

As Referências Circulares, Modelagem Arquitetônica e as Ações Colaborativas no Ensino de Arquitetura

The Circular References, Architectural Modeling and Collaborative Actions in Architecture Learning

Ivan Xavier¹

36

Resumo: Este artigo apresenta o potencial da modelagem arquitetônica no processo de aprendizagem da disciplina Fundamentos de Modelagem de Sistemas Estruturais - EAU, incorporando novos métodos de aprendizagem e utilizando processos de referência circular. Os principais problemas na arquitetura ainda residem na baixa qualidade de projetos em termos de design, representação e compatibilidade. Apesar da disponibilidade de CAD, BIM e outros softwares de modelagem, erros têm sido detectados em diversos tipos de projetos, incluindo arquitetura, estrutura e instalações prediais. A origem desses erros é sistemática e pode ser atribuída à falta de conhecimento sobre possibilidades estruturais e digitais, bem como à falha em valorizar sistemas de modelagem e ações colaborativas integradas ao processo. Essas questões podem ser abordadas desde cedo na formação dos futuros arquitetos. As experiências e tarefas realizadas demonstram que essa combinação reforça conceitos teóricos e aumenta significativamente o potencial criativo na integração de sistemas estruturais ao processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Modelagem, Referências Circulares, Projeto Digital, Ações Colaborativas.

Abstract: This article presents the potential of architectural modeling in the learning process of the Fundamentals of Structural Systems Modeling discipline - EAU, incorporating new learning methods and making use of circular referencing processes. The major problems in architecture still lie in the low quality of projects in terms of design, representation, and compatibility. Despite the availability of CAD, BIM, and other modeling software, mistakes have been detected in various types of projects including architecture, structure and building installations. The origin of these mistakes is systematic and can be attributed to a lack of knowledge about structural and digital possibilities, as well as a failure to value modeling systems and collaborative actions integrated into the process. These issues can be addressed early in the education of future architect. The experiences and tasks performed demonstrate that this combination reinforces theoretical concepts and significantly enhances the creative potential in integrating structural systems into the learning process.

¹Doutor em Arquitetura e Urbanismo. Pesquisador e professor Associado III na EAU-UFF - Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense. ORCID iD: 0009-0002-4749-5242 e-mail: ivan_xavier@id.uff.br.

Recebido em 20/10/2023

Aprovado em 01/08/2024

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Keywords: Modeling, Circular References. Digital Project. Collaborative Actions.

1 Cenário arquitetônico

No cenário arquitetônico, a partir da última década do século XX, em decorrência da introdução de novos instrumentos baseados em tecnologias digitais começam a surgir projetos com particularidades no sistema de produção. O desenho paramétrico, a fabricação digital, a automação, a aplicação de sistemas responsivos e a possibilidade de simulações tornam-se poderosos instrumentos de inovação tecnológica, os quais ainda são capazes de transformar as diretrizes dos atuais processos de representação.

O acesso facilitado aos equipamentos de ponta que ainda não provocou no ambiente acadêmico, a experimentação de processos com estas tecnologias, com escopo e potencialidade de alterar o discurso arquitetônico e urbanístico do ensino. As universidades têm aberto o que podemos chamar de “ilha tecnológica” com laboratórios de design diferenciado e aparelhos de última geração que compõem um ambiente criativo, oferecendo cursos na área do design, tecnologia e gestão. Esses laboratórios oferecem também criação gráfica, design de serviço, marketing de relacionamento e design thinking, com objetivo específico de aprender de forma prática e acessível as inovações tecnológicas, fundamentais para a ampliação universo de projeto arquitetônico.

Existe a consciência de que o entendimento deste novo ferramental é capaz de influenciar e alterar a capacidade projetual, modificando os processos de representação e de utilização de materiais, bem como reformulando o processo produtivo e o entendimento da forma arquitetônica. Esta realidade estabelece um desafio nos sistemas atuais de ensino e pesquisa e nos oferecem os recursos para definir uma nova linguagem de aprendizado na arquitetura. Alguns desses tópicos de interesses nos envolvem e temos consciência de sua importância. O estudo do desenho paramétrico, desenho generativo, fabricação digital, modelagem paramétrica, desenho responsivo, interação humana-robótica e ambientes de simulação é fundamental no processo projetual. Verifica-se uma discussão ainda rarefeita e lenta no sentido de incorporar estes processos no ambiente da escola de arquitetura e urbanismo, especialmente quando estes recursos não fazem parte da realidade acadêmica. O desafio foi a implementação de um método a qual denominamos de “referências circulares²”, que permite

² O método denominado “referências circulares” foi publicado no artigo “The Importance of circular References, Architectural Modeling, Digital Project and Collaborative Actions in the Architecture Learning”. Luigi

o desenvolvimento de uma nova metodologia de ensino de arquitetura que utiliza a multidisciplinaridade de instrumentos associados a ações colaborativas que geram criatividade e que se retroalimentam.

2 Referências Circulares

O exercício do *Ensino Circular*, com a aplicação do método de referências circulares, tem como primeira finalidade a aproximação dos alunos à problemática estrutural associada à criatividade projetual na concepção do projeto arquitetônico.

No curso da EAU, a disciplina de Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais foi incorporada à nova grade e a disciplina de Projeto de Arquitetura III teve seu conteúdo revisado e ampliado. A metodologia nestas disciplinas consiste na realização de croquis, maquetes e ferramentas digitais que promovem a criatividade e permitem ao aluno compreender o funcionamento dos sistemas estruturais em relação à concepção arquitetônica.

Essa leitura inclui o reconhecimento e observação da arquitetura existente, considerando todos os elementos que compõem o edifício, sua concepção, como ocorreu a sua implantação, o entendimento do sistema estrutural e o uso de todos os elementos que compõem a edificação. Este contato com a teoria dos sistemas estruturais introduz o aluno na discussão sobre o processo de aprendizagem de como atuam os elementos estruturais sobre o projeto arquitetônico, considerando o processo de produção e criatividade, a partir da percepção do aluno sobre os sistemas estruturais.

Outro objetivo inserido no exercício é a expressão de diversas formas de registro e compreensão por meio do desenho e as possíveis linguagens de representação do objeto arquitetônico inserido no meio urbano. Para alcançarmos os objetivos programáticos expressos, a estratégia didática adotada considera que o aluno precisa, inicialmente, aprender a olhar e a reconhecer os elementos constituintes do edifício. Esta observação deve evoluir para a aplicação das diversas formas de experimentação no processo criativo do projeto associado à aplicação do sistema estrutural. Várias atividades são previstas nas diversas aulas, incluindo levantamentos de campos por meio do desenho, representação gráfica, elaboração de maquetes,

modelagem com diversos materiais, maquetes eletrônicas, aulas expositivas e seminários interativos.

A tarefa de cada aluno, ora trabalhando em equipe, ora de forma individual, é produzir em cada aula o tema do exercício proposto, usando a criatividade em conjunto com o entendimento dos sistemas estruturais. A representação destas informações é feita por meio da diversidade de materiais na produção das maquetes associadas sempre ao desenho. A expressão é livre e a escolha dos materiais e da linguagem também.

Paralelamente a este trabalho de construção dos modelos e projetos, os alunos são estimulados a buscar informações e referências de obras similares de profissionais em relação às decisões de projeto do ponto de vista da estrutura e da concepção arquitetônica.

A experimentação consiste em demonstrar a partir da teoria dos sistemas estruturais dos edifícios (ENGEL, 2001) como os mecanismos se comportam e suas diferentes tipologias e técnicas, no ensino da arquitetura. A técnica se inicia de diversas formas, não existindo modelo previamente definido. As referências circulares são as fontes inspiradoras neste processo, podendo começar por um vídeo de apresentação de uma obra arquitetônica, ou simplesmente fornecer um projeto em CAD para o aluno estudar as suas características. Estes exemplos podem ser explorados para o desenvolvimento da modelagem do sistema estrutural e da concepção arquitetônica ou apenas observar e desenhar o modelo arquitetônico no campo. Segundo Sennett (2012), o arquiteto Renzo Piano explica da seguinte maneira o seu método de trabalho.

“Começamos fazendo esboços, depois traçamos um desenho e em seguida fazemos um modelo, para então chegar a realidade – vamos ao espaço em questão -, voltando mais uma vez ao desenho. Estabelecemos uma espécie de circularidade entre o desenho e a concretização e de volta novamente ao desenho. Sobre a repetição e a prática, observa Piano: É perfeitamente característico da abordagem do artífice. Ao mesmo tempo pensar e fazer. Desenhamos e fazemos. O ato de desenhar (...) é revisitado. Fazer, refazer e fazer mais uma vez.” (SENNETT, 2012, p. 52).

As referências circulares, ou a circularidade, ajudam neste processo “o medo de cometer erros é de vital importância em nossa arte (...) para atingir esta meta, o processo de trabalho precisa fazer algo que desagrade à mente organizada: conviver temporariamente com a bagunça” (SENNETT, 2012, p.181). As atividades são contínuas na sala de aula, laboratório e no campo, a cada semana um novo desafio. O produto de cada aluno nesta etapa busca uma personalidade própria, uma marca registrada, um design novo e inspirador.

Se a nossa atividade fosse somente pautada pelo CAD, Revit e/ou similares; estaríamos remontando alguns problemas básicos ligados inicialmente pela subutilização do software, como problemas da compreensão entre as diversas etapas do projeto e a visão limitada da imagem na tela, com os efeitos do zoom que escondem os problemas e as falhas de projeto.

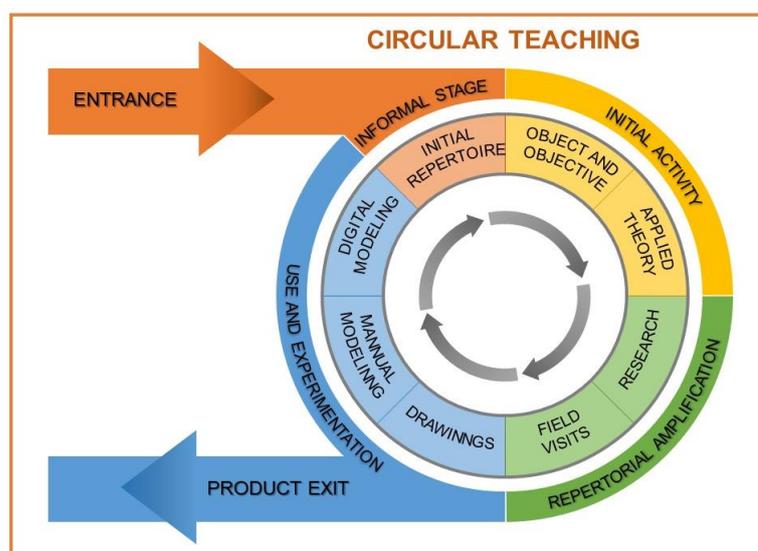
Também podemos citar os diferentes pontos de vista pelo “*girar da imagem*”, as falhas de precisão pela inserção dos pontos referenciais que aparentemente podem estar corretos, mas que no detalhamento do zoom nos mostra imprecisão. Outro fator relevante é a desconexão que envolve a avaliação das proporções que se apresenta na tela do projetista pelo manuseio das possibilidades de uso de diferentes escalas e que jamais será substituído pela observação de alguém que está no campo, que executa o desenho e que constrói o modelo, ou seja, o que aparece na tela representa soluções que nunca se verificarão na visão experimentada do campo e do modelo.

A experimentação da *circularidade* no ambiente coletivo da sala de aula, do laboratório e do campo possibilita a interação e a troca entre os indivíduos, ao nível das experiências e dos resultados. O trabalho final exige o modelo, a apresentação digital e verbal, o conhecimento da teoria da concepção estrutural e as referências arquitetônicas e bibliográficas, além do registro de todo o processo de realização. Todo o desenvolvimento é interativo e a criação dos grupos gera conhecimento e inovação.

O desenvolvimento dessa metodologia compreendeu quatro etapas básicas no processo denominado *Ensino Circular: Entrada, Atividade Inicial, Ampliação repertorial, Uso e Experimentação*. Essas etapas se fazem necessárias ao aprendizado e ao sucesso do trabalho. Na etapa *Entrada*, temos o repertório inicial e informal do estudante. Na etapa *Atividade Inicial*, temos a apresentação do objeto e objetivos da ementa da disciplina e a teoria relacionada ao objeto de trabalho. Na *Ampliação Repertorial*, é realizado a apresentação do tema do exercício para os sistemas estruturais por meio apresentação de vídeos, consulta a sites e pesquisas bibliográficas; na sequência é efetuada visita ao campo - que pode ser um museu, uma instalação, o campus universitário, etc.; edifícios que exemplificam os diversos sistemas estruturais. No *Uso e Experimentação*, elaboramos uma sequência de desenhos em função do repertório adquirido em relação à teoria apresentada associada à elaboração da modelagem manual, ou vice-versa; podemos começar pelo modelo manual e depois pelo desenho.

Esta decisão é tomada de forma coletiva, e as atividades podem ocorrer simultaneamente – não existem regras. A cada etapa podemos introduzir uma ferramenta nova, um material inusitado e um novo desafio. Nesta fase, realizamos também a modelagem digital, com utilização de aplicativos de representação digital de forma livre (SketchUp, CAD, Revit, etc.), o sistema poderá também ser invertido, podemos começar com as ferramentas digitais, passando pela modelagem e concluindo com o desenho. Na etapa do *Uso e Experimentação*, ocorre a saída dos diversos produtos, podendo estes serem de caráter individual, em grupo ou coletivo, em função da definição do tema e da teoria a ser experimentada. O cenário do trabalho é criado tendo como pano de fundo as ações colaborativas desenvolvidas entre todos os integrantes do processo.

Figura 1 – Ensino Circular, etapas de aprendizagem através de referências circulares.



Fonte: Xavier; Ivan S. L.; elaborado para o ICGG – Milano - IT (2018).

3 Ações colaborativas

O cenário do trabalho é criado tendo como pano de fundo as ações colaborativas desenvolvidas entre todos os integrantes do processo. No desenvolvimento do *Ensino Circular*, a abordagem fundamental e mais importante é a troca de experiências entre todos os participantes, onde o uso do instrumental é de livre escolha e os materiais de modelagem e de representação gráfica também são livres. Na atualidade, o uso das *Ações Colaborativas* já é consenso nos grupos de profissionais e de empresas que compartilhem conhecimento sobre determinada área específica e/ou situação problemática, sendo que os participantes esperam realizar as melhorias com base no que aprenderam com o grupo (BOXWELL, 1994). Com a

adoção destas ações, associadas ao processo de modelagem, representação analógica, gráfica digital e de desenvolvimento tecnológico gera conhecimento, qualidade projetual e inovação da forma dando transparência ao processo, estabelecendo um ambiente aberto, igualitário e de confiança para as trocas e principalmente gera compromisso entre os participantes.

O compartilhamento de conhecimento por meio do benchmarking é fundamental para o desenvolvimento de indicadores, permitindo comparação de desempenho, compartilhamento de práticas relativas ao processo projetual, processos gerenciais e de indicadores nas ações relativas ao projeto arquitetônico, construção e sustentabilidade. A criação de grupos de benchmarking colaborativo pode ser centrada tanto nos indivíduos participantes quanto nas empresas e instituições. No processo projetual, por exemplo, por meio de redes sociais na internet e/ou IA (inteligência artificial), é possível receber: sugestões de ideias úteis para a concepção, necessárias ao processo de criação; formas e modelos de representação, elementos técnicos projetuais, tecnologia a ser utilizada, sistemas de planejamento, gerenciamento e sustentabilidade.

As ações colaborativas possibilitam a constituição de todas as atividades inerentes à criação de toda a infraestrutura necessária, pela apropriação de materiais locais, sistemas eficientes para construção de equipamentos solares, sistemas alternativos de saneamento, reciclagem e abastecimento de água, reaproveitamento de rejeitos da construção civil e beneficiamento da matéria-prima local, além de modelos inovadores para a aquisição e compartilhamento do conhecimento.

A criação de grupos de benchmarking colaborativos envolve a concepção de projetos de design inteligente, implementação e avaliação. Com a adoção destas ações, associadas ao processo de modelagem, representação gráfica digital e de desenvolvimento tecnológico geram conhecimento e inovação de forma que dê transparência ao processo, estabelecendo um ambiente aberto, igualitário e de confiança para as trocas e principalmente gera compromisso entre os participantes.

Figura 2 – Ensino utilizando o processo de tarefas em grupo por meio de ações colaborativas.



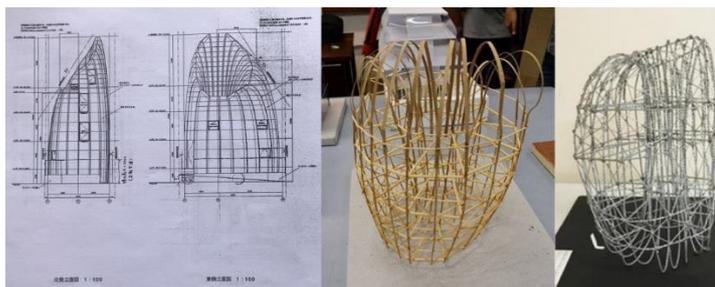
Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplinas Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais e Projeto de Arquitetura III (2020).

4 Modelagem arquitetônica

O estudo dos sistemas estruturais no curso de arquitetura apresenta lacunas no que se refere ao entendimento de seus principais conceitos e, em muitos casos, não incorpora os processos criativos para esse aprendizado; o cálculo estrutural e as referências matemáticas são introduzidas aos alunos do primeiro período em disciplina ministrada pela escola de engenharia. Dessa forma, o trabalho de Engel (2001) - Sistemas Estruturais, com a apresentação dos mecanismos de forma ativa, vetor ativo, massa ativa, superfície ativa e sistemas estruturais verticais, foi a fonte teórica inspiradora para os alunos que desejavam uma nova metodologia no aprendizado dos sistemas estruturais na EAU (Escola de Arquitetura e Urbanismo).

O estudo, através da modelagem, mostrou-se mais promissor em relação ao entendimento de como a forma afeta a estrutura e vice-versa, e como ocorrem as deformações devido às cargas atuantes, em comparação ao ensino tradicional. A compreensão dos conceitos estruturais permite ao estudante produzir modelos de diferentes formas com segurança, habilidade e agilidade, proporcionando diversas vantagens no processo de aprendizado, como entender o comportamento do conjunto das forças estruturais.

Figura 3 – Pesquisa do projeto arquitetônico, compreensão do projeto, conceituação estrutural e elaboração da maquete.

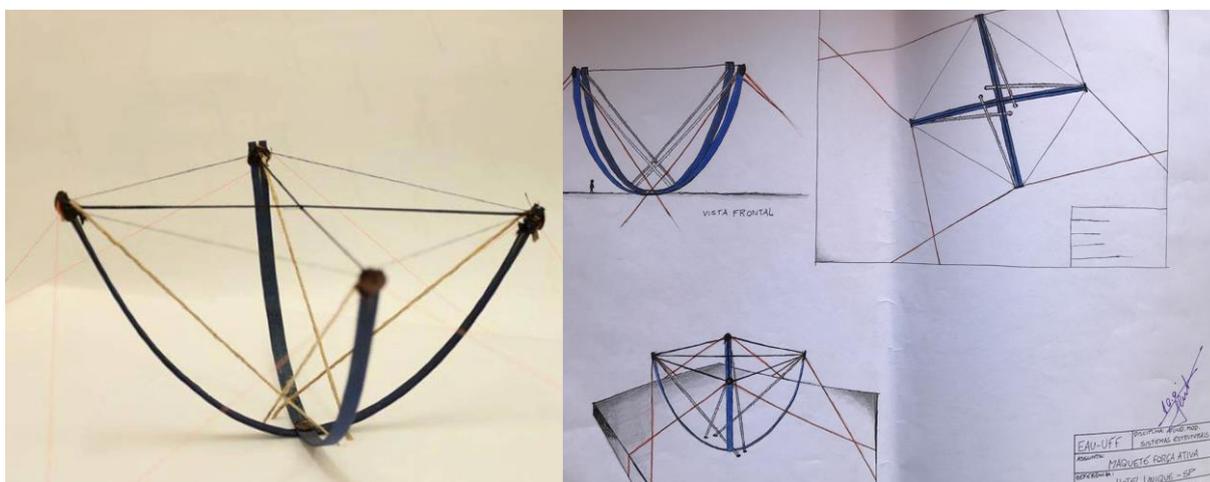


Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplina Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais (2017).

Como declarou Rebello: “Mas o que é a estrutura afinal? ...a estrutura se encontra em todas as áreas de conhecimento humano, e pode ser entendida como “um conjunto de elementos – lajes, vigas e pilares - que se inter-relacionam – laje apoiando em viga, viga apoiando em pilar - para desempenhar uma função” (REBELLO, 2000, p. 15). Para o aprendizado das estruturas, a realização de desenhos, maquetes e a interpretação gráfica de projetos em plataformas digitais tem como objetivo mostrar como as forças atuam dentro daquele sistema e as possíveis soluções para eventuais problemas de sustentação sem perder o partido arquitetônico proposto.

Neste sentido, é possível o aprendizado por parte dos alunos das diferentes formas que um projeto pode tomar, dependendo do programa que se deseja seguir, da melhor proposta estrutural e da definição estética. De maneira complementar, os estudantes do primeiro período se apoiam no conteúdo da disciplina dos Sistemas Geométricos de Representação que é fundamental para a compreensão e a percepção das formas. Deste modo, na sistemática do ensino dos sistemas estruturais, somam-se os conceitos de ações colaborativas por meio do compartilhamento das experiências realizadas no ambiente coletivo, contribuindo para a melhoria do desempenho.

Figura 4 – Desenhos e maquetes elaborados a partir do primeiro exercício - Forma Ativa.



Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplina Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais (2017).

Abordando a integração da modelagem, projeto digital e ações colaborativas como uma nova ferramenta de pensar a arquitetura e os sistemas estruturais, não somente como sistemas separados, mas sim integrados conforme declara Rebello:

45

“Na maioria das vezes, o ensino da estrutura pressupõe que existam duas vertentes de aprendizado: o da arquitetura e o da engenharia, sendo visto, contudo, como um grande equívoco, já que não há dois estudos separados para esse mesmo assunto, havendo, talvez, somente uma diferença de aprofundamento” (YOPANAN REBELLO, 2000, p. 15-21).

5 Revisão bibliográfica

A bibliográfica relacionada ao artigo encontra-se em Engel (2001) – Sistemas Estruturais, a grande base teórica para a realização deste trabalho. A obra descreve de forma detalhada os principais sistemas estruturais (forma ativa, vetor ativo, massa ativa, superfície ativa e sistemas estruturais verticais) e como o entendimento destes contribui no ensino dos sistemas estruturais.

Nesta literatura, diversos exemplos são demonstrados nos cinco sistemas. Além dos conceitos teóricos, a obra demonstra por meio de gráficos e imagens como as forças estruturais se comportam. Engel (2001) fundamenta a base sistemática do aprendizado explicando o que é significado e função, deixando claro que a estrutura ocupa na arquitetura uma posição que executa duas funções: outorgar existência e sustentar a forma, evidenciando que o agente responsável pela arquitetura, seu projeto e sua realização é o arquiteto. O autor relata ainda que o arquiteto deve desenvolver o conceito de estrutura para seus projetos em linguagem profissional. Engel (2001) apresenta os sistemas híbridos, combinados com sistemas de acoplamento. Na conclusão do livro é descrita a forma estrutural, conceituando a geometria e a imagem de forças, as superfícies dobradas e planas, as superfícies curvadas simples em cúpula ou em sela.

Os exemplos de imagens e gráficos de forças foram experimentados pelos alunos no processo de modelagem realizados em sala de aula, ou seja, a prática verifica a teoria e a comprovação é realizada na aplicação do trabalho. O texto de Rebello (2000), em relação à concepção estrutural e a arquitetura, estabelece uma visão geral das relações entre os materiais estruturais (madeira, aço e concreto armado) e as diversas variáveis de sua utilização, como esforços atuantes, formas das seções, forma de obtenção e aplicações.

Outro aspecto relevante do livro é o pré-dimensionamento dos diversos elementos estruturais, bem como o seu comportamento (arcos, vigas, treliças, pilar, laje, associação de cabo, viga vierendel e pilar, abóbada, cúpula, chapas dobradas, etc.), aplicação e limites de utilização. Em relação à aplicabilidade, o autor define claramente os limites em torno dos intervalos por meio de tabelas de pré-dimensionamento que ajudam o discente a entender os pontos de aplicação e de dimensionamento máximos e mínimos.

As tabelas são construídas de modo a facilitar o entendimento e a visualização da compatibilidade entre os sistemas estruturais e os diversos materiais. Outro aspecto interessante é as diversas possibilidades de associação de elementos construtivos por meio de várias intersecções entre os diversos elementos, com associações internas mais simples e complexas, ou com associações de arcos em concreto. Outra possibilidade é o uso de aço ou de madeira, com treliças de aço ou madeira e a integração com cabos. A obra de Rebello (2000) constitui uma referência importante para o aluno que está iniciando os estudos da concepção estrutural e da arquitetura, revelando a importância do entendimento e da aplicabilidade do pré-dimensionamento, mostrando os elementos constituintes dos sistemas como formadores das composições arquitetônicas.

No texto de Hernandez-Roz (2008) *O que é estrutura?*, amplia-se o debate em relação à estrutura e à arquitetura como a ciência das estruturas e a origem do tratamento científico em relação ao problema estrutural, os requisitos estruturais, a estrutura resistente e o desenho das formas estruturais das edificações e a sua complexidade: “o desejo de desenhar estruturas com o menor volume possível de material conduz em geral a desenhos complexos” (HERNANDEZ-ROZ, 2008, p. 19). O autor apresenta os modelos geométricos superficiais e tridimensionais, estabelecendo as relações entre espaço e movimentos e as suas respectivas deformações. Finalmente, Hernandez-Roz (2008) orienta para o processo de análises, ou seja, a verificação se a estrutura e cada uma de suas partes estão em equilíbrio. Esta etapa é fundamental, pois

instrumentaliza o sistema de modelagem com importante referencial para o entendimento dos sistemas estruturais.

6 Potencial criativo

A aplicação da modelagem nas atividades coletivas em sala de aula é o momento crucial para o verdadeiro entendimento do conteúdo teórico que o aluno experimenta. É através dos materiais escolhidos, da concepção gráfica do projeto e do modo como as amarrações, articulações e a fixação do projeto à base são feitas que a forma arquitetônica é organizada no espaço disponível, seguindo os parâmetros estruturais propostos.

O modelo elaborado serve para o aluno verificar a estabilidade e a eficiência de seu projeto. É o momento de tensão, experimentação e medo. A constatação realizada no ambiente se caracteriza pela apreensão e muitos discentes acreditam que o produto não sairá do papel. A circularidade desenha, experimenta, desmancha, redesenha e constrói várias vezes – o medo é eliminado e a criação surge! É o êxtase!

Trata-se de um intenso exercício de tentativa e erro que acontece devido à distribuição de forças ao longo do sistema criado, considerando que as cargas simuladas nos modelos irão se comportar diferentemente, de acordo com o tipo de estrutura estudada. Dessa maneira, a disciplina fornece uma base de como tais formas se comportam na construção real. É de máxima importância, portanto, que qualquer um preocupado com o desenho de estruturas deva ter a habilidade de visualizar como uma estrutura irá se comportar em um determinado cenário de circunstâncias e como a forma da estrutura irá influenciar este comportamento. O estudante deverá desenvolver um sentimento intuitivo para o comportamento estrutural, para que quando todas as escolhas importantes sejam tomadas corretamente quanto à forma estrutural a ser usada. O resultado satisfatório de um projeto em termos de estética, economia e segurança depende desta importante decisão (HILSON, 1993, p.3).

Figura 5 – Interpretação do CAD, compreensão do projeto, conceituação estrutural e elaboração do modelo.



Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplina Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais (2017).

A partir da seleção de projeto com busca livre na internet de imagens e do fornecimento do projeto eletrônico em CAD, o desafio proposto aos alunos é a constituição e o entendimento dos sistemas estruturais a partir dos dados fornecidos no sentido da constituição da concepção do sistema estrutural.

Figura 6 – A partir do Estudo de Massa, é realizado a elaboração do estudo preliminar no Revit.



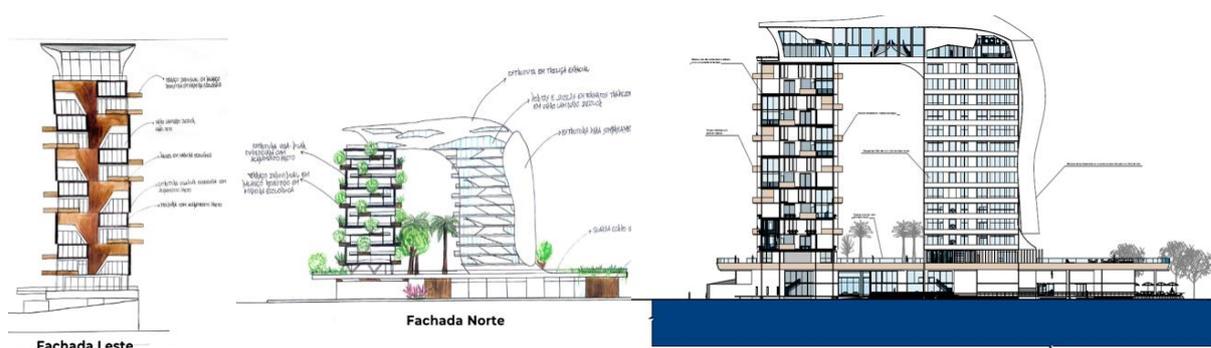
Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplina Projeto de Arquitetura III (2023).

A primeira dificuldade foi o manuseio do sistema CAD, uma vez que o projeto definido não continha parâmetros e informações dimensionais e muitos alunos deste primeiro período não tinham conhecimento de como utilizar o sistema digital; esta dificuldade foi eliminada com a orientação do tutor da disciplina, inicializando o estudante ao ambiente de produção virtual.

Superada a etapa inicial de entendimento do projeto e do próprio dimensionamento projetual, iniciou-se a etapa de conceituação do sistema estrutural e de como o autor do projeto conseguiu resolver o problema estrutural diante da forma e do material utilizado na construção.

O entendimento desses aspectos possibilitou aos alunos desenvolverem a próxima etapa do trabalho, com a construção e modelagem do referido projeto em escala apropriada, que demonstrasse claramente o sistema estrutural do edifício. A atividade de modelagem associada ao desenho e ao entendimento da linguagem digital permite romper barreiras de complexidade estrutural e arquitetônica por meio da circularidade das diversas atividades para a concepção projetual do arquiteto.

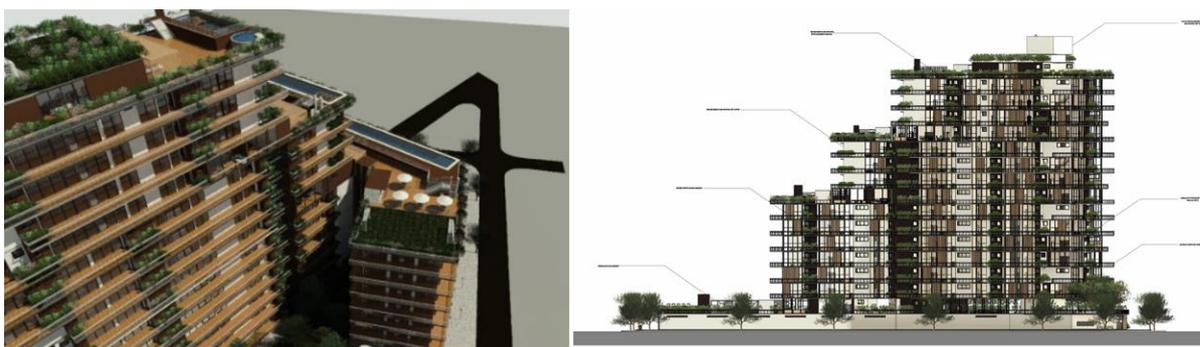
Figura 7 – A partir do estudo preliminar (desenho analógico), até a elaboração do trabalho final no Revit.



Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplina Projeto de Arquitetura III (2023).

A elaboração dos trabalhos pela maioria dos estudantes ocorreu por meio da experimentação das referências circulares apresentadas por pesquisas de referências projetuais, entendimento do projeto, desenvolvimento de croquis (desenho analógico), elaboração de trabalhos a partir da gráfica digital e sua consolidação na modelagem por meio de experimentação em modelos. As diversas tentativas complementadas pelo debate teórico dos sistemas estruturais e sua concepção associadas às ações colaborativas entre os participantes do grupo, contribuem para a criação do modelo do referido projeto, com características estruturais claras e adequadas, consolidando o aprendizado.

Figura 8 – Elaboração do trabalho final no Revit, aplicando a renderização ao modelo.



Fonte: Xavier; Ivan S. L.; disciplina Projeto de Arquitetura III (2023).

A atitude experimental, a repetição a cada etapa e a aplicação dos cinco sistemas estruturais proposto por Engel (2001) consolida a experiência e o avanço sistemático, gerando novas possibilidades de criação. Os aspectos criativos vão se concretizando com as novas formas estruturais, nas quais podemos comprovar no modelo os requisitos estruturais: resistência, rigidez e estabilidade. A experiência é concluída quando os grupos envolvidos nos trabalhos concebem os modelos com estrutura diferenciada, verificando a possibilidade de aplicações com outros materiais, melhorando a qualidade do desenho e do modelo.

7 Conclusão

A introdução dos conceitos de sistemas estruturais e do desenvolvimento da concepção arquitetônica aos alunos, por meio do método do *ensino circular* e da multiplicidade de tarefas no ambiente de ações colaborativas, embasados nas referências teóricas, estimularam o aprendizado na área de conhecimento dos sistemas estruturais e o desenvolvimento e a criatividade na criação projetual, associados aos *conceitos da forma ativa, vetor ativo, massa ativa, superfície ativa e sistemas estruturais verticais* (ENGEL, 2001) o que fez surgir a criatividade nas disciplinas de Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais e de Projeto Arquitetônico III da EAU-UFF.

A experiência e a liberdade com que os exercícios foram realizados proporcionaram um ambiente propício para o aluno descobrir seu potencial por meio das diferentes formas de experimentação em cada etapa. Os resultados vistos pela produção das maquetes e pela apresentação final dos trabalhos demonstravam o processo de desenvolvimento, evidenciando, assim, a evolução dos estudantes em relação ao seu potencial criativo e ao seu repertório inicial.

A resistência em relação ao desafio de aprendizado dos sistemas estruturais foi superada com a diversidade vivenciada em sala de aula e em campo. O medo desapareceu e a

circularidade dos processos possibilitou novas descobertas e talentos. Debruçados sobre o ato da repetição e experimentação com materiais diversificados, a experiência gerou conhecimento e motivação. Lemos, desenhamos e fazemos. O ato de projetar e aprender é revisitado.

Referências

BOXWELL, Robert. **Benchmarking for a competitive advantage**. McGraw Hill, 1994.

ENGEL, Heino. **Sistemas estruturais**. Versão portuguesa de Esther Pereira da Silva. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2001.

HERNÁNDEZ-ROZ, Ricardo Aroca. **Que es estructura?** Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Cuaderno 60.01 / 1-16-08.

HILSON, Barry. **Basic Structural Behavior: Understanding from Models**. Pp.3 London: Thomas Telford, 1993.

REBELLO, Yopanan. **A concepção estrutural e a arquitetura**. Pp. 15-21. São Paulo: Zigurate Editora. 2000.

SENNET, Richard. **O artífice**. Tradução de Clóvis Marques. – 3a ed. – Rio de Janeiro: Record, 2012.

XAVIER, Ivan S. L. et al. **The Importance of circular References, Architectural Modeling, Digital Project and Collaborative Actions in the Architecture Learning**. ICGG 2018 – Proceedings of the 18th International Conference on Geometry and Graphics – 40th Anniversary. Pp. 1777-1788. Milan, Italy 2-7: Luigi Cocchiarella (ED.), 2018.

XAVIER, Ivan S. L.; NUNES, Denise Vianna. **Teaching Architecture and the Modeling Project Associated with Geometric Representation Systems**. Advances in Intelligent Systems and Computing – V. 1296 - ICGG 2020 – Proceedings of the 19th International Conference on Geometry and Graphics. Editor Liang-Yee Cheng - Springer Nature Switzerland - Department of Construction Engineering Polytechnic School of University of São Paulo São Paulo, 2021.

XAVIER, Ivan S. L. **The Teaching of Technology-Mediated Architectural Design**. Advances in Intelligent Systems and Computing – V. 3 - ICGG 2022 – Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics. Editor Liang-Yee Cheng - Springer Nature Switzerland - Department of Construction Engineering Polytechnic School of University of São Paulo. São Paulo, 2023.

XAVIER, Ivan S. L. **As referências Circulares e as Ações Colaborativas no Ensino de Arquitetura**. Escredocências – caderno especial do congresso internacional movimentos docentes - Volume único – Congresso Internacional Movimento Docentes 2023 – Universidade Federal de São Paulo – V&V Editora. Santo André – SP, 2023.