgimento dos computadores transformou o modo de projetar de arquitetos e urbanistas. Muitos acreditam que o meio digital restringe a criatividade. No entanto, o que se pode notar é que o ambiente virtual aumenta, com maior dinamismo, as possibilidades de experimentação necessária à criação. No século XXI, os modelos digitais que auxiliam a concepção de projetos passaram a ter importância fundamental para a evolução das etapas de trabalho. Cocchiarella (2006) evidencia três razões para a essa ampla difusão digital: a. analogia visual das imagens computadorizadas com a iconografia tradicional; b. capacidade algorítmica de atribuir propriedades físicas ao modelo geométrico; c. interação entre o arquiteto e o espaço, por meio da realidade virtual.

A recente variedade de aplicações dos recursos digitais requer do projetista novas competências e habilidades para explorar a ferramenta digital no exercício da criatividade projetiva. Martínez (2000), ressalta que cada arquitetura é marcada pelos meios utilizados para projetá-la, e atenta para o fato de saber utilizá-los, tendo consciência de condicionamentos, para não perder as relações específicas da arquitetura real em prol daquelas que pertençam mais à representação. Deste modo, a formação profissional, no campo da arquitetura e urbanismo, é constantemente debatida diante das inovações tecnológicas que atingem o setor de Arquitetura, Engenharia e Construção.

A inclusão dos recursos digitais na formação do arquiteto urbanista, no Brasil, foi iniciada oficialmente em 1994, por decreto do Ministério da Educação e Cultura. De modo obrigatório e com diferentes abordagens, disciplinas de Informática Aplicada (IA) foram inseridas nas grades curriculares dos cursos nacionais, geralmente no segundo ano, com programas do sistema CAD (*Computer Aided Design*). O atual avanço dos processos digitais no campo projetual, a migração do sistema CAD para o BIM (*Building Information Modeling*), modelagem digital e prototipagem rápida, entre outros recursos, geram novos conteúdos para o aprendizado da IA.

Entende-se que o manejo de ferramentas digitais, por si só, não garante qualidade ao resultado do trabalho, entretanto o conhecimento operativo de *software* de projeto de arquitetura e urbanismo requer treinamento e aplicação prática, para que não se torne empecilho na ação projetual. Portanto, a instrumentalização deve estar associada ao processo de projeto. Kara (2015) argumenta que o aprendizado das ferramentas digitais se realiza efetivamente nos estúdios de projeto, quando a mobilização dos recursos é aplicada no raciocínio e apresentação para problemas do projeto arquitetônico.

Se de maneira concreta o currículo acadêmico brasileiro (ainda) é constituído de disciplinas específicas para o ensino de ferramentas digitais, entre outras indagações, é oportuno questionar: quais aplicações devem ser contempladas nos conteúdos programáticos nas disciplinas de IA? Quais estratégias de ensino devem ser adotadas para promover aprendizagem operativa (instrumentalização) de recursos do meio digital, de modo a dar suporte à expressão da capacidade criativa nos processos projetuais informatizados?

Conceitualmente é preciso que mudanças paradigmáticas sejam realizadas no ensino de projeto para que o potencial das ferramentas digitais seja aplicado. De outro modo, as disciplinas de IA ficam isoladas, e formam um hiato na formação do arquiteto urbanista. Tem-se, por pressuposto, que a instrumentalização básica é necessária e deve ser ampliada no aspecto conceitual, no sentido de fundamentar os métodos digitais de projeção com auxílio dos programas computacionais. Na busca por alinhar conceitos contemporâneos do digital na arquitetura ao ensino das ferramentas digitais, esse artigo tem por objetivo relatar a aplicação da metodologia sugerida por Celani (2003) no livro CAD Criativo, para fundamentar o ensino de ferramentas digitais como um assistente do processo criativo, em experiência didática vivenciada na disciplina Informática Aplicada à Representação de Projetos I, do curso de Arquitetura e Urbanismo das Faculdades Integradas São Pedro, em Vitória, Espírito Santo.

A escolha se deu sob o argumento da abordagem diferenciada e criativa, para o ensino de IA, fazendo uso do *software AutoCad*[®](Autodesk) em transformações geométricas, composições regradas e formas emergentes, que exploram os comandos do *software* no processo paramétrico de projeção. Alguns recursos do *software* são apresentados em exercícios práticos que auxiliam o entendimento do conceito de parametria, sem necessidade de entrar no universo da programação, embora seja abordado no livro. Revisão bibliográfica, em livros, teses, artigos sobre o tema, e estudo de caso estruturam o artigo que, após dissertar sobre o processo de inserção das ferramentas digitais no campo projetual e no ensino de arquitetura e urbanismo, apresenta conceitos de parametria e programação, e relata as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos.

Este estudo é parte das reflexões que embasam a tese “Modelagem virtual e prototipagem digital como recursos de experimentação da forma no ensino da Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo”, em andamento no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – PROARQ da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob orientação da Professora Doutora Maria Angela Dias. Vincula-se ao Projeto de Pesquisa “A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares”, do PROARQ-UFRJ, que busca levantar referenciais teóricos e metodológicos aplicados ao ensino de graduação da FAU-UFRJ.

2. A Ferramenta Digital no Ensino de Arquitetura e Urbanismo

A evolução da tecnologia digital vem transformando o modo de projetar de arquitetos e urbanistas, causando impactos no produto arquitetônico e urbanístico, dando origem a um contexto de expansão da teoria e da prática estritamente influenciadas pela tecnologia emergente, que integra geração, materialização, fabricação e definem a epistemologia do digital em arquitetura (OXMAN; OXMAN, 2014).

A Tecnologia da Informação (TI), especialmente a Internet das coisas (*Internet of Things - IoT*) e computação em nuvens (*Clouds Computing – CC*), criam o campo da cibernética, que converge tecnologias digitais, físicas e biológicas, marcando o que os economistas chamam de ‘quarta revolução industrial’. Impressão 3D, materiais inspirados na biologia sintética e robótica são alguns dos temas que pautam novas perspectivas para o campo da arquitetura e urbanismo. Contudo, para Celani (2018, p.18) “O Brasil tem estado à margem dessa discussão, que só pode acontecer como resultado de um processo de desenvolvimento tecnológico e industrial intrínseco, o que, infelizmente, demora a acontecer”.

Em relação direta com o produto gerado pela criatividade dos profissionais, está o desenvolvimento de *software* (programas computacionais) para atender às complexas demandas do projeto de arquitetura e urbanismo contemporâneo. As ferramentas do sistema

CAD foram adotadas de modo amplo. Atualmente, o estudo visual dos fenômenos é viabilizado por simulações em ambientes informatizados, notadamente quanto aos aspectos da síntese e coerência formais, dentre outros fatores, utilizando também o sistema *BIM*.

Neste contexto, a tecnologia digital traz desafios quanto à formação profissional do arquiteto urbanista. Na educação arquitetônica, tradicionalmente, uma das bases dessa formação é a representação de projetos. Ao longo do percurso histórico, o desenho tem sido importante instrumento de expressão do pensamento, para arquitetos, artistas, entre outros profissionais. Meios e técnicas de representação digitais incluem recursos de desenho, edição e visualização, diferentes da prática manual desenvolvida na prancheta. Para o registro gráfico há inúmeros recursos em programas computacionais, como representações bidimensionais, modelagem, animações, simulações, etc., que criam um amplo espectro de aplicações.

O desenvolvimento de competências relativas à capacidade de visualização e idealização de objetos e espaços, ainda não fabricados ou construídos, é relevante na prática profissional do arquiteto urbanista. Os meios de expressão e representação estão incorporados ao processo de projeto, e é preciso ter domínio da linguagem que permeia a relação do pensamento com a materialização da ideia. O aprendizado da comunicação visual, nos seus mais diversos modos, é parte fundamental na construção do conhecimento do arquiteto urbanista.

A educação gráfica nos cursos de graduação, em geral, se constitui de disciplinas que instruem quanto aos meios e métodos para a expressão e representação de projetos, desenvolvendo a linguagem que o aluno irá expressar e representar ideias, formando um elo entre teoria e prática de projeto. Porém, a introdução do computador nas atividades projetuais trouxe uma inflexão no ensino de arquitetura e urbanismo.

Os recursos digitais transformaram e ampliaram o aspecto da experimentação que o registro gráfico possui. É comum que, no primeiro ano de curso, croquis e desenho técnico sejam feitos manualmente, por instrumentos de desenho. O computador passa a ser adotado nos períodos intermediários e, a partir de então, o analógico e o digital são utilizados de modo híbrido. O uso de *software* tem evoluído na direção do desenvolvimento das habilidades cognitivas no campo digital, acarretando impactos na metodologia projetual. Passaro e Henriques (2015, p. 94) argumentam que “O entendimento deste novo ferramental é capaz de modificar processos de representação, modificar a utilização de materiais, modificar o processo produtivo e finalmente modificar o entendimento da forma arquitetônica”.

Para Oxman (2008), o projeto digital se tornou mais complexo, exigindo a formação de uma nova geração de especialistas em *design* digital. Ressalta que o estúdio de projeto deve ter caráter de experimentação na medida em que deve incentivar a pesquisa, desenvolvimento de modelos e técnicas que envolvam teorias e conceitos digitais, como animação e parametria, explorando a criatividade. Deste modo, a instrumentalização digital incorpora também recursos de prototipagem rápida, modelagem, parametria, programação visual, impressoras 3D, fresadoras, cortadoras à laser, entre outros, que integram o conceber e o construir na ação projetual.

Considera-se que o computador seja o suporte indissociável na atuação profissional, nos dias de hoje. Assim sendo, é necessário compreender que a aprendizagem dos recursos digitais deve estar presente de modo integrado ao conteúdo das disciplinas que compõem a grade curricular, pois disciplinas de instrumentalização, por si só, não acarretam mudanças no processo de projeto.

2.1. O Campo Disciplinar da Informática Aplicada (IA)

A resolução nº 2, de 17 de junho de 2010, das Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, em vigor, institui que a identidade profissional do egresso é caracterizada pelos conteúdos disciplinares do Núcleo de Conhecimentos Profissionais, que inclui o campo de saber da Informática aplicada à Arquitetura e Urbanismo. Do mesmo modo, define habilidades e competências esperadas para os profissionais, das quais destacam-se:

XI - as habilidades de desenho e o domínio da geometria, de suas aplicações e de outros meios de expressão e representação, tais como perspectiva, modelagem, maquetes, modelos e imagens virtuais;

XII - o conhecimento dos instrumentais de informática para tratamento de informações e representação aplicada à arquitetura, ao urbanismo, ao paisagismo e ao planejamento urbano e regional; (BRASIL, 2010, p. 3 - grifo nosso).

Os termos grifados ressaltam a relação dos meios digitais com a área de representação e expressão, que integra o campo de saber Desenho e Meios de Representação e Expressão, do Núcleo de Conhecimentos de Fundamentação (BRASIL, 2010). Para cumprimento desse decreto, que praticamente se mantém inalterado desde 1994, quanto à IA, disciplinas foram sendo implementadas com formulação de ementas e objetivos, segundo a interpretação de cada instituição para o decreto-lei.

As ementas são estabelecidas no Projeto Pedagógico do Curso – PPC de cada instituição, mas objetivos e conteúdos têm certo grau de flexibilidade e podem ter direcionamentos de acordo com a linha de trabalho do docente que a conduzirá, desde que contemplem o perfil desejado para o egresso. De tal modo, há variações no ensino de cada curso. Pode-se observar diferenças como quantidade de disciplinas, abordagens de conteúdos, carga horária, periodização, tipos de programas, entre outras.

Nos currículos brasileiros, o ensino da IA, não raro, é tratado como um assunto independente, dissociado das disciplinas de projeto. Por outro lado, o ensino de projeto se apropria pouco do potencial das ferramentas digitais para estudos arquitetônicos e urbanísticos. Celani (2018) argumenta que é necessário incentivar a interdisciplinaridade, buscando na multidisciplinaridade os fundamentos complementares ao desenvolvimento projetual, em favor de uma formação mais arrojada. De acordo com Sedrez (2016, p. 132), “O projeto contemporâneo enfatiza a capacidade lógica do arquiteto de trabalhar os diferentes elementos geométricos necessários para a construção do raciocínio projetual com o auxílio da computação”.

De maneira geral, pode-se enumerar alguns fatores que ainda dificultam essas mudanças no contexto acadêmico brasileiro. A estrutura curricular da maioria dos cursos de arquitetura e urbanismo está fundamentada na fragmentação de conteúdos e saberes, em modelo de ensino ancorado em métodos convencionais. Há desatualização do copo docente quanto aos recursos digitais, principalmente em relação ao uso sistemas paramétricos. Falta de estrutura física com laboratórios, equipamentos e *software* que deem apoio as atividades projetuais em ambiente informatizado. Existe a associação do computador com a prancheta, pois, comumente, os recursos são utilizados em práticas estruturadas no desenho manual ou somente para gerar ilustração do projeto (imagens renderizadas).

De fato, desde que o ensino das ferramentas digitais foi incorporado, de modo obrigatório, aos cursos de Arquitetura e Urbanismo, pouco avançou na direção de uma formação ajustada às novas competências do mundo tecnologicamente digital. De acordo com

Celani (2018, p.17) “[...] acabamos chegando ao final do século como um país de arquitetura nostálgica e de métodos de ensino tradicionais, exatamente o contrário da imagem que tínhamos há 50 anos atrás”, se referindo aos momentos de destaque vivido pela arquitetura brasileira em meados do século XX, quando o Brasil era visto como o país do futuro, com a construção de Brasília.

Pesquisas sobre o tema da arquitetura concebida digitalmente, no âmbito da pós-graduação de algumas das principais universidades nacionais, em centros como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Bahia, Pernambuco, têm avançado, principalmente na formação de mestres e doutores, que buscam contribuir, mesmo que pontualmente, para uma renovação de conceitos e reformulação no ensino da graduação. No Brasil, os estudos são mais recentes em comparação com países como Estados Unidos, Inglaterra, Espanha, Portugal, Austrália e Israel. Contudo, Veloso, Scheeren e Vasconcelos, (2017, p. 93) acreditam que a inclusão das tecnologias computacionais nos ambientes e currículos de arquitetura está progredindo, pois “[...] os *software CAD* e de modelagem estão mais difundidos, avançando na implementação de plataformas *BIM* e ainda escassos na implementação de *software* paramétricos/algorítmicos”.

Eventos que congregam pesquisadores da área de tecnologia aplicada ao projeto, como o *CAAD FUTURES (Computer-Aided Architectural Design Futures)*, *eCAADe (Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe)*, *SIGRADI (Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital)*, entre outros, contribuem para aprofundar debates sobre onde, quando e como as ferramentas digitais devem ser pensadas e usadas na educação arquitetônica. Para Carvalho e Savignon (2012, p.9) é preciso entender “[...] até que ponto as escolas de arquitetura devem assumir o compromisso com o ensino das ferramentas digitais”. Enquanto avançam essas discussões, torna-se desafiadora, na atualidade, a escolha de conteúdos e metodologias para cumprir objetivos das disciplinas que tratam da IA, na atual estrutura curricular da maioria dos cursos nacionais, de modo a qualificar o ensino das ferramentas digitais para além do caráter operativo, nas atividades de expressão e representação das soluções arquitetônicas.

Alguns pontos devem ser considerados numa discussão mais específica. Comumente, a IA é precedida de disciplinas que fundamentam a educação gráfica, no primeiro ano de formação, dissociada do contexto digital. Os conteúdos de registro gráfico, especialmente os técnicos, são ensinados com instrumentos de desenho manuais, que praticamente se tornaram obsoletos pela adoção plena dos computadores no trabalho de profissionais de arquitetura e urbanismo. Deste modo, não faz sentido, na atualidade, que os conceitos sobre a linguagem gráfica do projeto de arquitetura e urbanismo já não serem contemplados em meio digital.

A variedade de programas computacionais que têm sido adotados no processo de projetos, traz outro ponto a ser considerado. Na área de representação, *software* para desenho, modelagem, renderização, edição de imagens e prototipagem digital, além de equipamentos como computadores, impressoras multifuncionais, impressoras 3D, corte a laser, entre outros, formam um conjunto de recursos minimamente necessários para o desenvolvimento do ensino em meio digital. Apesar dos esforços entre instituições e fabricantes de equipamentos e *software*, em prol da redução de custos para a montagem de laboratórios informatizados, ainda é difícil ampliar a oferta de opções de programas para contemplar as áreas de formação. Programas como o *AutoCad® (Autodesk)* e *SketchUp® (Trimble)+V-Ray® (Chaos Group)* são comumente os mais utilizados. O *Revit® (Autodesk)* e *Rhinoceros® (MacNeel) + Grasshopper® (Rutten&McNeel)* estão sendo incorporados aos cursos, à medida que avança a inserção da metodologia *BIM*.

Sem dúvida, a evolução dos programas traz, cada vez mais, ferramentas apropriadas à determinadas aplicações, agilidade e eficácia nas ações de comandos, interfaces com elementos visuais mais dinâmicos e maior qualidade das imagens produzidas. Entretanto, o ensino dos recursos existentes nos pacotes de *software* no nível básico, pode restringir aplicações mais avançadas na experimentação projetual. Além disso, a crescente adoção do processo paramétrico para realização de projetos, tem destacado a importância do conhecimento em programação computacional, para tornar possível a participação dos projetistas na customização e desenvolvimento de programas, permitindo gerenciar as próprias ferramentas, integrando procedimentos intuitivos e racionais, com maior liberdade.

O aspecto multidisciplinar que envolve a arquitetura e o urbanismo caracteriza a necessidade de que o meio digital esteja incorporado aos saberes que constituem o currículo acadêmico. Funções e versões de programas que se atualizam a cada ano, requerem qualificação e especialização do corpo docente, para uso da tecnologia nas áreas de conhecimento específico de cada campo do saber, pois a IA não se restringe apenas à área de representação, na base de formação. Ao que se percebe, a evolução dos recursos tecnológicos digitais, para a área de arquitetura e urbanismo, acontece mais rapidamente do que a capacidade de se desenvolver metodologias e didáticas capazes de transformar o tradicionalismo, e trazer novos percursos ao ensino da arquitetura e urbanismo.

3. Parametria no Processo de Projeto

A estrutura do desenho digital está intrinsecamente associada à estrutura geométrica e topológica programada na memória do computador. Assim, o tipo de recurso utilizado para o desenho mobiliza processos que dependem dos dados inseridos (*inputs*) para gerar informações (*outputs*). Isso acontece, pois o comportamento dos computadores está ligado ao conceito de algoritmo, no qual “[...] o processamento de dados é feito por meio de sequência de instruções descritas por símbolos que podem ser convertidos em sinais eletrônicos” (CELANI, 2018, p. 22). No caso da modelagem para simulação da forma arquitetônica, por exemplo, os níveis de extração de dados variam de acordo com o processo utilizado, mesmo que, visualmente, o modelo gerado seja o mesmo.

Fases com várias modificações e revisões, são características do projeto de arquitetura, passando de um nível de generalidade para, progressivamente, alcançar a precisão técnico-construtiva do projeto. Na era digital, esses ajustes são feitos por meio dos parâmetros pré-estabelecidos, possibilitando a verificação de soluções para um mesmo estudo, minimizando tarefas repetitivas.

No processo de projeto arquitetônico, Bueno (2016, p. 150) explica que ‘parametria’ ou ‘parametrismo’ pode ser definido como “[...] o conjunto de conceitos metodológicos referidos à modelagem ou controle de um modelo arquitetônico por meio da associação explícita de parâmetros de projeto utilizando *software* de desenho paramétrico”, o qual está ligado ao dinamismo, para gerar formas condicionadas à regras ou dados pré-estabelecidos (LARA, 2016). Porém, nas abordagens paramétricas, Woodbury (2014, p.153 tradução nossa) argumenta ser necessário que “[...] o projetista estabeleça as relações pelas quais as peças se conectam, construa um projeto usando essas relações e modifique as relações observando e selecionando os resultados produzidos”. Deste modo, o projetista pode explorar ideias e reduzir o retrabalho.

Para o domínio paramétrico Woodbury (2014, p. 155-163, tradução nossa) descreve seis habilidades necessárias ao projetistas, resumidos nos seguintes tópicos:

- Conceber fluxo de dados (criar, arranjar e editar dependências - parâmetros);
- Dividir para conquistar (organizar o desenho paramétrico em partes de modo que hajam *links* limitados e compreensíveis de parte à parte);
- Nomear as partes para facilitar a comunicação;
- Pensar de modo abstrato (criar modelos paramétricos aplicáveis a novas situações);
- Pensar de modo matemático (usar teoremas e gráficos codificados);
- Pensar de modo algorítmico (escrever algorítmicos para produzir *design*).

Na construção de tais habilidades, o interesse pelo estudo de algoritmos como parte do processo de projeto vem sendo ampliado, pois é preciso entender as regras implícitas na programação de cada *software*, para poder ajustá-las à estratégia projetual, quando necessário (ROCHA; STRALEN, 2017).

A evolução de metodologias projetuais baseadas em algoritmos tem modificado o pensamento arquitetônico. Desde o início do século XXI, a parceria entre arquitetos e engenheiros se alargou e pesquisas de grupos multidisciplinares, envolvidos com o cenário digital, permitiram o desenvolvimento de métodos computacionais para dar precisão à geometria das formas, que expandiram o vocabulário da estética arquitetônica contemporânea, ao mesmo tempo que impulsionaram a fabricação digital (BOSIA, 2016).

Whitehead (2014) compara, por analogia, o uso dos meios digitais com a roda do oleiro, que molda a argila em formas geometricamente definidas pelo mecanismo que a impulsiona. As técnicas digitais têm efeito similar e contribuem para a investigação de diferentes materiais e métodos na relação forma e geometria. O uso da tecnologia da prototipagem rápida, por exemplo, consolida a tomada de decisão baseada em modelos físicos. Observa-se, então, que o emprego de modelos para representar e manipular a forma arquitetônica, que é uma prática tradicional, ganha novos atributos diante do avanço da modelagem tridimensional dos programas gráficos atuais e das técnicas de prototipagem rápida e impressão 3D.

Considerando os progressos dos últimos quinze anos, Bosia (2016) acredita que a era pós-digital já está em curso. Os recursos digitais e métodos de fabricação automatizados estão cada vez mais presentes no dia-a-dia das pessoas e no processo de trabalho de arquitetos e urbanistas. “A sofisticação das ferramentas digitais, diante das melhorias nas interfaces com interações humanas e *feedbacks* em tempo real que elas permitem, reintroduzem o ‘análogo’ em um fluxo de trabalho digital” (BOSIA, 2016, p. 38, tradução nossa).

A linguagem de *scripts* (roteiros) utilizada em programação computacional, para automatizar a execução de tarefas repetitivas, vem sendo incorporada ao processo de projeto, por meio de *software* de programação visual, que torna possível a participação dos projetistas na customização e desenvolvimento de programas, sem a necessidade de conhecimento prévio em programação. Deste modo, alguns *software* como o *Grasshopper* para o *Rhinoceros* (MCNeel), *Dynamo* para o *Revit* (AutoDesk) e o *Marionette* para o *Vectorworks* (Vectorworks) têm permitido ao projetista gerenciar as próprias ferramentas, integrando processos intuitivos e racionais com maior liberdade.

Para Oxman (2008), a evolução do processo digital transforma princípios, teorias e métodos do *Computer-Aided Design* – CAD em *Digital Architectural Design* – DAD, na medida que introduzem uma nova abordagem de concepção. Assim, a classificação dos conceitos emergentes da relação entre a forma e o processo digital, definida por Oxman (2008), é: Modelos de Formação (*Formation Models*) que explora conceitos topológicos e não

Euclidianos, Modelos de Geração (*Generation Models*) em que a forma é concebida a partir de processos pré-formulados, como o *Shape Grammars*, e Modelos performáticos (*Performance Models*) gerados com aplicação simultânea do processo de simulação, análise e evolução de performance do modelo.

Pode-se caracterizar, assim, as ferramentas digitais como instrumentos que viabilizam de maneira mais ampla o exercício da criatividade, à medida que permitem elaborar todo tipo de dados em uma espécie de síntese dinâmica e multilíngue, durante todas as fases do projeto, sem abandonar o arquivo original, como argumenta Cocchiarella (2006).

4. Instrumentalização Digital

Nas diversas fases de trabalho, o meio digital se apresenta como instrumento que agiliza e torna eficiente o método de desenvolvimento de projetos. Para tal, o projetista deve conhecer qual *software* adotar, ter o domínio dos comandos nas operações de desenho e edição para controlar o processo de trabalho, gerir e interpretar dados durante etapas de criação e de execução das atividades projetivas. Essas habilidades começam a ser desenvolvidas nas disciplinas de IA, que na maioria dos cursos nacionais oferece duas disciplinas obrigatórias, comumente, nos terceiro e quarto períodos, com uma carga horária de 60 horas cada uma (CARREIRO, 2007; NATUMI, 2013).

Até a década de noventa, o desenho manual ensinado nas faculdades se desenvolvia em disciplinas que fundamentavam a linguagem gráfica do projeto arquitetônico. O manejo dos instrumentos de desenho, como esquadros, régua paralela, compasso, gabaritos, normógrafos, etc. eram ministrados, principalmente, em aulas de geometria descritiva, perspectiva, desenho técnico arquitetônico. À medida que o curso avançava, o uso dessas ferramentas e das técnicas de representação iam sendo aperfeiçoadas, nas diversas aulas de projetos e tecnologia das construções. Como o meio de expressão e representação era baseado no desenho manual durante todo o curso, ao final esperava-se que o aluno o tivesse dominado plenamente para exercer suas atribuições projetivas.

Atualmente, o meio digital prevalece no campo da representação de projetos, o ensino do registro manual foi reduzido nas grades curriculares, e espera-se do egresso a capacidade de mobilizar recursos manuais e digitais, de acordo com as demandas do projeto. Diante da dimensão tecnológica recente, a definição de conteúdos programáticos e estratégias de ensino que promovam aprendizagem operativa (instrumentalização) de recursos do meio digital é importante para dar suporte aos processos projetuais informatizados, incorporando recursos que são coadjuvantes no desenvolvimento dos trabalhos e ampliam a experimentação na atividade de criação. A escolha de atividades para o desenvolvimento de conteúdos de IA que sejam relevantes para a ação projetual é bastante desafiadora. O sistema *CAD* ainda é considerado como base para o ensino de IA, embora o sistema *BIM* já tenha avançado em muitas instituições.

Apesar do ensino das ferramentas digitais estar institucionalizado há quase três décadas, nota-se a carência ou inexistência de livros didáticos que possam servir de bibliografia básica, especialmente em português, para fundamentar o ensino dos meios digitais nos cursos brasileiros de graduação em arquitetura e urbanismo. Na maioria das vezes, trata-se de material com foco no sistema operativo de programas e comandos. Em paralelo, vídeos tutoriais, que mostram como utilizar ferramentas de programas gráficos, e *plug-ins*, que agilizam o cálculo e a representação de elementos arquitetônicos, como escadas, rampas, telhados, etc. se multiplicam na *internet*.

Uma referência didático-pedagógica para o ensino de CAD, com recursos diferenciados, encontra-se na metodologia de ensino sugerida por Celani (2003), que a partir de experimentos educacionais buscou desmitificar o CAD em relação à criatividade. O resultado da pesquisa foi publicada no livro 'CAD Criativo', lançado em 2003, no qual descreve exercícios desenvolvidos especialmente para o programa AutoCad®, e programação com recursos da linguagem *Visual Basic for Application* (VBA). Além de conduzir o aluno no aprendizado dos comandos básico de desenho e edição, o sistema de ensino proposto baseia-se em seis tópicos fundamentais: simetria, recursão, formas paramétricas, geração automática de formas, algoritmização de etapas do processo de projeto e figuras emergentes (CELANI; GIACAGLIA; KOWALTOWSKI, 2003, p. 68), presentes nas teorias computacionais do projeto e na teoria das *Shape Grammar*.

De acordo com Mendes (2018, p. 43) *Shape Grammar* (Gramática da Forma) “[...] consiste em um sistema de geração de formas baseado em regras, desenvolvido a partir das teorias da gramática generativa do lingüista Noam Chomsky (1956) e do sistema de produção do matemático Emil Post (1943) [...]”. É um sistema que se baseia no vocabulário dos elementos (ponto, reta, plano e sólidos) e transformações (translação, divisão, rotação, reflexão e escala) Euclidianos (PAIO, 2016). Para desenvolver formas baseadas na *Shape Grammar* é necessária a definição de 4 elementos: conjunto finito de formas primitivas, bi ou tridimensionais; relações espaciais entre as formas primitivas; regras de transformação do tipo aditiva ou subtrativa; forma inicial para dar início à aplicação das regras. Depois de definidos, “[...] tem início uma iteração, ou seja, a aplicação sucessiva de regras sobre a forma inicial selecionada, até que se obtenha a composição desejada” (CELANI *et al*, 2006, p. 185).

5. Estudo de Caso

Alinhar conceitos contemporâneos do digital na arquitetura ao ensino de IA, requer exame constante de conteúdos e práticas pedagógicas. Partindo do pressuposto de que a instrumentalização digital básica é necessária e deve ser ampliada no aspecto conceitual, no sentido de fundamentar os métodos digitais de projeção, buscou-se fundamentos publicados no livro CAD Criativo (CELANI, 2003) para inserir o ensino de ferramentas digitais aplicada à ação projetual na disciplinas Informática Aplicada à Representação de Projetos I, do curso de Arquitetura e Urbanismo das Faculdades Integradas São Pedro, em Vitória, Espírito Santo. A apreensão dos paradigmas digitais inclui conceitos de parametria, para dar suporte à atividade de projeto, exercitar a capacidade criativa e aplicar a linguagem de representação arquitetônica em meio digital.

O estudo pode ser considerado como exploratório (MARCONI; LAKATOS, 2003), pois investiga empiricamente o ensino das ferramentas digitais, pesquisando conceitos para a viabilidade do pressuposto, e por meio de experiência didática vivenciada, investigar questões a respeito do ensino da IA nos cursos de arquitetura e urbanismo brasileiros.

O curso teve início em 2009, passou por alterações na estrutura curricular e, desde 2017, contempla três disciplinas de IA: Informática Aplicada à Representação de Projetos I, II e III, no terceiro, quarto e quinto períodos, respectivamente. Nos mesmos períodos, são ministradas as disciplinas, Projeto de Arquitetura e Urbanismo I, II e III. Na busca por um ensino integrador, o planejamento das disciplinas é feito de modo a contemplar conteúdos em ações interdisciplinares. Deste modo, as disciplinas de IA buscam acompanhar as demandas das disciplinas de projeto, de cada um dos períodos ao qual está inserida, no propósito de que, a partir do quinto período, o aluno tenha adquirido competências e habilidades requeridas para o uso do meio digital no desenvolvimento de projetos.

A mudança no currículo trouxe a oportunidade de repensar a metodologia de ensino e inserir novos conceitos aos conteúdos ministrados e, embora os processos de parametria e programação ainda não estejam no escopo do percurso acadêmico do curso, atividades que exploram os recursos digitais no processo criativo, instigam a busca por outras possibilidades de aplicações. Em outro aspecto, usar as ferramentas com criatividade, desafia o usuário a ultrapassar a 'rigidez' do *software*.

5.1. A Disciplina Informática Aplicada à Representação de Projetos I - IARP I

A representação bidimensional do projeto arquitetônico é o foco da disciplina IARP I. O programa utilizado nas aulas é o *Autocad*®, na versão 2015. A carga horária é de 80 horas/aula, distribuída em 20 aulas de 4 horas/aula cada, e os conteúdos são divididos em três unidades:

- Unidade I: Introdução ao uso de *software* do sistema CAD e conceitos básicos para elaboração de desenhos - 24 horas/aula
- Unidade II: Representação gráfica do projeto arquitetônico e detalhes construtivos- 24 horas/aula
- Unidade III: Elaboração de desenhos para apresentação de projetos - 32horas/aula.

Os conteúdos da Unidade I são relativos ao uso das ferramentas de desenho e edição, como também os recursos que agilizam essas operações. A inserção e criação de blocos e hachuras são contemplados nessa unidade, assim como a impressão de projeto. Na Unidade II os conteúdos são direcionados à representação gráfica de projetos com formatação de arquivos para a padronização de elementos como textos, cotas, espessura de linhas, de acordo com a simbologia de projeto arquitetônico, e também dão precisão e organizam o trabalho digital, como *Layers* (camadas). A terceira unidade é dedicada à preparação de desenhos de apresentação, com recursos gráficos para humanização de projetos, com hachuras, cores, textos, blocos, imagens e pranchas de impressão. A carga horária de cada unidade é flexível, dependendo do prazo de publicação das três avaliações parciais, estipulado pela instituição.

O objeto de estudo desse relato está contido na Unidade I de IARP I, com o início do uso das ferramentas de desenho e edição. Preliminarmente, é importante detectar o conhecimento prévio dos alunos sobre *software* gráfico e suas aplicações na área de arquitetura e urbanismo. Nesse sentido, já no primeiro dia, por meio de aula expositiva dialogada, os alunos são sensibilizados para refletir sobre o processo digital na arquitetura e urbanismo e o uso do computador como auxiliar nas ações projetuais. O diálogo é provocado por meio de leitura de textos e explicações.

O planejamento das aulas é feito para que os conceitos possam ser apreendidos em exercícios práticos, e o fator operacional seja assimilado. Desenho e edição na área gráfica do *software*, denominada *Model*, implicam em acionamento de comandos, inserção de dados, manejo do *mouse/cursor* e recursos de visualização, como o *Zoom*. Além disso, é importante que o aluno entenda que o programa é vetorial, ou seja, sentido e direção orientam a inserção de dados, que são regidos pelo Sistema de Coordenadas Cartesianas – X, Y, Z. A interface do *AutoCad*® utilizada é configurada para o ambiente 2D (*Drafting&Annotation*), somente com ferramentas para desenho bidimensional. A área gráfica do ambiente 2D é caracterizada pelo plano de trabalho bidimensional (X, Y), identificado pelo *Grid* (malha) e o ícone dos eixos X e Y, posição de visualização *Top* (Topo).

O processo de trabalho em meio digital visa agilizar e dar precisão à realização de tarefas, dependendo de como os recursos são utilizados. Existem comandos que, quando

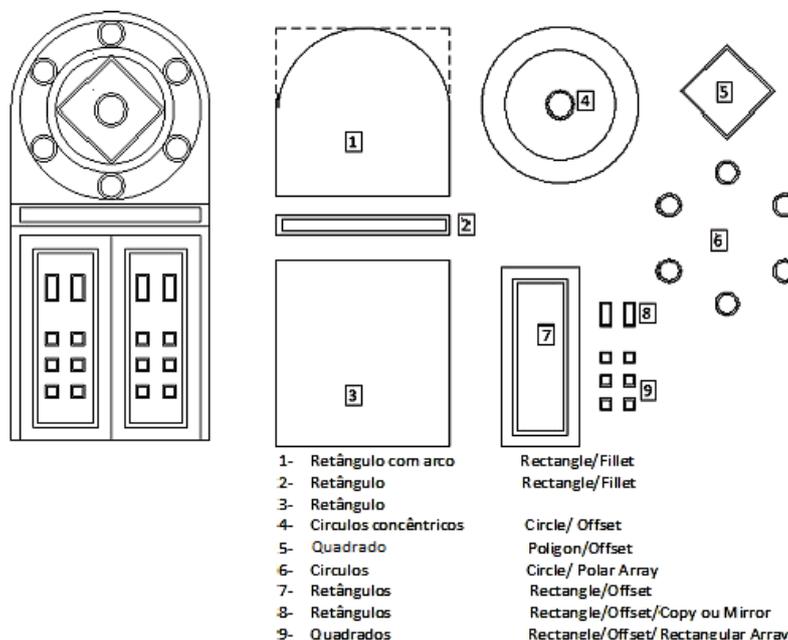
ativados, restringem o movimento do cursor em intervalos programados (*SNAPMODE*), ortogonalmente (*ORTHOMODE*), ou em ângulos especificados (*Polar Tracking*) e também à 30° e 90° (*ISODRAFT*), para desenhos isométricos. O *ORTOMODE*, por exemplo, agiliza o desenho de linhas horizontais e verticais, pois o movimento do cursor indica o sentido, positivo ou negativo, para abcissas e ordenadas, e a direção vertical ou horizontal, com abcissa ou ordenada igual a zero. Do mesmo modo, quando se quer mover ou copiar objetos, paralelamente, na direção horizontal ou vertical. Por vezes, esse tipo de restrição é considerada um dificultador na ação do desenho, mas traz precisão ao trabalho.

Outros comandos importantes são o *OSNAP (Object Snap)*, que identifica pontos de referência na geometria do desenho, como ponto de extremidade (*Endpoint*), ponto mediano (*Midpoint*), centro (*Center*), quadrante (*Quadrant*), perpendicular (*Perpendicular*), Tangente (*Tangent*), entre outros, e o *AUTOSNAP (Object Snap Tracking)*, que facilita na identificação de pontos, criando rastros de referência.

A inserção de dados, que é digitada na caixa de comandos, também pode ser facilitada pelo comando *Dynamic Input* (entrada dinâmica), que cria uma caixa junto ao cursor com campos para preenchimento de dados, além de ativar informações das entidades geométricas. Se uma linha, por exemplo, for selecionada sem comando ativo, e o cursor for posicionado sobre um *Grip* (ponto de edição) de extremidade, surgem na área gráfica dados como dimensão e angulação da linha. A escolha da ferramentas de desenho faz diferença na realização do trabalho. A decisão deve considerar o resultado almejado, além da geometria propriamente dita. Os algoritmos ativados em cada uma das operações registram dados diferentes a respeito do desenho realizado.

Para atingir o objetivo de conhecer as ferramentas de desenho e edição, nas duas aulas subseqüentes à inicial, são realizados desenhos que contemplam as principais aplicações de comandos. A Figura 1, mostra um exemplo de exercício, com desenho de um pórtico, e a decomposição em partes que identificam figuras geométricas e os comandos que podem ser utilizados.

Figura 1: Desenho de pórtico, decomposição em figuras geométricas e a lista de comandos



Fonte: Elaborado por BUERY

O primeiro exercício é realizado juntamente com os alunos para explicar as fases de construção e os comandos utilizados, explicitando sempre os recursos de precisão e auxílio do software. A orientação aos alunos para a execução dos exercícios é de que seja feita uma análise estratégica de cada figura, para a definição de quais comandos utilizar, de modo a usar menor número de etapas e ferramentas. Além da atividade no Laboratório de Informática, exercícios práticos e leituras extraclasse da bibliografia básica e apostila da disciplina são incentivados, para dar apoio ao desenvolvimento dos conteúdos.

Na quarta semana de aula, outras atividades são iniciadas para evolução dos conteúdos. Nessa etapa, exercícios de composições geométricas são a principal atividade. O objetivo é mobilizar os recursos digitais para realizar desenho de figura geométrica primitiva (iniciador), e gerar transformações pontuais para criar unidades de forma (geradores) no processo de composição recursiva ou regradada, que será base para novas transformações. Inserção de hachuras, criação de blocos e uso de *Viewports* são recursos acrescentados, além de cada elemento ser criado em *Layers* (camadas), para controle dos elementos gráficos do arquivo.

5.2. Composição Geométrica Regrada

Tomou-se por referência conceitos e exemplos de aplicações práticas da metodologia de CELANI (2003), com adaptações para a versão do programa utilizado e os objetivos da disciplina. Simetria, rotação, homotetia e roto-homotetia são alguns dos conceitos de transformação geométrica aplicados no processo criativo. É importante associar a função de cada comando à realização das transformações geométricas, pois em um segundo momento o aluno deverá fazer a descrição do processo de criação no trabalho avaliativo individual. Para que o aluno entenda o método, é realizada aula expositiva dialogada, com explanação sobre o tema da *Shape Grammar*, e atividade prática que sirva de base para o desenvolvimento do trabalho individual.

A unidade de forma é gerada por recursão, função que na matemática “[...] utiliza variáveis criadas durante o processo, através da aplicação sucessiva de uma mesma rotina” (CELANI, 2003, p. 41), ou seja, por meio da emprego de regras simples para construir a unidade de forma. Assim, no exemplo, o desenho de um retângulo medindo 200x150 é o iniciador, ou elemento primitivo da composição, que é gerada a partir da aplicação de três regras: cada retângulo inserido na composição deve ter 70% da dimensão do retângulo que o precede; ter rotação de 30° com centro no vértice superior direito; e todos os retângulos devem ter o vértice superior direito coincidente. Essa regra pode ser aplicada sucessivamente, porém no exemplo, ela é finita, aplicada duas vezes, acrescentando dois retângulos ao primeiro. A unidade de forma ou gerador pode produzir outras formas ao ser submetida a novas regras ou transformações geométricas.

A composição da unidade modelo exemplificada é regida pela roto-homotetia, transformação geométrica que se caracteriza pela alteração de proporção entre os elementos de uma figura, a uma razão conhecida (homotetia), adicionada pelo movimento de rotação. No *Autocad*® essas operações são realizadas separadamente e, no caso o comando *Scale* (escala) faz a redução de cada retângulo na proporção de 30% e o comando *Rotate* (rotação) rotaciona cada retângulo a 30°, no sentido anti-horário (positivo). Pode-se utilizar o recurso de gerar *Block* (bloco) do retângulo inicial, com ponto de inserção no vértice superior direito e, em seguida usar o comando *Insert* (inserir) para inserir o bloco com diferentes fatores de escala, uniformes em X, Y e Z, e ângulos de rotação.

No exemplo dado, a unidade de forma é preenchida por hachura sólida, para destacar

regiões internas da figura, iniciando assim um processo de identificação de formas emergentes, que “[...] surgem, propositalmente ou não, a partir da sobreposição de outras formas [...] ou que se pintam as áreas que serão somadas para formar novas figuras” (CELANI, 2003, p. 106). O Quadro 1 mostra as etapas de construção da unidade de forma.

Quadro 1: Etapas para construção da unidade de forma inicial

 <p>a.</p>  <p>b.</p>  <p>c.</p>	<p>a. Desenho retângulo R1 com dimensão de 200x150.</p> <p>b. Gerar retângulo R2, reduzindo em 30% o desenho de R1, coincidentes no vértice superior direito.</p> <p>c. Gerar retângulo R3, reduzindo em 30% o desenho de R2, coincidentes no vértice superior direito.</p>	<p>a. Comando <i>Rectangle</i> (retângulo).</p> <p>b. Comando <i>Scale</i> (escala), opção <i>Copy</i> (cópia), fator de escala=0,7.</p> <p>c. Comando <i>Scale</i> (escala), opção <i>Copy</i> (cópia), fator de escala=0,7.</p>
 <p>d.</p>  <p>e.</p>	<p>d. Rotacionar os retângulos R2 e R3 com ângulo de 30°, com centro de rotação no vértice superior direito dos retângulos R1, R2 e R3.</p> <p>e. Rotacionar o retângulo R3 com ângulo de 30°, com centro de rotação no vértice superior direito dos retângulos R1, R2 e R3.</p>	<p>d. Comando <i>Rotate</i> (Rotacionar) com ângulo =30°.</p> <p>e. Comando <i>Rotate</i> (Rotacionar) com ângulo =30°.</p>
 <p>f.</p>	<p>f. Preencher com hachura sólida regiões intercaladas a partir de R1.</p>	<p>f. Comando <i>Hatch</i> (hachura) padrão <i>Solid</i>, na cor de preferência do usuário.</p>

Fonte: Elaborado por BUERY

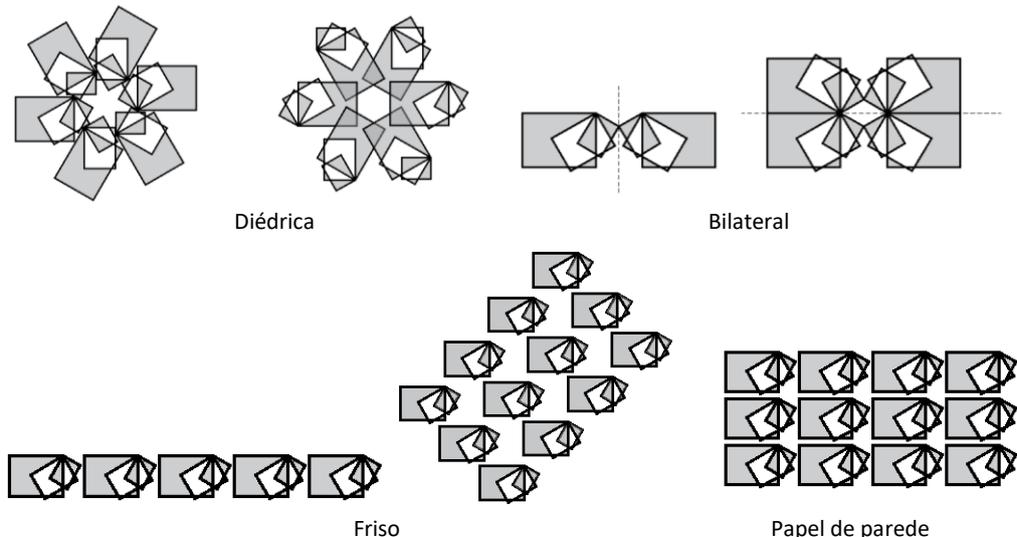
A partir dessa unidade de forma, são realizadas transformações geométricas com uso de simetria diédrica, que é “[...] obtida através do processo de reflexão ao longo de um eixo, seguido pelo processo de rotação ao redor de um ponto” (CELANI, 2003, p. 1) e simetria bilateral, “[...] gerada por um processo de reflexão ao longo de um eixo central” (CELANI, 2003, p.1). O comando utilizado para obter simetria bilateral é o *Mirror* (espelho) e, quando associado o comando *Polar Array* (matriz circular), gera simetria diédrica.

A repetição ordenada de elementos, ao longo de eixos ou ao redor deles, é um comportamento associado à simetria, com dois tipos denominados Friso e Papel de Parede (MARCH e STEADMAN, 1974, apud CELANI, 2003, p.1), obtida por translação, pode ser realizada pelo comando *Rectangular Array* (matriz retangular). A Figura 2 mostra composições com simetria bilateral e diédrica, de Friso e Papel de Parede, aplicadas à unidade de forma do exemplo dado.

As possibilidades de arranjos dependem da conjugação de comandos, da repetição das operações sobre um mesmo gerador, entre outras ações. Alguns comandos permitem ao projetista investigar alternativas com mudanças de alguns dos parâmetros que regem a composição criada. Por exemplo, os comandos *Polar Array* e *Rectangular Array*, quando acionados, dão acesso à barra *Array Creation* (criação de matriz) para que os parâmetros sejam inseridos. Assim, no *Polar Array*, são definidos a quantidade e o ângulo de rotação

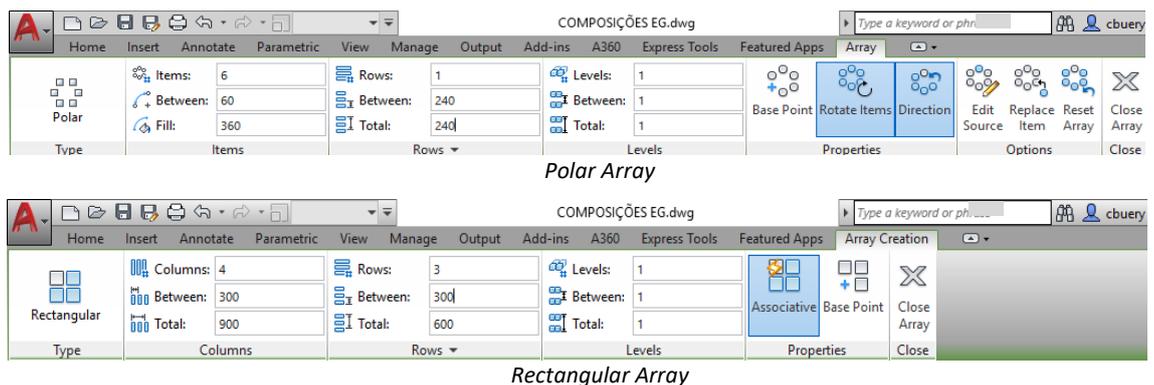
parcial ou total dos itens, o número de repetições (*Rows*=linhas) e a distância entre os itens. O comando *Rectangular Array* solicita o número de coluna e linhas, a distância entre eixos de colunas e linhas ou a distância total pretendida (Figura 3). Uma alternativa da barra nos dois tipos de *Array* é o parâmetro *Level* (nível), que nas composições de modelos em espaço tridimensional, cria repetições em níveis com distâncias pré-definidas

Figura 2: Composições com simetrias diédrica, bilateral, tipo Friso e Papel de Parede



Fonte: Elaborado por BUERY

Figura 3: Barra *Array Creation* para os comando *Polar Array* e *Rectangular Array*



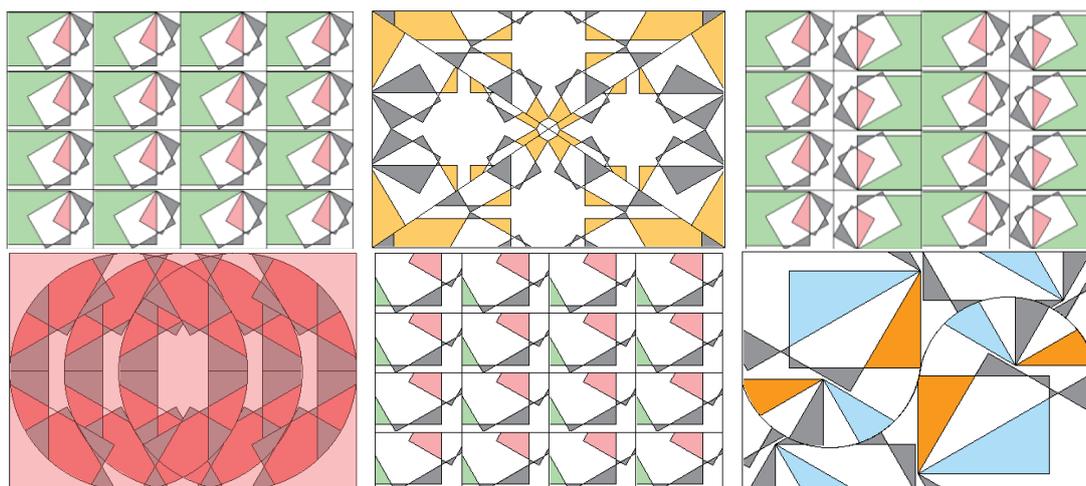
Fonte: Extraído do AutoCad® 2015, adaptado por BUERY

O aspecto importante que caracteriza a aplicação desses comandos é a interação dinâmica do usuário, que ao selecionar a forma, ativa *Grips* (pontos de controle) para alterações de quantidade, distâncias e ângulos, com o uso do cursor, além de acionar novamente a barra *Array Creation*. Esse níveis de parametrização, com ferramentas de controle da forma do próprio programa são relevantes para a compreensão da atividade informatizada de projetos pelo aluno iniciante. No caso da disciplina IARP I, dá início a uma preparação para o ambiente *BIM*, que é inserido no quinto período do curso na disciplina IARP III, com o uso do *software Revit®*.

A continuidade do exercício proposto é complementada como a mudança do espaço *Model* para o espaço *Layout* ou *Paper Space*, comumente utilizado para arranjo de pranchas de impressão nos formatos padrão ISO (A4, A3, A2, A1 e A0). No exemplo, o formato configurado foi o A4, posição paisagem, com margem de 1cm. Os desenhos do espaço *Model* são visualizados na prancha, pela criação de *Viewports* (portas de visualização). De acordo com Celani (2003), o uso de múltiplas *Viewports* criam o ambiente interativo para composições simétricas dinâmicas.

O formato da *Viewport* pode ser em polígonos regulares ou irregulares, assim como figuras geométricas compostas de retas e curvas. Ao criar uma *Viewport* o desenho da unidade de forma pode ser visualizada no espaço *Model*, e o comando *Zoom* possibilita ampliar ou reduzir a visualização, aleatoriamente por meio do *Zoom Real Time* (tempo real) ou aplicando um fator de escala com o *Zoom Scale* (escala). O arranjo das *Viewports* gera composições diferentes a cada *Zoom* que é aplicado à unidade de forma criada, como pode ser visto na Figura 4, com investigação de opções, dadas como exemplos para os alunos, que contou com alteração de cores das hachuras e formatos diferentes de *Viewports*.

Figura 4: Composições realizadas com *Viewports*



Fonte: Elaborado por BUERY

A última fase do exercício é a geração de arquivo PDF para impressão. A atividade avaliativa se constitui em um trabalho individual, em que cada aluno deve explorar os comandos de desenho e edição para criar uma unidade de forma e aplicar transformações geométricas de simetria, no espaço *Model* e depois criar no mínimo 3 painéis em formato A4, no espaço *Layout*, explorando formatos diferentes de *Viewports*. Todas as etapas do trabalho devem ser registradas em texto (*Word*) e imagens (*PrintScreen*), e de cada painel deve ser gerado um arquivo PDF para impressão. Os trabalhos são depositados no Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA, na pasta individual do aluno. A exposição dos trabalhos é feita em sala de aula, utilizando as telas dos computadores (Figura 5) e os alunos podem compartilhar as experiências.

Figura 5: Exposição dos trabalhos em sala de aula



Fonte: Arquivo pessoal BUERY

6. Resultados e Desdobramentos

Em relação ao uso das ferramentas digitais, a atividade cumpre os objetivos da Unidade I da disciplina IARP I, pois leva o aluno a conhecer a interface gráfica do programa CAD, utilizar os comandos básicos de seleção, visualização, construção e edição de desenhos, e aplicar recursos gráficos para desenvolvimento projetual. Além disso, busca-se incentivar a prática da redação e desenvolver conteúdo procedimental e atitudinal nas atividades propostas. Os alunos desenvolvem a capacidade de investigação de comandos e das possibilidades que geram, e se aproximam de metodologia de projeto, o *Shape Grammar*, com abordagem generativa.

O caráter de experimentação de composições regradadas em ambiente virtual, associa a apreensão dos recursos do *software* à atividade criativa. O registro em texto e imagens tem o objetivo de descrever o método de geração da unidade de forma e suas derivações, que pretende ser, no sentido figurado, o algoritmo gerador da forma.

Como desdobramento da primeira atividade, o aluno é provocado a pensar tridimensionalmente a unidade de forma, atribuindo critérios para a terceira dimensão, e dar uma possível função arquitetônica - volume de edificação, elemento de fachada, revestimento, etc. É um momento híbrido em que o aluno pode utilizar croquis manuais e digitais para as primeiras ideias, e depois, inicia-se a representação em vistas ortogonais para introduzir à representação gráfica de acordo com a simbologia de projeto arquitetônico, com inserção de elementos textuais e dimensionais em meio digital. Não é obrigatório, mas incentiva-se que o aluno use o processo para os estudos da disciplina Projeto de Arquitetura e Urbanismo I. A disciplina IARP II aprofunda o processo com os recursos de modelagem digital e prototipagem rápida para fins projetuais.

7. Considerações Finais

As indagações que motivaram a experiência didática relatada, impulsionam a investigação sobre conteúdos e estratégias de ensino para disciplinas do campo da Informática Aplicada, que promovam a instrumentalização de recursos digitais, de modo a dar suporte à expressão da capacidade criativa nos processos projetuais. A instrumentalização no ambiente bidimensional é apenas uma das etapas de estudo mais ampliada, que se direciona para a modelagem digital como campo de experimentação da forma nos cursos de arquitetura e

urbanismo, tema da tese. Acredita-se que a instrumentalização fundamentada em conceitos do digital na arquitetura, integrada ao ensino de projetos, possa promover a formação profissional mais próxima dos avanços tecnológicos atuais.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais**. Resolução CNE/CES nº 2, de 17 de junho de 2010. Brasília (DF): Ministério da Educação, 2010, 5 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12991. Acesso em: 15 abr. 2011.

BOSIA, Daniel. Digital to post digital. *In*: KARA, Hanif; BOSIA, Daniel. **AD (smart 03 2016) Design Engineering Refocused**. United Kingdom: Willey, 2016, p. 33-50. Disponível em: https://issuu.com/cagdaoz/docs/ad_smart_03_2016_design_engineering. Acesso em: 15 dez. 2018.

BUENO, Ernesto. Parametria/Parametrismo. *In*: BRAIDA, Frederico *et al* (org.). **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. São Paulo: ProBooks, 2016. Cap. 71, p. 150-151.

CARREIRO, Patrícia de Oliveira Dias Porto. **Inserção da informática nos cursos de arquitetura no Brasil (1994-2006)**: diagnósticos, rebatimentos, e perspectivas nas Instituições Federais de Ensino Superior do Nordeste - UFRN, UFPB e UFPE. 2007. 244 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12335>. Acesso em: 03 dez. 2019

CARVALHO, Ramon Silva de; SAVIGNON, Affonso Pedro de. O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, volume 6, número 2, p. 04-13, Janeiro, 2012. DOI: 10.4237/gtp.v6i2.215. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51007/55074>. Acesso em: 15 dez. 2018.

CELANI, Gabriela. **CAD criativo**. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 158 p.

_____. Uma nova era para a arquitetura. *In*: CELANI, Gabriela; SEDREZ, Maycon (org.). **Arquitetura contemporânea e automação**: prática e reflexão. São Paulo: ProBooks, 2018. p. 17-20.

CELANI, Maria Gabriela C.; GIACAGLIA, Marcelo E.; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. CAD – o lado criativo: duas experiências educacionais visando mudar a forma como estudantes de arquitetura usam o CAD. **Pós**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, n. 14, p. 66-77, 2003. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/posfau/article/view/43358/46980>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CELANI, Gabriela *et al*. Gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão – Comunicação e Cultura**, UCS, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, p. 181-197, Jul./Dez., 2006. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conexao/article/view/222/213>. Acesso em: 23 dez. 2018.

COCCHIARELLA, Luigi. Geometry and Graphics in Spatial Invention: Among Mind, Hand, and Digital Means. *In*: 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMETRY AND GRAPHICS – GRAPHICA, 12., 2006, Salvador. **Anais [...]**, Salvador: ABEG, 2006. 10 p. CD-ROM.

KARA, Levent. A critical look at the digital technologies in architectural education: when, where, and how? **PROCEDIA-Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], volume 176, p. 526-530,

Fevereiro, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.506. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815005431>. Acesso em: 22 jun. 2018.

LARA, Arthur Hunold. Desenho paramétrico. *In*: BRAIDA, Frederico *et al.* **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. São Paulo: ProBooks, 2016. Cap. 32, p. 78-79.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. 310 p.

MARTÍNEZ, Afonso. **Ensaio sobre projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000. 198 p.

MEDEIROS, Lígia Maria Sampaio de. **Desenhística**: a ciência da arte de projetar desenhando. Santa Maria: sCHDs Editora, 2004. 144 p.

MENDES, Letícia Teixeira. Gramática da forma: aplicações em habitação social. *In*: CELANI, Gabriela; SEDREZ, Maycon (org.). **Arquitetura contemporânea e automação**: prática e reflexão. São Paulo: ProBooks, 2018. p. 41-54

NATUMI, Yone. **O ensino da informática aplicada nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo**. 2013. 299 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-31102013-133225/pt-br.php> Acesso em: 10 jan. 2017.

OXMAN, Rivka. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **The international Journal of Design Studies**, n. 29(2), 2008, p. 99-120. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rivka_Oxman. Acesso em: 10 mar. 2016.

_____; OXMAN, Robert. **Theories of the digital in architecture**. London; New York: Routledge, 2014. 429 p.

PAIO, Alexandre. Gramática da Forma. *In*: BRAIDA, Frederico *et al* (org.). **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. São Paulo: ProBooks, 2016. Cap. 51, p. 114-115.

PASSARO, Andrés, HENRIQUES, Gonçalo Castro. **Abrigos Sensíveis, do método ao conceito, superando a instrumentalização**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 94-100. DOI: 10.5151/desprosigradi2015-30155. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/abrigos-sensveis-do-mtodo-ao-conceito-superando-a-instrumentalizao-22304>. Acesso em: 20 nov. 2018.

ROCHA, Isabel Medero; STRALEN, Mateus de Souza van. Prototipia, fabricação digital e parâmetros dinâmicos como princípios estruturantes na concepção arquitetônica. Estratégia pedagógica e projetual. *In*: CORDEIRO, Aristóteles Lobo de Magalhães; ROCHA, Germana Costa (org.). **Modelos em Arquitetura**: concepção e documentação. João Pessoa: Editora da UFPB, 2017. 303p. ISBN: 978-85-237-1277-81. Disponível em: https://issuu.com/geovanyjessealexandresilva/docs/livro_modelos_em_arquitetura. Acesso em: 01 dez. 2018.

SEDREZ, Maycon Ricardo. **Arquitetura e complexidade**: a geometria fractal como sistema generativo. 2016. 284 p. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia, arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258036>. Acesso em: 10 jun. 2017.

VELOSO, Pedro Luis Alves, SCHEEREN, Rodrigo, VASCONSELOS, Tássia. O Ensino de projeto e o processo de *design* paramétrico: desafios e perspectivas. **Bloco (13)**: o ensino e a prática de projeto / organização Centro de Arquitetura e Urbanismo. Novo Hamburgo: Feevale, 2017. p.

88-107. ISBN 978-85-7717-218-4 Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/mídias/8268b967-0635-4e0e-907e-0cc910c16335/Bloco%2013.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.

WHITEHEAD, Hugh. Laws of form. *In*: OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert. **Theories of the digital in architecture**. London; New York: Routledge, 2014. Cap. 7, p. 113-130.

WOODBURY, R. F., Elements of parametric design. *In*: OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert. **Theories of the digital in architecture**. London; New York: Routledge, 2014. Cap. 10, p. 153-170.