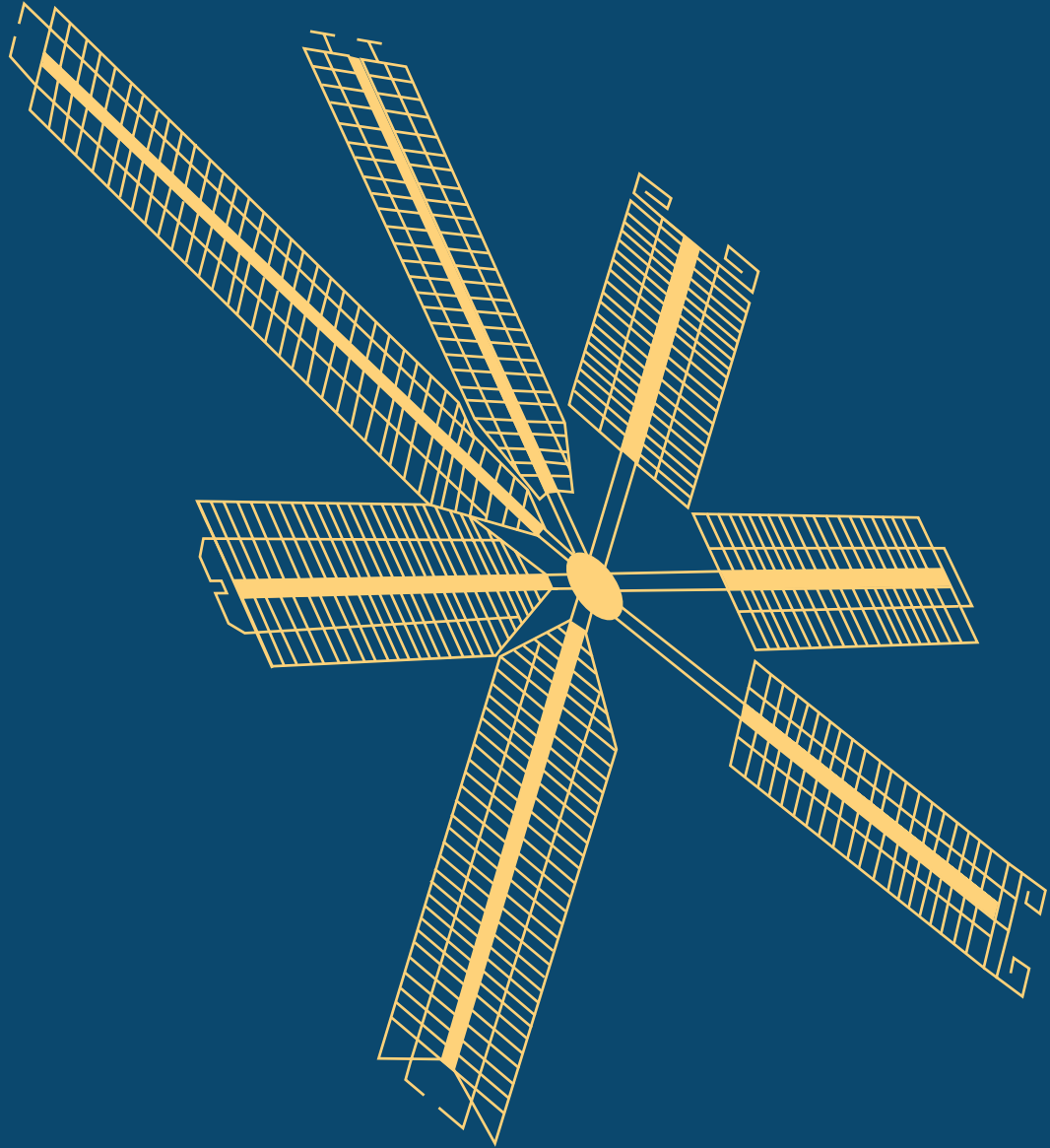




Teoria e Prática da Arquitetura Penal

COMPLEXIDADE DO PROCESSO DE PROJETO
DA EDIFICAÇÃO PENAL

Volume 3

Universidade de Brasília
Parque Científico e Tecnológico da UnB
Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído

Ministério da Justiça e Segurança Pública
Departamento Penitenciário Nacional

Teoria e Prática da Arquitetura Penal

COMPLEXIDADE DO PROCESSO DE PROJETO DA EDIFICAÇÃO PENAL

Neuza Cavalcante
Patrícia da Silva Fiuza Pina
Raquel Naves Blumenschein

2ª Edição

UnB
Brasília | 2023

Universidade de Brasília

Márcia Abrahão Moura

Decanato de Pesquisa e Inovação

Maria Emília Machado Telles Walter

Parque Científico e Tecnológico - PCTec

Carlos Alberto Gurgel Veras

Parque de Inovação e Sustentabilidade do**Ambiente Construído - PISAC**

Raquel Naves Blumenschein

Coordenação do NUESP

Augusto Cristiano Prata Esteca

Ministro da Justiça e Segurança Pública

Anderson Gustavo Torres

Diretora-Geral do Departamento**Penitenciário Nacional - DG**

Tânia Maria Matos Ferreira Fogaça

Diretora Executiva do Departamento**Penitenciário Nacional - DIREX**

Vanessa Luz

**Coordenador-Geral de Modernização da
Engenharia e Arquitetura Prisional – CGMEAP**

Marcus Vinícius de Amorim Bohmgahrem

Coordenador de Engenharia e Arquitetura

Gabriel de Barcelos Conceição e Silva

Equipe Técnica**Coordenação Geral**

Raquel Naves Blumenschein

Redação

Neusa Cavalcante

Patrícia da Silva Fiuza Pina

Revisão Técnica

Raquel Naves Blumenschein

Augusto Cristiano Prata Esteca

Revisão Ortográfica

Rafaela Gonçalves

Editoração e Diagramação

Maylena Clécia

Assistente de Pesquisa Iconográfica

Sabrina Albuquerque de Oliveira

Emenda de Diagramação

Joaquin Lucca Bastos Albernaz

Kamila Karen Fernandes Gomes



Este trabalho está licenciado sob a Licença Atribuição-Compartilhualgal 4.0 Internacional Creative Commons. Para visualizar uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> ou mande uma carta para Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília - BCE/UNB)

C376c

Cavalcante, Neusa.

Complexidade do processo de projeto da edificação penal [recurso eletrônico] / Neusa Cavalcante, Patrícia da Silva Fiuza Pina, Raquel Naves Blumenschein. - 2. ed. - Brasília : Universidade de Brasília, 2023.

104 p. : il. - (Teoria e prática da arquitetura penal ; v. 3).

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-85259-13-2.

1. Arquitetura penal. 2. Edificações penais
3. Prisões - Projetos e construção. I. Pina, Patrícia da Silva Fiuza. II. Blumenschein, Raquel Naves. III. Título. IV. Série.

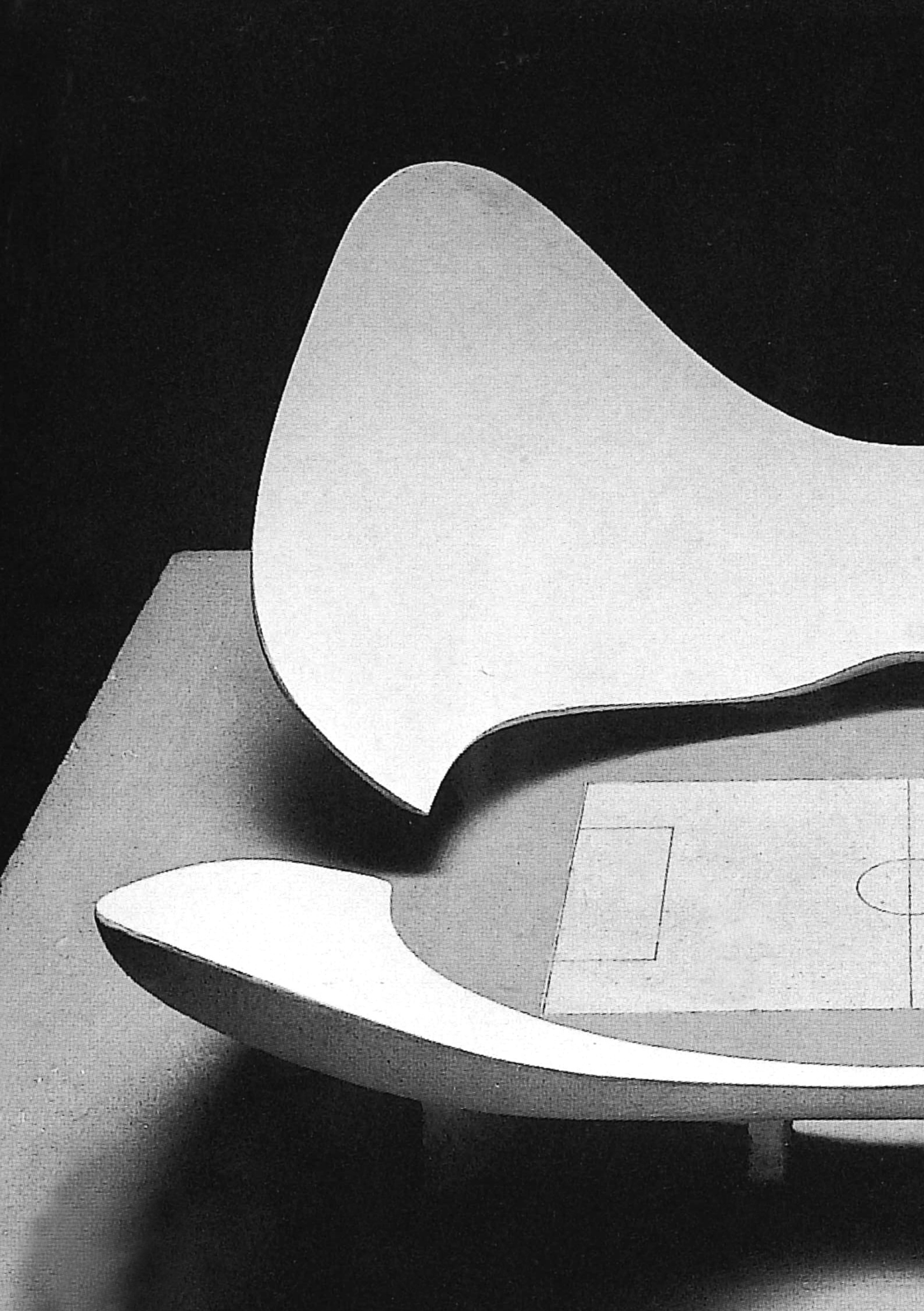
CDU 72

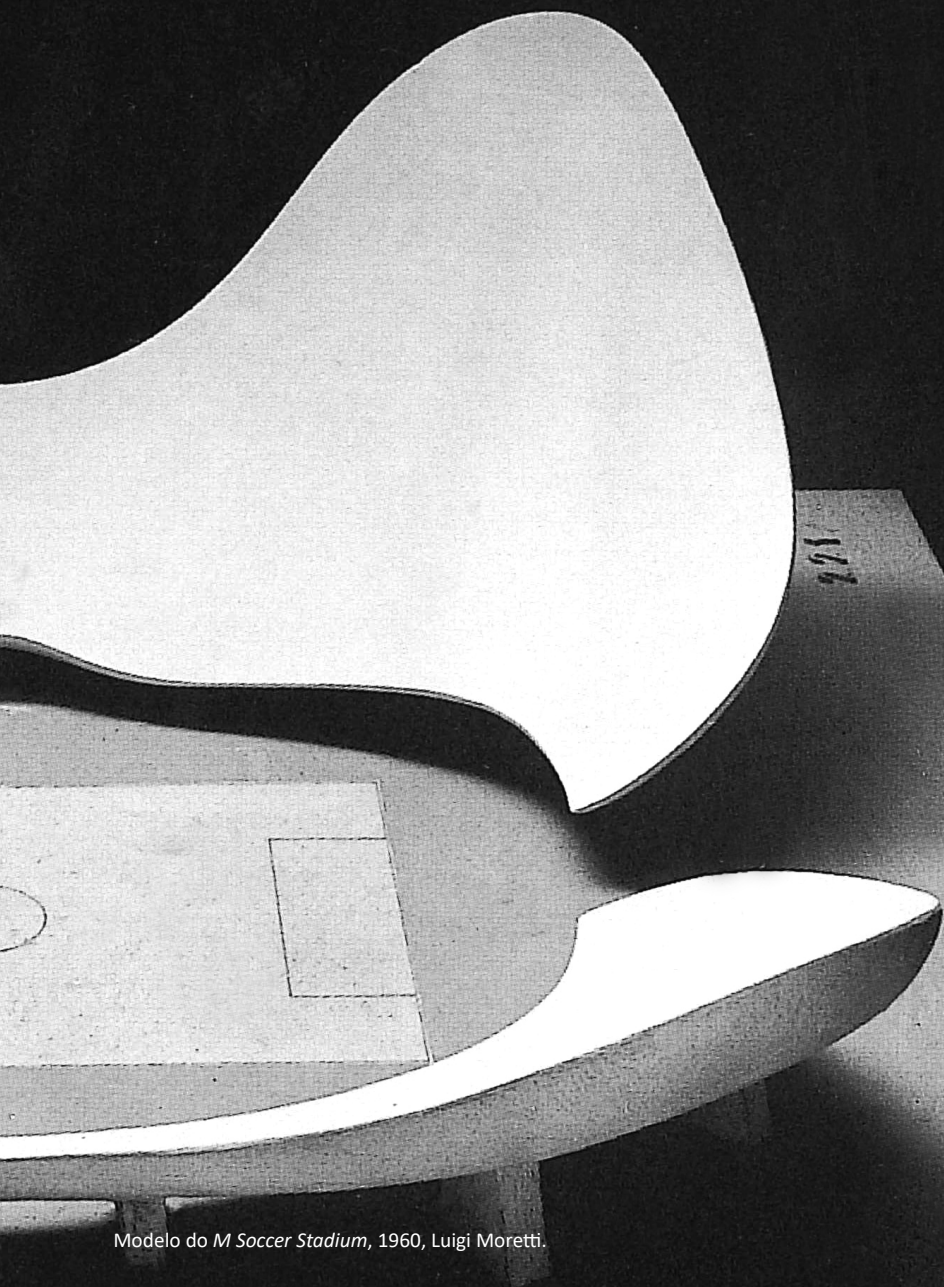
Teoria e Prática da Arquitetura Penal
COMPLEXIDADE DO PROCESSO DE PROJETO
DA EDIFICAÇÃO PENAL

Volume 3

2ª Edição

Brasília | 2023





Modelo do *M Soccer Stadium*, 1960, Luigi Moretti.

Desde 2004, ministro, para os alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB), a disciplina “Projeto Arquitetônico 6 – Funções Complexas”, sendo que inicialmente foram desenvolvidos temas como hospitais, centros médicos e escolas.

Em meados de 2006, Augusto Esteca, que havia trabalhado durante alguns anos na área de engenharia do Departamento Penitenciário vinculado ao Ministério da Justiça, tornou-se pesquisador do Programa de Pós-Graduação da FAU, passando a cursar um mestrado em arquitetura penal. Nessa época, no âmbito da disciplina de projeto de funções complexas, iniciamos uma experiência no âmbito do projeto arquitetônico de programas especiais.

De início, tratava-se apenas de um exercício de projeto como outro qualquer. À medida que seguíamos com a disciplina, comecei a perceber, com base também nas pesquisas que estava realizando, que a edificação penal, assim como outros equipamentos especiais, merecia, por sua complexidade e especificidade, uma pesquisa, um estudo e uma dedicação voltados ao desenvolvimento de metodologias diferenciadas de ensino.

Agregando as pesquisas em curso à disciplina de funções complexas, decidi introduzir as edificações penais como tema de projeto, somando-se a hospitais e escolas.

Surgiu então a necessidade da formação de um laboratório de estudos específico para a edificação penal, e foi criado um núcleo de estudo e pesquisa de edificações penais, mais tarde absorvido pelo Núcleo de

Estudo e Pesquisa de Edificações Especiais (Nuesp), que atualmente possui três focos: penal, escolar e saúde.

O objetivo do núcleo inicial era desenvolver pesquisas e avançar o conhecimento das certificações, em termos de projeto e também de cadeias produtivas. Com o desenvolvimento das pesquisas de inovação da cadeia produtiva da indústria da construção, começamos a trabalhar os conceitos relativos à cadeia produtiva das edificações especiais. Com isso, foi possível caracterizar as diferentes cadeias produtivas das edificações: penal, habitacional, escolar e assim por diante.

Quando essa abordagem foi trazida para as funções complexas, eu já estava desenvolvendo uma metodologia de ensino que ia além do projeto. Desde então, com um foco determinado, a intenção foi implementar um método de ensino voltado à edificação penal propriamente dita, considerando toda sua complexidade, as múltiplas determinantes sociais e os fatores que influenciam o projeto.

Testado durante vários semestres, esse processo teve a colaboração de membros da pós-graduação, além da participação dos alunos e pesquisadores Carlos Barbosa, Patrícia Fiuza e Isabela Ribeiro, os quais, à época, cursavam a disciplina “Estágio Docente” na pós-graduação. Todos os meus alunos de mestrado, entre os quais o Bruno Guimarães e o Felipe Nascimento, trouxeram contribuições importantes ao método de ensino, por meio do desenvolvimento de ferramentas específicas, de sistemas de avaliação etc.

Apesar de ser um trabalho muito rico, pois a cada semestre introduzíamos uma modificação, adequação, melhoria, continuávamos com um

grande gargalo na disciplina, que era justamente desenvolver, durante a etapa de pesquisa, uma estrutura de produção de conhecimento que pudesse, de fato, subsidiar a etapa de projeto, englobando todas as condicionantes, determinantes e especificidades da edificação penal.

Para desenvolver um método pedagógico com o foco em funções complexas, é preciso conhecer, de forma ampla, o objeto a ser projetado. Nesse sentido, foram criadas as seguintes etapas de trabalho: pesquisa, elaboração de programa de necessidades e levantamento de determinantes, condicionantes e especificidades. A etapa de pesquisa ficou muito bem estruturada e robusta, o que possibilitou a identificação de todos os instrumentos legais, técnicos e sociais que influenciam o objeto, assim como os principais agentes, públicos ou privados, relacionados ao projeto.

Com isso, foi possível transmitir para os alunos a importância da consolidação desse conhecimento antes de começar o debate e o projeto.

No entanto, percebemos que, durante a passagem da etapa de pesquisa para o projeto propriamente dito, havia uma grande dificuldade, por parte dos alunos, em transformar toda essa informação em projeto. Para contornar esse obstáculo, em uma busca de possibilidades alternativas, nasceu a oficina de projeto, um exercício, com duração aproximada de duas horas, em que os alunos, por meio de perguntas com tempo cronometrado, são levados a considerar toda pesquisa feita como base para produzir uma solução satisfatória.

Outro fator importante a considerar é que os alunos desenvolviam esses projetos em grupos de 3, 4 e, às vezes, até 5 membros. Durante

esse processo, observou-se que nem sempre o trabalho em equipe era compartilhado, e as responsabilidades e tarefas distribuídas. Por isso, buscou-se ajustar o trabalho em equipe de modo a assegurar que cada competência e cada habilidade fossem realmente utilizadas no projeto. Esse exercício projetivo contribuiu sobremaneira para facilitar a composição de um produto gráfico.

Essa forma de transposição das informações colhidas durante a pesquisa para o início do projeto foi iniciada em 2014.

Com isso, os próprios alunos se deram conta da qualidade da produção alcançada e dos ótimos resultados dessa oficina: cerca de 50% do que nela se produzia era aproveitado no desenvolvimento do projeto.

Além disso, ao longo do tempo, foram utilizadas diferentes formas de avaliação: todos os alunos avaliam os demais; autoavaliação; e avaliação da disciplina. Apesar de já terem sido aplicadas duas vezes, inclusive com a ajuda das pesquisadoras Patrícia e Isabela, acreditamos ser preciso avançar ainda mais e reaplicar as avaliações da disciplina.

Esse método, testado há vários semestres, trouxe resultados muito positivos, os quais expressos por soluções de arquitetura e técnicas muito relevantes têm, por sua vez, retroalimentado as pesquisas. Nesse sentido, e com o suporte do núcleo de estudos da cadeia produtiva da edificação penal, sentimos a necessidade de sistematizar essa metodologia de forma didática. Daí surgiu a ideia dessa série, cujo principal objetivo é subsidiar os que pretendem ensinar arquitetura penal, além daqueles que desejam aprender um pouco mais sobre a edificação penal.

Trata-se de uma série de cinco livros que reúnem, por assim dizer, um conjunto de conhecimentos e informações destinadas a apoiar o desenvolvimento dos estudos de pesquisadores, professores e alunos interessados em se aprofundar no projeto da edificação penal e na estruturação de sua cadeia produtiva.

O conceito de cadeia produtiva da edificação penal foi cunhado no âmbito da nossa pesquisa a partir da aplicação do conceito de cadeia produtiva da indústria da construção aplicada à edificação penal.

A partir do momento em que se caracteriza a edificação penal em toda sua complexidade e especificidade, torna-se possível mapear suas demandas intrínsecas, criando-se oportunidades para o desenvolvimento de programas e políticas de inovação, que, em última instância, constituem o nosso objetivo maior.

É importante ressaltar que o foco do nosso trabalho é a inovação e o desenvolvimento da cadeia produtiva da indústria da construção e de seus produtos. Nesse sentido, a pesquisa que estamos desenvolvendo insere-se no Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (Pisac), uma plataforma tecnológica que visa à transformação do ambiente construído.

Quando tratamos de transformar o ambiente construído, estamos falando de processos de produção, de produtos em suas diferentes dimensões, do suprimento de materiais, dos sistemas construtivos, das soluções técnicas e também dos processos de projeto, que reúnem toda a inteligência, até chegar à construção da cadeia principal, que representa a catalisação de todo o método.

Ao sair do Ministério da Justiça e ingressar na Universidade de Brasília, em meados de 2006, vinculei-me à disciplina “Projeto Arquitetônico 6 (PA 6) – Funções Complexas: Edificações Penais”, a qual passou a funcionar como uma extensão dos estudos por mim realizados com a participação e sob a supervisão da professora Raquel Naves Blumenschein.

O “PA 6 – Edificações Penais” tornou-se uma espécie de laboratório para as pesquisas que então desenvolvíamos no âmbito do Núcleo de Estudo e Pesquisa da Edificação Penal (Nuesp). Por um lado, testávamos algumas constatações, hipóteses e parâmetros encontrados nas pesquisas e, por outro, sempre buscávamos renovar e atualizar o acervo, toda parte de bibliografia e referências, incorporando inclusive as novas normas e resoluções que surgiam ao longo do tempo. Esse esforço documental, ampliado com a incorporação de documentos encontrados pelos alunos dentro e fora do Brasil e com a classificação de projetos, resultou na geração e sistematização de dados como, por exemplo, os que compõem o catálogo de projetos desenvolvidos pelos alunos.

A coleta e organização desse material, que sempre foi uma de nossos objetivos, trouxe como resultado a formação de um acervo de referências muito interessante. Apesar do esforço já despendido, há muitas informações as quais, colhidas pelos alunos durante suas pesquisas, merecem ainda ser devidamente organizadas para que possam se tornar mais inteligíveis didáticas e aptas a serem disponibilizadas.

Outra importante vertente do trabalho é a própria abordagem do tema da arquitetura penal na universidade. Quando levantamos a discussão desse tema em sala de aula, normalmente observa-se, em um primeiro momento,

um impacto, uma curiosidade, sendo que alguns alunos ficam instigados e outros assustados. Tratar de um problema humano muito duro e cruel que, por um lado, é motivador para uma boa parte dos alunos, por outro, constitui uma oportunidade de romper preconceitos.

Apesar de ser um debate restrito à Universidade, de alguma forma, ele é disseminado e multiplicado pelos próprios alunos, contribuindo para quebrar certos prejulgamentos em relação à prisão e às pessoas reclusas, principalmente quando se tem a oportunidade, durante o semestre letivo, de visitar unidades prisionais como parte das atividades pedagógicas.

O reconhecimento do contexto prisional real tem servido para neutralizar as imagens e os conteúdos de filmes, séries e relatos, muitas vezes espetaculosos a respeito desse universo. Como existem muitos estereótipos e rotulações em torno do tema, o “PA 6”, como instância de conhecimento, contribui também nesse sentido.

Um trabalho, que se estendeu por 3 ou 4 semestres e envolveu os alunos e o Nuesp, foi a realização de oficinas de desenho artístico voltadas à população carcerária do Sistema Penitenciário do Distrito Federal, promovido pela Secretaria de Educação do Distrito Federal durante os eventos da Semana de Educação para a Vida. Na qualidade de monitores, os alunos davam aulas para os presos, contribuindo de maneira eficaz com a oferta de um curso rápido de desenho básico e avançado para a população em tela. Esse tipo de ação, realizada paralelamente às demais atividades da disciplina, é importante porque remete à construção da cidadania, uma responsabilidade social, e, ao mesmo tempo, fortalece o compromisso com o rompimento de preconceitos.

Mais do que as simples visitas a estabelecimentos prisionais, o contato direto com os presos, funcionários e eventualmente com a rotina da unidade abre a oportunidade de estabelecer uma maior aproximação com esse universo.

A realização dessas atividades evidenciou a importância da educação e da arte no sistema penitenciário, tendo em vista o impacto positivo sobre as pessoas privadas de liberdade. Nelas, foram abordados temas como a tolerância em relação às adversidades e o papel ressocializante da prisão, uma vez que, em algum momento, essas pessoas retornarão ao convívio social. Por outro lado, ficou evidente a importância da cooperação interinstitucional, conjugando as demandas existentes e a função social da universidade (ESTECA & ANDRADE, 2018).

É importante acrescentar que nutrimos a esperança de que o “PA 6”, entre uma turma e outra, eventualmente, promova, no país, uma reposição e uma complementação do conjunto de profissionais dedicados aos trabalhos relativos à projeção e à produção da arquitetura penal.

Atualmente, além de existirem muitos alunos interessados na arquitetura penal, percebe-se que alguns deles retomam o tema no Projeto de Diplomação. Isso significa que, dependendo das oportunidades da vida, eles podem enveredar por esse caminho, tornando-se futuros arquitetos comprometidos com a especialização ou a pesquisa nesse campo. Isso contribuiria para o fortalecimento do debate em torno das questões referentes à arquitetura penal, que atualmente apresenta uma grande deficiência no campo do conhecimento específico desse tipo de edificação.

Assim sendo, esse reforço e essa provocação que o “PA 6 – Edificações Pe-

nais” promove pode ter uma importante repercussão. Na verdade, se nesses anos todos tivermos 1, 2 ou 3 alunos que eventualmente desejem seguir esse caminho, estaremos aumentando significativamente a quantidade de pessoas pensando sobre o tema e, conseqüentemente, aumentando a capacidade de pesquisa e produção nessa área.

Um fato interessante, que merece destaque quando se fala de ensino, diz respeito à preocupação demonstrada pelos alunos com a melhoria das condições de habitabilidade das prisões, a qualificação e a humanização desses espaços, bem como a solução dos recorrentes obstáculos e desafios, o que, de certa forma, condiz com o que temos desenvolvido no âmbito da pesquisa.

Embora conscientes de que para atingir soluções um pouco mais significativas seja necessário exigir dos alunos estudos mais aprofundados, fica enfatizada a simples intenção de melhorar os espaços prisionais, já que a grande maioria dos projetos desenvolvidos na disciplina têm como meta a humanização desses espaços.

Considerando que mais à frente eles vão estudar e produzir arquitetura, o esforço da disciplina resulta positivo. Essa conscientização social que eles levam para sua prática profissional é importante para a arquitetura penal e serve para demonstrar o papel da universidade na qualificação dos espaços, em particular dos espaços prisionais.

Pavilhão Philips, Feira Mundial de Bruxelas, 1958, Le Corbusier e Iannis Xenakis.





SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

DA COMPLEXIDADE AO METAPROJETO.....	24
O CONCEITO DE METAPROJETO.....	30
O PROCESSO DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....	34
GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO.....	37
CICLOS DE VIDA E FASES DO PROJETO.....	38
FLUXOS DO PROJETO.....	41
PROJETO INTEGRADO, SIMULTÂNEO E SUSTENTÁVEL.....	42
FORMAÇÃO DA FORÇA-TAREFA: A EQUIPE INTERDISCIPLINAR.....	43
PROCESSO DE PROJETO INTEGRADO ASSISTIDO POR COMPUTADO.....	46
A PLATAFORMA BIM E O PROCESSO CRIATIVO.....	53
ORIGENS E CONCEITOS DE DESENHO E MODELAGEM PARAMÉTRICOS....	54
NOVAS TECNOLOGIAS DE MODELAGEM PARAMÉTRICA.....	78
VISÃO GERAL SOBRE IMPLANTAÇÃO E USO DO BIM NO BRASIL.....	81
PROCESSO DE PROJETO: ENTRE O CONVENCIONAL E A INOVAÇÃO.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
FONTES DAS IMAGENS.....	101

INTRODUÇÃO

Esta parte do trabalho tem início com uma breve apresentação de definições de arquitetura cujo objetivo é demonstrar a gama de informações as quais o arquiteto deve enfrentar para produzir soluções compatíveis com as demandas sociais do atual contexto histórico. Após explicitar o significado de complexidade, avança-se em direção à determinação das características de um projeto complexo e, em seguida, à conceituação de metaprojeto.

Em termos de ensino e aprendizagem, a complexidade do processo de projeto arquitetônico é desenvolvida no âmbito da disciplina “Projeto Arquitetônico 6 (PA 6)”, que, oferecida pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB), envolve o estudo, a pesquisa e a projeção de estabelecimentos penais.

Trata-se de uma oportunidade para refletir sobre o alinhamento entre programas e fluxos diferenciados nas práticas de projeto, propondo-se a construção de uma visão crítica sobre o próprio contexto histórico que envolve a arquitetura penal. Para isso, é necessário compreender o processo do projeto arquitetônico, seus elementos principais, e a necessidade de avançar no sentido do projeto integrado, simultâneo e sustentável.

Discute-se ainda como o processo criativo do projeto, auxiliado pela utilização coordenada dos recursos digitais disponíveis, vem passando por contínuas transformações, no que diz respeito tanto às metodologias projetuais como às de planejamento e gestão.

Um passeio pela história tem como objetivo trazer à luz definições, conceitos e a própria evolução da representação gráfica, desde os primeiros desenhos paramétricos a partir de modelos matemáticos utilizados a partir

1930 até o desenvolvimento da modelagem paramétrica iniciada na década de 1980. Com isso, desenha-se uma trajetória que vai dos *softwares* gráficos vetoriais, de base *Computer Aided Design* (CAD), a metodologia *Building Information Model* (BIM).

Essa discussão é importante para estabelecer as diferenças entre a representação de objetos com geometrias e propriedades fixas e a representação de objetos por parâmetros que determinam suas geometrias. Em relação à capacidade de geração de desenhos, estabelecem-se comparações entre o processo convencional e o processo de projeto com a utilização das ferramentas BIM.

Com isso, pretende-se traçar uma visão global do processo do projeto complexo e suas configurações, dando destaque ao avanço do paradigma de produção, desde o projeto convencional, colaborativo em certo nível, até à produção explicitamente colaborativa, tecnológica e sustentável, protagonizada pela metodologia BIM.

DA COMPLEXIDADE AO METAPROJETO

A arquitetura, cuja origem vem da junção dos termos gregos, *arkhé* = *principal* e *tékhton* = *técnica*, ou construção, designa hoje a habilidade, que serve de base para toda construção humana e modelagem do ambiente físico, incluindo seu processo de projeto e o produto deste.

Em seu tratado *De Architectura*, escrito no século I a.C., Marcus Vitruvius Pollio estabeleceu três pontos como elementos fundamentais da arquitetura: *utilitas*, associado, ao longo da história, à função e ao uso; *venustas*, referente à beleza e à apreciação estética; e *firmitas*, correspondente à estabilidade e à solidez, que remete ao aspecto construtivo. Inspirado nessa tríade, Lucio Costa propôs uma definição de arquitetura.

Arquitetura é antes de mais nada construção, mas construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente e não deve se confundir com arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto, desde a germinação do projeto, até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa, - cabendo então ao sentimento do arquiteto [...] escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada. (1995, p. 246)

Mais recentemente, com a compreensão de que a arquitetura constitui um sistema inserido em um ambiente complexo, com trocas e realimentações constantes, outros aspectos foram acrescentados a essa definição promovendo o alargamento dos conteúdos desses três pontos fundadores.

Em linhas gerais, a arquitetura pode ser definida como uma atividade complexa, que lida com informações de vários campos do conhecimento, tais como: desenho, geometria, estatística, topografia, bioclimatismo, psicologia, história, política, além de especialidades da engenharia e tecnologia, os quais permitem a concepção criativa de espaços organizados para atender às demandas humanas e sociais, em um contexto de transitoriedade, incertezas e fluidez.

Algo é considerado complexo quando, em uma determinada situação, existe a presença de uma multiplicidade de dados ou elementos, os quais estabelecem inter-relações entre si. Dependendo da quantidade desses dados ou insumos, e principalmente do grau e tipo de conectividade entre eles, um programa de arquitetura pode ser mais ou menos complexo.

No caso da disciplina “Projeto Arquitetônico 6 (PA 6)”, oferecida pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB), objeto do presente trabalho, o seu subtítulo Funções Complexas diz respeito a um conjunto de programas de necessidade, que têm como características comuns um elevado grau de complexidade. Correspondente ao último nível de projeto arquitetônico do curso, a disciplina prevê a realização de projetos de edifícios que, não somente dependem de um grande número de variáveis distintas e são pertencentes a vários campos do conhecimento, como pressupõem a existência de fluxos diferenciados de interconexão entre os diversos ambientes propostos.

Quanto ao nível de complexidade dos programas a serem atendidos, a cadeia de disciplinas voltadas ao projeto arquitetônico na FAU-UnB é organizada de forma crescente. No caso da disciplina em questão, ofertada no

sexto semestre letivo do curso, os projetos giram em torno de estabelecimentos tais como hospitais, aeroportos, penitenciárias etc. Nesses três casos citados, além de uma gama de variáveis e insumos programáticos, esses equipamentos têm como denominador comum o estabelecimento de fluxos diferenciados, o que não deixa dúvidas quanto à complexidade da atividade projetiva.

Cabe, neste ponto, um parêntese para um mergulho mais aprofundado tanto no que diz respeito às peculiaridades do novo cenário mundial, como em relação ao significado contemporâneo de complexidade.

O mundo vive hoje um momento histórico que tem como características importantes o movimento e a imprevisibilidade. Incertezas políticas, ameaças de conflitos, rápidas transformações, destruição progressiva de postos de trabalho e a crescente tendência ao surgimento de soluções e produtos descartáveis trazem um grau de incertezas, o que implica novos desafios para vários campos do conhecimento, incluindo a arquitetura e o urbanismo.

Estamos em um período dinâmico no qual o corpo é instável, onde tempo e espaço não são percebidos como permanentes, mas como instantes, eventos. Entramos na era nômade na qual descontinuidade do espaço e fratura do tempo são a condição moderna. (DECQ, CORNETTE, apud RIBEIRO & PRATSCHKE, 2005, p. 3)

Esse cenário, definido por Zygmunt Bauman como “modernidade líquida” (2000), em que o tempo se sobrepõe ao espaço, fazendo com que nos movimentemos sem sair do lugar e vivamos rodeados de sinais confusos propensos a mudar com rapidez e de forma imprevisível, coloca em pauta a necessidade de desenvolver estratégias pedagógicas capazes de conduzir à

antecipação de problemas e a respostas mais condizentes com as demandas contemporâneas da sociedade.

Diferentemente da solidez moderna, em que o próprio cenário nos dava uma resposta ou, pelo menos, fortes indícios de qual caminho seguir, na atualidade, a estrada deve ser sempre projetada e a rota, muitas vezes, redefinida durante o percurso. Tudo isso exige dos designers (arquitetos) e produtores maior capacidade de gestão e maior habilidade na manipulação das informações e mensagens disponíveis. (DE MORAES, 2010, p. 63)

Ao que tudo indica, uma das palavras-chave capaz de promover uma melhor inserção profissional no novo arranjo social e econômico é a criatividade, mas não somente isso. Torna-se importante também a busca por metodologias pedagógicas adequadas à complexidade do mundo contemporâneo, que vem demandando novas formas de projetar, capazes de incorporar o pensamento crítico, a compreensão aprofundada da realidade à qual o projeto se destina, a coordenação e a inter-relação de diferentes agentes e seus respectivos saberes.

Faz-se necessário, neste tópico, um parêntese para buscar entender as características daquilo que contemporaneamente se entende por complexo. Segundo o filósofo francês Edgar Morin,

[...] *complexus* significa aquilo que está ligado em conjunto, aquilo que é tecido junto; de fato, há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis constitutivos do todo (econômico, o político, o sociológico, o psicológico, o afetivo, o mitológico), e há um tecido interdependente, interativo e inter-retroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si (MORIN, 1998, p. 495).

(...) a um primeiro olhar, a complexidade é um tecido de constituintes heterogêneos inseparavelmente associados: ela coloca o paradoxo do uno e do múltiplo. Num segundo momento, a complexidade é efetivamente o tecido

de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico (MORIN, 2007, p. 13).

De acordo com a teoria da complexidade, desenvolvida por Morin em 1998, o essencial é o entendimento de que o todo necessita das partes, assim como as partes necessitam do todo para ocorrer uma efetivação de ambos. Ao permear e articular os saberes, para que a partir daí se possa efetivar a compreensão do todo, o autor contribui para o esclarecimento e a pertinência da perspectiva da complexidade

[...] é evidente que a ambição da complexidade é relatar articulações que são destruídas pelos cortes entre disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento. De fato, a aspiração à complexidade tende para o conhecimento multidimensional. (MORIN, 1998, p.138)

A complexidade implica a presença e a correlação de variáveis diversas, em uma estrutura que, compreendendo e abrindo espaço para a evolução do projeto em muitas direções sem delimitação prévia, produz, ao mesmo tempo, informações suficientemente detalhadas para a tomada de decisões.

Com base no entrelaçamento e na contínua interação da infinidade de sistemas e fenômenos que constituem o mundo natural, Mariotti (2011) compreende a complexidade como um sistema de pensamento aberto, amplo e flexível – o pensamento complexo –, que aceita e busca entender as diferenças e as mudanças contínuas da realidade, sem negar a multiplicidade, a aleatoriedade e a incerteza, e sim conviver com elas. *“Não se trata de abandonar os princípios de ordem, de separabilidade e de lógica, mas de integrá-los numa concepção mais rica”* (MORIN & LE MOIGNE, 2004, p.212).

Existem diferenças entre sistemas complicados e sistemas complexos. Como exemplo dos primeiros, o engenheiro Fernando Goldman cita um quebra-cabeça, pois *“[...] por maior que seja o número de peças, como há um único lugar para cada peça, é possível, por meio da análise das peças e do grupamento das semelhantes, simplificar o trabalho e montar o quebra-cabeça”*. Como adverte o autor, esse não é o caso das estruturas moleculares que são *“[...] formadas pela combinação de alguns poucos tipos de átomos, sua identidade não se dá pelos tipos e quantidades desses átomos envolvidos, mas pelas ações que se estabelecem entre eles”*. Assim, a complexidade refere-se aos fenômenos para os quais a ideia-chave é a interação (GOLDMAN, 2013, s.n.).

As múltiplas informações disponíveis e desconexas e suas respectivas inter-relações constituem também uma importante característica da complexidade. Para fazer face a esse fenômeno, é necessário, primeiramente, separar qualitativamente as informações, que nos chegam a todo momento oriundas de inúmeras fontes. Em seguida, trata-se de perceber a influência dessa complexidade no processo de projeto, o que significa, segundo De Moraes, *“[...] entender a realidade do cenário (ou cenários), que hoje se posiciona(m) como vetor(es) mutante(s) no modelo de globalização estabelecido”* (2010, p. 63).

Com isso, em um sistema complexo, pode-se dizer que muitas soluções são passíveis de serem geradas a partir das mesmas fontes de informação, ou de um mesmo ponto inicial, o que pode ser aplicado ao exercício projetivo, no caso dos programas de arquitetura, principalmente daqueles que envolvem formas, funções e construções mais complexas. Nesse caso, o produto final não se restringe ao projeto em si, mas de que forma ele responde

às diversas variáveis e insumos previamente analisados e interconectados. Essa estratégia pedagógica, gerada pela complexidade do problema a ser solucionado, remete ao conceito de metaprojeto.

O CONCEITO DE METAPROJETO

O prefixo meta significa, em grego, “além”. Semanticamente pode ter o sentido de mudança de lugar, ordem ou natureza. Em inglês, corresponde a uma concepção que, extraída de outra, complementa a original. Para alguns autores, o metaprojeto pode ser chamado ainda de “projeto do projeto”.

São muitas as definições e interpretações do conceito de metaprojeto. Para Elisa Giaccardi (2005), não se trata simplesmente de uma metodologia específica para o desenvolvimento do projeto, mas, sobretudo, de uma estratégia cultural, que informa e integra diferentes domínios. Segundo Flaviano Celaschi (2007), o metaprojeto representa uma passagem fundamental e indispensável para conduzir a inovação na direção adequada, constituindo-se em uma programação do processo de pesquisa e projeção. De acordo com Alessandro Deserti (2007), no mundo contemporâneo, o projetista deve se apropriar de uma série de instrumentos, um “*pack of tools*”, os quais podem ser recombinaados diante do contexto no qual operam e da necessidade específica a que devem satisfazer. Para Carlo Franzato (2011), o metaprojeto tem o caráter transdisciplinar e, não se limitando a uma determinada etapa, perpassa por todo processo em que pesquisa e projeto se mesclam. Para o autor, o resultado mais relevante do metaprojeto não é o produto em si, mas a criação da cultura metaprojetual.

Por sua vez, De Moraes (2010) entende por metaprojeto: “[...] um espaço de

reflexão disciplinar e de elaboração dos conteúdos da cultura do projeto”. Nesse caso, os resultados nascem de um processo, que privilegia uma plataforma de conhecimentos capaz de sustentar e orientar a atividade projetiva, em um cenário fluido e mutante. O autor destaca ainda que o metaprojeto refere-se a um articulado e complexo sistema de conhecimentos prévios “[...] *que vai além do projeto, que transcende o projeto, que faz reflexão crítica e reflexiva sobre o próprio projeto*” (2010, p.28).

A abordagem metaprojetual prevê a evolução de uma reflexão acerca do projeto em desenvolvimento, paralela e para além dele, que fundamente e justifique o projeto em si, em relação ao contexto que o originou e em relação ao cenário para o qual é destinado (FRANZATO & CELASCHI, 2012, p.2).

Com isso, distanciando-se do processo linear convencional, o projeto desenvolve-se por meio de uma ampla rede espacial, alimentada por conteúdos oriundos de vários informantes vinculados a diferentes campos do conhecimento. O metaprojeto é, portanto, a ideação e organização do processo de pesquisa e de projeto, que se constitui de fases, tempos, recursos financeiros e de pessoal, com vistas à inovação.

Após fazer referência às contribuições dos autores supracitados, Kaori Tamakuni (2014) faz um resumo dos procedimentos característicos do metaprojeto: a formação de uma equipe multidisciplinar; a pesquisa prévia, capaz de trazer informações relevantes para o projeto, sem cercear a capacidade dos projetistas de ir além; a pesquisa como instrumento de reflexão, sem o engessamento do processo de projeto; a escolha das ferramentas (*pack of tools*) a serem utilizadas na prática projetiva, as quais podem ser modificadas, modeladas, ao longo do processo, para que possam cumprir seus objetivos; e a mescla entre pesquisa e projeto, sem qualquer restrição

à fase ou etapa em que essa interação acontece. Em relação ao metaprojeto, o autor reconhece que *“[...] ao não abordá-lo como fase ou etapa, retira-se dele o caráter temporal hierárquico, e ao considerá-lo como nível, ele poderá se posicionar ao lado do projeto ou como um nível que entremeia outro”* (TAMEKUNI, 2014, p. 6).

Para que se possa elaborar projetos que tragam uma renovação, no sentido de que tenham em si a inovação, é preciso repensar em como projetar e, para isso, o metaprojeto apresenta-se como uma profunda reflexão sobre o projeto. O metaprojeto não é composto de uma única característica, surge como resposta a uma sociedade dinâmica, fluida e, desta forma, também deve ser dinâmico e fluido. Por seu caráter reflexivo, o metaprojeto é mais do que metodologias, mas tem que se considerar que há uma característica metodológica determinante do metaprojeto: o analisar constante do projeto, sua retroalimentação, as retomadas em todas suas fases: pré-projetual; durante o projeto; e após o projeto, com o intuito de aprimorá-lo (TAMEKUNI, 2014, p. 7).

Sem abandonar alguns paradigmas herdados de um passado ainda historicamente recente, o processo de projeto precisa ir além. Em primeiro lugar, o avanço da tecnologia, nos diferentes ramos do conhecimento, torna imperativo o exercício do diálogo permanente entre os profissionais que concorrem para uma produção arquitetônica sustentável. Em segundo, é preciso integrar os processos de pesquisa e de projeto, de forma a poder configurar, com mais segurança, as diversas variáveis quantitativas e qualitativas das demandas a serem satisfeitas, ou seja, trata-se de promover a interdisciplinaridade ou a transdisciplinaridade.

A ideia de uma arquitetura da complexidade não é a de abandonar os princípios da ciência clássica – que são, a propósito, as linhas mestras da arquitetura de raiz Modernista: ordem, separabilidade e lógica –, mas incorporá-los em um processo em que interação é a palavra-chave. Esse processo,

caracteristicamente complexo, implica descentralização, favorecendo uma prática onde Sujeitos e Objetos dialogam em um fluxo de informação dinâmico e não-linear, orientado por um objetivo comum (RIBEIRO & PRATSCHE, 2005, p. 5-6).

Talvez seja importante fazer aqui uma distinção entre multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, conceitos que, muitas vezes, são utilizados com o mesmo sentido. Segundo Antonio Casilli (2011), a multidisciplinaridade refere-se a “[...] *um trabalho científico no qual dois ou mais campos de pesquisa são utilizados em partes iguais*” (apud TAVARES & PRATSCHE, s.d., p. 5), sendo que as disciplinas se mantêm dentro de seus limites, e sua aplicação restringe-se à observação dos diferentes pontos de vista sobre um mesmo objeto. No caso da interdisciplinaridade, mais de uma disciplina unem-se em um projeto comum, em torno de um planejamento que as relaciona. Como, durante o processo de trabalho, as trocas de conhecimentos contribuem para aumentar as possibilidades de ação, o resultado tende a ser menos fragmentado e mais dinâmico. A transdisciplinaridade remete a um nível superior de integração contínua e ininterrupta dos conhecimentos. Ao invés da fragmentação das disciplinas, tem-se como propósito a relação complexa dos diversos saberes, já que nenhum é mais importante que o outro. É um processo dialógico em que, a esses conhecimentos específicos, somam-se as informações que estão entre e além das diferentes abordagens disciplinares.

A transdisciplinaridade, como o prefixo latino *trans* indica, diz respeito ao que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas, e além de toda disciplina. Sua finalidade é a compreensão do mundo presente, o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento (NICOLESCU, 2004, p. 218).

O PROCESSO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

De acordo com exposto, parece não haver dúvidas de que o atual momento histórico indica a necessidade de mudanças no *modus operandi* do processo de projeto, tornando imperativa a quebra de paradigmas, como, por exemplo, o da produção de projetos isolados e contratados de forma sequencial. Considerando que um edifício é constituído não somente de arquitetura, mas também de estrutura, instalações e outros complementos, trata-se de pensar o projeto como um esforço conjunto, um trabalho interdisciplinar, em que cada um dos profissionais envolvidos desenvolve suas atividades e atribuições sobre objetivos e procedimentos específicos e definidos e sob uma única coordenação. Essas mudanças exigem esforços de todos os envolvidos no ciclo de vida dos projetos, com mudanças nas formas de contratação e procedimentos de desenvolvimento, visando à sustentabilidade dos processos e dos empreendimentos.

Assim, colocam-se novos desafios em relação às questões do ensino e aprendizagem, capazes de atender às atuais demandas feitas aos futuros profissionais, tais como: a criatividade, a habilidade para o trabalho em equipes interdisciplinares, o espírito crítico, a formação generalista, a capacidade de mudança e a adaptação a novos cenários. Com a nova fase da globalização e do uso dos novos sistemas de tratamento de informação, que anteriormente consumiam muito tempo, o domínio de conhecimentos técnicos especializados perde força, cedendo espaço, nas práticas de ensino, às atividades que desenvolvem as aptidões para a colaboração, negociação etc. Essa necessidade de transformação do ensino é ainda mais enfática no caso de disciplinas de graduação nas quais é reconhecido um alto grau de complexidade dos projetos a serem desenvolvidos. Nesses casos, trata-se de buscar estratégias capazes de unificar e inter-relacionar os vários saberes

aos quais elas são afetadas.

Como conhecimento e ofício, a arquitetura, além de congrega os mais diversos saberes sobre as questões de seu interesse, permite que realmente se faça a transposição dos resultados dessa congregação de uma maneira sempre nova, criativa e contributiva para a revelação de novas realidades. A arquitetura é, em última análise, a superação da simples ideia de “integração,” dando origem ao que se define como “interação dinâmica” ou, em outras palavras, a transdisciplinaridade (CAMPOMORI, 2004, s.n.).

Por suas características intrínsecas, no caso da disciplina de “PA 6 – Edificações Prisionais”, o metaprojeto, que pode ser designado também como “processo de projeto integrado”, “projeto simultâneo”, ou, mais recentemente, “projeto sustentável”, constitui uma estratégia relevante.

A arquitetura para um mundo complexo nos remete assim a preocupações de ordem fundamentalmente ecológica, considerando este termo em seu sentido mais amplo; remete-nos a lidar com a diversidade, com a transformação, com a adaptabilidade da arquitetura às contingências sociais e do tempo, com a constante busca por novas formas de ordem. Trata-se de uma arquitetura que deveria contemplar um funcionamento complexo, inexoravelmente evolutivo (GRILLO, 2008, p. 141).

O ambiente de projeto é dinâmico e apresenta um elevado grau de complexidade, em decorrência das necessidades, expectativas e incertezas quanto ao processo de projeto, à construção, ao desempenho do produto, e ao seu uso, apropriação e manutenção. Além de implicar o gerenciamento e a coordenação de pessoas e equipes de trabalho, com diferentes formações, conhecimentos e habilidades, lida-se com uma ampla gama de variáveis previstas, imprevistas, imprevisíveis e especulativas, sejam elas políticas, sociais, econômicas, legais, culturais, tecnológicas, estéticas e psicológicas,

nas diversas escalas, do regional, do urbano, do edifício, dos equipamentos, dos mobiliários, dos objetos e artefatos.

Tendo em vista que a atividade projetiva pressupõe uma variedade de regras de composição, para transitar em um ambiente de projeto assim descrito, são necessários diversos métodos, ferramentas, teorias, manuais de procedimento e técnicas. Para muitos pesquisadores da temática referente a metodologias de projeção, qualquer método que conduza o projetista ao objetivo final, ou seja, ao produto da projeção, é válido, útil e apropriado. Em se tratando especificamente de métodos projetivos inerentes à atividade de projeção, há que se considerar que os processos mentais dos agentes envolvidos no ato criativo ocorrem de forma diferente dos de outros profissionais. Partes do processo de produção do projeto podem se sujeitar a uma sequência lógica de procedimentos, enquanto outras não se enquadram adequadamente a um modelo único. Essa característica faz com que diversas metodologias de projeção não possam ser vistas como sistemas universais (DEL RIO, 1998; GRAEFF, 2006; CANEZ, 2010; BISELLI, 2011; NEVES, 2011; CASTELLS, 2012).

Deve-se considerar também que, com a acelerada inclusão e inserção de novas técnicas e ferramentas computacionais de modelagem do produto, o processo projetivo passa por profundas transformações, reivindicando a revisão, readaptação, apropriação e inovação de métodos, tanto para a produção quanto para o ensino da projeção.

Não se trata, neste trabalho, de propor mais uma metodologia, ou vários métodos, de projeção, e nem de detalhar seus respectivos procedimentos, uma vez que existem diversas bases teóricas referenciais e apropriadas,

produzidas por consagrados autores, alguns dos quais devidamente citados no corpo do presente texto. Pretende-se apenas promover um espaço para que essas considerações e diretrizes metodológicas sirvam como parâmetros de reflexão, tanto em relação ao ensino quanto à produção de projetos.

GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO

Embora o processo de projeto represente apenas um pequeno percentual do custo global de um empreendimento, as decisões tomadas nessa fase correspondem a mais de dois terços de suas despesas, o que confere, a essa etapa de planejamento, uma importância significativa. Um baixo investimento em projetos apresenta um alto impacto no custo global, na qualidade final e na sustentabilidade dos empreendimentos.

Cientes da importância da fase de gestão de projetos dos edifícios, e a despeito de todos os modelos fornecidos pelas diferentes pesquisas, as construtoras e incorporadoras, buscam, em todo o mundo, metodologias de gestão, que, extrapolando o modelo convencional, possam garantir a qualidade de seus produtos e processos. Na indústria da construção civil, especialmente no subsetor da habitação, predominam a autoconstrução e os processos informais, desenvolvidos sem planejamento, análise e controle, que privilegiam a forma sequencial, ou linear, de projetar. De acordo com alguns autores, essa fase é, em geral, relegada a segundo plano em relação à execução (ROMANO, 2003; FABRÍCIO, 2002; SILVA & SOUZA, 2003; MELHADO, 2005; KOWALTOWSKI, 2011).

As lacunas nos procedimentos de gestão impedem a possibilidade de uma

visão integrada e abrangente do ciclo de vida dos projetos e empreendimentos e, conseqüentemente, do binômio projeto e execução, bem como de todo o processo de projeto, agravados pela ausência de interação, comunicação e falta de padronização de linguagens entre os diversos agentes envolvidos, até mesmo da equipe de projetistas. (ROMANO, 2003; SILVA, 2003; SOUZA, 2003; MELHADO, 2005).

Segundo alguns autores, muitas patologias da construção, os custos elevados, a baixa sustentabilidade e a conseqüente falta de qualidade nas edificações, constituem problemas referentes ao projeto, causados principalmente pela falta de padronização, detalhamento e qualificação daqueles que tomam decisão final na execução das obras (MESEGUER, 2001; HENDRICKSON & AU, 2003)

A reversão desse quadro negativo implica um coordenado e interativo esforço de todos os agentes envolvidos e também a adoção de modelos referenciais de gestão de processo de projeto integrado e simultâneo.

CICLOS DE VIDA E FASES DO PROJETO

O ciclo de vida de projetos pode ser dividido em um conjunto de fases, que, por sua vez, são subdivididas em estágios e se desdobram em atividades ou tarefas específicas em cada caso. Visto isso, é preciso chamar a atenção para que o ciclo de vida do projeto não seja confundido com o produto da fase. Além disso, não pode ser considerada como projeção apenas algumas de suas fases, pois ela acompanha todo o ciclo de vida de um empreendimento, que vai da idealização, passa pela apropriação/ocupação até chegar à manutenção.

De fato, o projeto arquitetônico deve permear todo o processo conceutivo e construtivo. Tem início no planejamento, com os estudos de viabilidade e definição do produto, passando pela elaboração dos projetos do produto e da produção; preparação para execução, com a definição de materiais, componentes e equipamentos e fornecedores; planejamento e organização da obra; execução, com o acompanhamento e retroalimentação de informações geradas na obra; estendendo-se até o uso, com a retroalimentação de informações, a partir da avaliação pós-ocupação e da análise financeira do empreendimento.

Dessa forma, o processo de projeto engloba não só os projetos específicos do produto, mas também a formulação de um negócio, a seleção de um terreno, o desenvolvimento de um programa de necessidades, o detalhamento dos métodos construtivos para produção e o planejamento da obra. Os agentes da concepção e do projeto do empreendimento são os arquitetos e engenheiros, além de todos aqueles que tomam decisões relativas à montagem, à concepção e ao planejamento do empreendimento.

Em uma tentativa de padronização e integração das fases do processo de projeto e tendo em vista as várias interpretações oriundas de diversos autores e referências, optou-se por apresentá-las conforme o Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos (2003) e o Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo (2013), elaborados pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA).

Segundo esses documentos, as fases do processo de projeto são as seguintes:

- a. Fase A – Concepção do Produto: levantamento e definição do conjunto de dados e informações; conceituação e caracterização do partido e das restrições que o regem; definição das demandas para a contratação dos profissionais de projeto;
- b. Fase B – Definição do Produto: consolidação do partido do produto e dos demais elementos; definição das informações relativas à viabilidade técnica, física e econômico-financeira; elaboração dos projetos legais;
- c. Fase C – Identificação e Solução de Interfaces de Projeto: conceituação, caracterização e definição dos elementos do projeto para todos os agentes; solução das interferências entre sistemas e suas interfaces, possibilitando a análise dos métodos construtivos, da estimativa de custos e dos prazos de execução;
- d. Fase D – Detalhamento de Projeto: detalhamento dos elementos de projeto, gerando o conjunto de documentos para a caracterização das obras e serviços a executar, a avaliação dos custos, métodos construtivos e prazos de execução;
- e. Fase E – Pós-entrega de Projetos: garantia da compreensão e utilização das informações de projeto e a sua aplicação; avaliação do desempenho do projeto em execução;
- f. Fase F – Pós-entrega de Obras: avaliação e retroalimentação do processo de projeto, envolvendo os diversos agentes do empreendimento; formulação de ações para melhoria em todos os níveis e atividades envolvidas.

FLUXOS DO PROJETO

Muito embora as propostas de arquitetura sejam sempre o ponto de partida para o desenvolvimento dos demais projetos dos empreendimentos, o desafio aqui é o da concepção, desde os primeiros esboços do partido, das considerações importantes sobre a estrutura, as instalações e os complementos, procedimento este que, ao evitar improvisos, incompatibilidades, retrabalhos, aumento de custos, dá maior sustentabilidade ao empreendimento e ao processo.

Para alcançar um resultado considerado satisfatório, é fundamental a participação e o envolvimento, desde o início, dos responsáveis pelos projetos de todos os sub-sistemas do empreendimento. Uma das fases mais importantes do processo de projeto é a consolidação das interfaces dos vários sistemas presentes, a qual deve ocorrer sempre antes da aprovação dos projetos legais, com a validação dos responsáveis pelo empreendimento e por sua execução, levando-se em conta a viabilidade dos procedimentos executivos.

Na prática, os empreendedores só se preocupam com a compatibilização geral dos projetos após a definição do responsável pela construção e o lançamento para a venda, um vício de procedimento, que acarreta a perda do controle dos projetos e o descontrole dos custos, diminuindo o desempenho do empreendimento.

Em relação aos fluxos, o Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos destaca as seguintes questões:

- Fluxo e fases do projeto de estrutura

Para o bom desenvolvimento do projeto de estrutura, a contra-

tação dos serviços do projeto estrutural deve ocorrer logo na primeira fase do empreendimento, durante a concepção do produto. Como a redução da margem de lucro dos empreendimentos exige racionalização construtiva, há melhores chances de um bom desempenho econômico quando as definições conceituais do projeto de estruturas acontecem em cooperação com a concepção arquitetônica.

- Fluxo e fases dos projetos de instalações elétricas, hidráulicas e complementares

Com o objetivo de evitar as alterações nos projetos arquitetônicos e estruturais, o melhor momento para análise das interferências e compatibilizações dos projetos de sistemas elétricos, hidráulicos e complementares, ocorre na fase de concepção dos empreendimentos. Nesse sentido, é importante que, desde o início dos trabalhos, haja a integração desses projetistas, juntamente com o levantamento e a análise dos condicionantes locais e da disponibilidade de serviços públicos. Os projetistas de sistemas prediais auxiliam na concepção dos ambientes, nos pré-dimensionamentos, na acomodação de equipamentos e mesmo na assessoria para a inovação. Essa contribuição deve ocorrer em todas as fases do desenvolvimento do projeto, do detalhamento e da execução e manutenção.

PROJETO INTEGRADO, SIMULTÂNEO E SUSTENTÁVEL

No “projeto integrado”, que pode ser caracterizado como uma abordagem holística do processo de projeto, todos os participantes do ciclo de vida, ou seja, todas as partes interessadas, trabalham colaborativamente, com o

objetivo de atingir a eficiência dos processos e dos produtos.

O “projeto integrado” ou “projeto simultâneo”, que constitui uma prática de projetar de maneira sustentável, orienta a tomada de decisões estratégicas de projeto, levando em consideração as variáveis, o levantamento e a organização de informações pertinentes a todos os subsistemas que compõem o edifício.

Diferentemente do processo convencional sequenciado, o “projeto integrado” trata, de forma interdisciplinar e holística, desde as fases iniciais, os dados e as informações essenciais à definição de uma solução mais apropriada e sustentável. Uma proposta arquitetônica deve ser capaz de integrar e compatibilizar todas as disciplinas de projeto com o programa de necessidades, os materiais, as tecnologias, a configuração formal, o uso e manutenção, o sítio e seu entorno, em seus aspectos físicos e funcionais.

Se na etapa de planejamento, isto é, durante o levantamento e organização dos dados, são levadas em conta as diversas informações – tipologia estrutural, instalações prediais, técnicas construtivas, características físicas do terreno e de seu entorno imediato, orientação solar, regime de ventos etc. –, a ideia inicial tende a ser mais sustentável. Pode-se dizer que, quanto maior o número e a qualidade das informações coletadas e analisadas, mais sustentável torna-se o processo de projeto.

FORMAÇÃO DA FORÇA-TAREFA: A EQUIPE INTERDISCIPLINAR

O projeto de um edifício é concebido por meio do esforço colaborativo de vários profissionais, sendo que cada um deles tem suas próprias referências

e formas de estruturar as principais partes deste em relação ao todo, o que implica a difícil tarefa de resolver os conflitos decorrentes da integração de soluções derivadas dessas múltiplas decomposições. Além disso, ainda que cada um dos profissionais seja um especialista extremamente qualificado, a soma dos trabalhos desses profissionais deve estar integrada e compatibilizada entre si e com o processo de produção, tornando indispensável o desenvolvimento do projeto em equipes multidisciplinares.

Na forma tradicional e sequencial, os projetistas desenvolvem o projeto de suas especialidades quase que isoladamente e repassam suas decisões aos demais, havendo pouca interação e troca de informações, o que, com o agravante da linguagem não padronizada, conduz a uma forma desordenada de projetar. São comuns as situações em que as obras são iniciadas antes mesmo da conclusão dos projetos e sem as devidas compatibilizações entre eles, o que acaba gerando improvisações e mudanças durante a execução da obra, com prejuízos no custo, no tempo de execução, na sustentabilidade e, finalmente, na qualidade do produto final (MELHADO, 2001, 2005; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003; SILVA, 2003; SOUZA, 2003; KOWALTOWSKI, 2011).

Por outro lado, os vertiginosos avanços tecnológicos têm provocado um sensível aumento no nível de especializações, obrigando os profissionais da projeção a se familiarizarem com densos e detalhados conteúdos referentes aos campos profissionais a que se dedicam. Esse ganho de conhecimento específico, em cada disciplina de projeto, acaba por provocar uma perda da visão da global e sistêmica do processo, no qual as questões de sua expertise se inserem.

Nos arranjos tradicionais, a fase de concepção do edifício ocorre de forma separada do desenvolvimento do projeto, ou seja, a atuação do arquiteto ocorre previamente e com reduzida interação com os demais projetistas e com o pessoal da obra. Isso faz com que apenas o projetista de arquitetura tenha contado direto com a programação do empreendimento. Os demais projetistas partem do projeto ou anteprojeto de arquitetura e das propostas feitas no âmbito desse campo do conhecimento para desenvolverem as soluções técnicas, que devem complementar o projeto de arquitetura. Assim, o programa é apresentado para os projetistas de engenharia por meio de desenhos e soluções previamente adotados no projeto arquitetônico.

No caso da equipe interdisciplinar, as atividades deixam de ser hierarquizadas em sequência, organizando-se em trabalhos simultâneos e inter-relacionados.

No modelo multidisciplinar proposto por Melhado (2005), as decisões de projeto são resultado de análises e discussões conjuntas de diferentes profissionais na busca de soluções globais para o empreendimento. No entanto, em função da complexidade do universo de dados, informações, projetos e profissionais envolvidos, o autor destaca a necessidade de um coordenador do processo de projeto.

As omissões nos projetos, as incompatibilizações entre as diferentes especialidades, a concepção e o detalhamento, entre o projeto do produto e o projeto de produção da edificação, podem levar a decisões indevidas, tomadas durante a execução, em detrimento da qualidade do produto e da eficiência do processo. Para superar as dificuldades decorrentes das diferentes formações e linguagens e das distâncias físicas entre os integrantes, tona-

-se necessário, nas definições da equipe de projetos, o estabelecimento de critérios para a contratação de projetistas, que levem em conta aspectos tais como: disponibilidade e habilidade para atuar coordenadamente em equipes multidisciplinares; flexibilidade; experiência profissional e recursos técnicos disponíveis.

PROCESSO DE PROJETO INTEGRADO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

A indústria da construção civil (ICC), da qual o setor de projetos é um sub-grupo, é caracterizada por ser conservadora, com retardo tecnológico e pelo uso intensivo de mão de obra manufatureira quando comparada com outros ramos e setores das indústrias da transformação. No entanto, apesar de lenta e gradativamente, o setor vem assimilando e absorvendo as mudanças e inovações impostas pela produtividade e sustentabilidade.

Segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), em 2003, e pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em 2013, a pesquisa e o desenvolvimento de novos processos de gestão, métodos construtivos, produtos e materiais mais sustentáveis e ecoeficientes, bem como a introdução da inovação tecnológica, ao longo de toda a cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC), tendem a transformar esse quadro.

Nas etapas de representação gráfica do produto, tem-se que o processo projetivo passa, atualmente, por profundas e contínuas transformações. Os agentes que já vêm aplicando novas metodologias e procedimentos para desenhos referenciados podem testemunhar os ganhos nas atividades de gerenciamento, coordenação e compatibilização dos projetos. Com essas

contribuições, surgem também melhorias no rastreamento das informações, aumento da confiabilidade, produtividade, sustentabilidade na gestão, planejamento e controle nos processos de produção e nos produtos (AsBEA, 2013; MANZIONE, 2013)

A acelerada evolução da informática e dos meios de troca de informações, de forma análoga ao desenvolvimento dos métodos de planejamento e de gestão do processo do projeto, constitui importante desafio para todos os envolvidos no ciclo produtivo do projeto. A falta de conhecimento e de divulgação das informações e a precária formação e aprendizado têm causado atrasos no que se refere à correta adequação às potencialidades desses meios informatizados.

Há pouco mais de uma década, o computador e os *softwares* gráficos vetoriais, de base *Computer Aided Design (CAD)*, eram vistos como meros instrumentos de desenho, simplesmente como “pranchetas eletrônicas” (CASTELLS, 2012) e a atuação dos projetistas com essa visão já indicava um comportamento que impedia o uso mais produtivo dessas ferramentas tecnológicas.

Da mesma maneira que o nanquim aposentou o lápis e que este foi aposentado pelos *softwares* do tipo CAD, a criação de normas e manuais de referência tende a satisfazer apenas a transição do modo de projeção para uma geração de programas CAD, que são antiquados e inadequados para as necessidades do processo de projeto integrado. A utilização das cores associadas às espessuras da pena, os arquivos com extensões em DWG/DXF, a gestão de *layers* como organização de objetos em planta e os arquivos com nomes de até 8 caracteres datam do começo da década de 1990 e já se tornaram obsoletos. Atualmente, essas ferramentas podem ser consideradas

inapropriadas, não tanto pelos recursos e comandos de *softwares*, que se atualizam a cada nova versão, mas sim pelo modo de pensá-los e utilizá-los no processo de concepção do projeto.

Infelizmente, continua-se a projetar bidimensionalmente e a raciocinar por meio de plantas, cortes e fachadas, em arquivos individualizados por especialidades de projeto, sem as devidas padronizações, mesmo nos escritórios e núcleos de projeto. Esse comportamento se repete nos dias atuais por meio da adoção de ferramentas mais produtivas e integradas para a compatibilização e troca de informações confiáveis, para todas as especialidades envolvidas no projeto, sem a mudança nos métodos de trabalho e na lógica necessária para lidar com projetos complexos.

Na prática, isso acontece por desconhecimento, omissão e desinteresse. Assim, cada arquivo é desenvolvido segundo critérios próprios de padronização e apresentação de cada escritório e empresa que desenvolve projetos. Mesmo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), relativas à padronização e representação de projetos, é desconhecida ou negligenciada.

O Manual do CAD: diretrizes gerais para intercambialidade de projetos em CAD - integração entre projetistas, construtoras e clientes, publicado pela AsBEA em 2002, que tem como foco a uniformização dos procedimentos sobre a forma de execução e representação gráfica de desenhos, visando à facilitação dos trabalhos de preparação, elaboração, análise e supervisão dos projetos e cadastros, era desconhecido na sua essência, pouco divulgado, não adotado, não ensinado nas instituições de ensino e pesquisa, ou simplesmente ignorado. O referido manual, baseado nos modelos de

normas americanas, canadenses e europeias, tais como *International Organization for Standardization (ISO)* e *American Institute of Architects (AIA)*, propôs uma padronização de *layers*, diretórios, arquivos e a definição de responsabilidades entre todas as atividades de projetos, com o objetivo de ser transformado em normas aprovadas pela ABNT.

Da mesma forma, no novo contexto tecnológico da Plataforma BIM, os padrões dos objetos aplicados nos projetos variam de empresa para empresa e muitas vezes, ainda, os arquitetos criam padrões diferentes para tais objetos dentro de uma única empresa, ajustando apenas alguns requisitos às necessidades do projeto consecutivo. A norma brasileira ABNT NBR 15965¹, primeira norma técnica brasileira para classificação e padronização das informações em BIM, também é pouco conhecida, embora já esteja adaptada às práticas construtivas do nosso país. Além disso, manuais como o guia AS-BEA Boas Práticas em BIM (GTBIM, 2013) e a Coletânea Guias BIM CBIC, que explicam sistematicamente os fundamentos do BIM, objetos e bibliotecas, aspectos relacionados à implementação e benefícios do BIM, fluxos de trabalho e formas de contratação, também são pouco conhecidos e aplicados.

Observa-se que a adoção de uma padronização, seja CAD ou BIM, é uma grande dificuldade para os profissionais e empresas envolvidas na ICC, evidenciando ainda mais os conflitos que impedem a efetividade e a assertividade de todo esforço que envolve a produção e a execução de um projeto, sobretudo, complexo.

A observação de normas e manuais de referência e os parâmetros

¹ O conjunto de Normas Técnicas que reúnem orientações sobre a aplicação da modelagem da informação da construção são: ABNT NBR 15965-1:2011; ABNT NBR 15965-1:2012; ABNT NBR 15965-1:2014; ABNT NBR 15965-1:2015 e ABNT NBR ISO 12006-2:2010.

estabelecidos pelos departamentos e órgãos consultivos municipais facilitariam, inclusive, a leitura, análise e aprovação de projetos.

De qualquer modo, a tecnologia aplicada à ICC está sempre evoluindo, de forma a não ficar restrita à questão da representação gráfica dos produtos projetados sem informação agregada, como na lógica CAD. Com o novo paradigma tecnológico – a metodologia BIM –, a capacidade de processar e representar dados deve se estender para todo o processo do projeto, execução e gestão do empreendimento. É possível também avançar nos métodos de produção da arquitetura, que precisam ser revisados, incorporando-se, por exemplo, a possibilidade de trabalho em rede. Assim, as tecnologias da informação e comunicação tendem a viabilizar, gradualmente, os processos de *design* caracteristicamente complexos, uma questão central para realizar as mudanças esperadas.

Como utilizar as Tecnologias da Informação e Comunicação como média para recriar e transformar o modo como pensamos e praticamos arquitetura? Estamos vivendo um momento em que a arquitetura dos processos é mais relevante que a arquitetura dos objetos? Uma possível resposta a essas questões está em considerar a complexidade como elemento fundamental no processo de design arquitetônico. Acreditamos que a complexidade pode ser um meio de incentivar os arquitetos a abandonar seu tradicional posto de gerentes imperativos – uma atitude “*top-down*”, para trabalhar mais efetivamente em um sistema horizontal, “*bottom-up*”, integrando com os diferentes atores envolvidos no processo de design (RIBEIRO & PRATSCHKE, 2005, p. 4).

Conforme explica Nardelli, a evolução da produção da arquitetura passou por várias transformações.

[...] anteriormente, os edifícios podiam ser entendidos como a materialização de desenhos feitos à mão sobre o papel e, atualmente, devem ser entendidos como a materialização de informações digitais, concebidas, desenvolvidas, executadas e gerenciadas digitalmente e, desse modo, a avaliação de sua qualidade passa pela avaliação da qualidade dos recursos digitais utilizados em sua produção (MITCHELL apud NARDELLI, 2013, p. 4).

Rivka Oxman, em seu artigo *Theory of design in the first digital era* (2006), aponta para o caráter revolucionário das novas metodologias de projeto, capazes de oferecer, para a arquitetura, uma ampla diversidade de alternativas e formas. De fato, segundo o quadro teórico desenvolvido pela autora, essa produção tem tido avanços como “[...] a transição CAD/BIM e a modelagem da forma diretamente em meio digital, a geração de formas através de algoritmos, a concepção formal a partir de variáveis de desempenho e, finalmente, a produção da arquitetura com a utilização coordenada de todos esses recursos” (NARDELLI, 2013, p. 4).

Para Oxman, a abordagem de modelagem fornece um meio rigoroso para uma estruturação abrangente e um mapeamento de possibilidades genéricas de modelos de *design* digital, considerando as várias relações entre o designer, seu conteúdo conceitual, os processos de *design* aplicados e o próprio objeto de *design*. Em seguida, a autora propõe cinco classes paradigmáticas atuais dos modelos de *design* digital: modelos CAD; modelos de formação; modelos generativos; modelos de desempenho; e modelos compostos integrados.

Esses modelos demonstram a sofisticação e evolução crescente da mídia digital de *design*, bem como sua capacidade de funcionar de forma integrada e interativa, seu impacto crescente nos processos de modelagem, concep-

ção e construção, e ainda seu novo papel para o projetista enquanto fabricante de mídia de *design* personalizado.

O novo *designer* tornou-se hábil em manipular as múltiplas formas de dados e imagens, que são convencionalmente representadas nos ambientes atuais do *design* digital. A singularidade do *design* passa a relacionar termos como a integração, morfogênese não formal e formação paramétrica. Assim, apesar de muitos projetos digitais serem caracterizados por sua complexidade formal; a partir desse evento, a complexidade não é mais necessariamente uma característica definidora dos projetos digitais.

Todavia, a despeito da utilização coordenada de todos os recursos digitais disponíveis, a produção da arquitetura depende ainda da capacitação técnica para implementação das sofisticadas tecnologias e métodos, de uma visão sistêmica e do comportamento colaborativo, capazes de promover a superação das barreiras, das mentalidades e das práticas convencionais.

A PLATAFORMA BIM E O PROCESSO CRIATIVO

O *Building Information Model* ou *Building Information Modeling* (BIM) – Modelo/Modelagem de Informações da Construção – representa, em síntese, uma metodologia que utiliza a modelagem da informação para uma simulação integrada.

A metodologia BIM compreende tanto uma perspectiva tecnológica quanto de gestão. Em relação ao aspecto tecnológico, o BIM abrange certos processos de trabalho que, diferentemente dos convencionais, são colaborativos e simultâneos, o que torna o projetista menos operacional, demandando uma formação técnica para a verificação dos resultados obtidos e para a tomada decisões estratégicas nos projetos. Quanto aos aspectos relacionados à gestão, é importante considerar que a implementação e o avanço do BIM dependem, em grande parte, de uma mudança na mentalidade dos profissionais envolvidos, além de um apoio para a coordenação dos projetos desenvolvidos.

Diversos autores compartilham a visão de que o BIM abrange uma representação digital das características físicas e funcionais de um projeto, que pode conter o maior número possível de informações sobre o ciclo de vida da construção. Além disso, envolvendo uma mentalidade e uma filosofia de trabalho capaz de integrar arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de modelos virtuais, o BIM interessa aos múltiplos agentes envolvidos no mercado da construção civil, justamente porque se aplica a todo o ciclo de vida da edificação, do desenvolvimento de projetos a construção, manutenção e demolição ou *retrofit*.

Nesse sentido, as principais áreas de aplicação são: arquitetura, elétrica, hidráulica, comunicações, climatização, segurança contra incêndio e sistemas

de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e automação. Outras áreas como planejamento, orçamento, gerenciamento de obras, sustentabilidade e manutenção também são beneficiadas com projetos em BIM.

Para o investidor, a tecnologia representa a possibilidade de prever prazos e custos, de acordo com o escopo do empreendimento, e de fazer simulações de alterações, considerando os impactos financeiros e produtivos no ciclo da obra. Para os projetistas, significa a oportunidade do desenvolvimento de projetos integrados, compatibilizados, com informações precisas, sem necessidade de retrabalho. Em relação às indústrias de componentes, há possibilidade de haver sincronismo entre a obra e o uso do modelo como base para componentes fabricados. Para as imobiliárias, é possível utilizar o modelo BIM para a demonstração de seus produtos por meio de passeios virtuais.

Além desses benefícios, no planejamento e execução, o BIM permite obter um cronograma detalhado, realista e visual, além do acompanhamento virtual do progresso da construção. Os trabalhos operativos e manuais podem ser substituídos por levantamentos de quantitativos automáticos e detalhados.

ORIGENS E CONCEITOS DE DESENHO E MODELAGEM PARAMÉTRICOS

A arquitetura contemporânea é, muitas vezes, representada por geometrias complexas e personalizáveis, cuja demanda impulsionou as técnicas e ferramentas digitais, que, devido à precisão e à qualidade, são usadas para criar, analisar, modificar e replicar rapidamente os modelos.

Nesse contexto, os parâmetros utilizados, tais como restrições, relações

entre entidades geométricas e suas dimensões e formas, determinam, por meio de algoritmos que geram o modelo desejado, a relação entre o projeto e sua solução. Tudo isso pode ocorrer por meio da plataforma BIM, associando *plugins* e *softwares* paramétricos.

Um importante ponto de partida para ingressar no mundo da tecnologia BIM é o entendimento sobre a origem e evolução do próprio desenho paramétrico, a definição de seus objetos e os conceitos relacionados à modelagem paramétrica.

O desenho paramétrico tem uma longa história no âmbito da matemática. Em 1837, James Dana já utilizava modelos matemáticos paramétricos para desenhar figuras de cristais (figura 01).

Quando usado por Dana ou por matemáticos hoje, os parâmetros paramétricos significam o que a Enciclopédia Concisa de Matemática chama de um “[...] conjunto de equações que expressam um conjunto de quantidades como funções explícitas de várias variáveis independentes, conhecidas como ‘Parâmetros’” (WEISSTEIN, apud DAVIS, 2013, p. 2.).

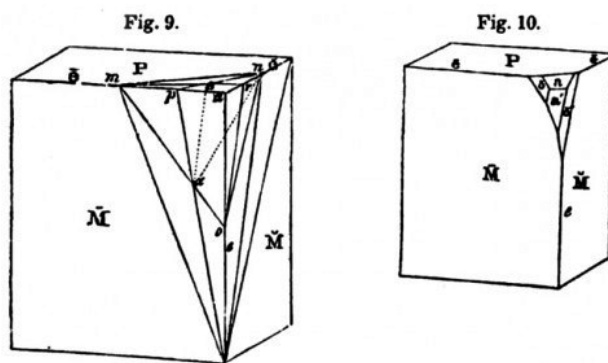


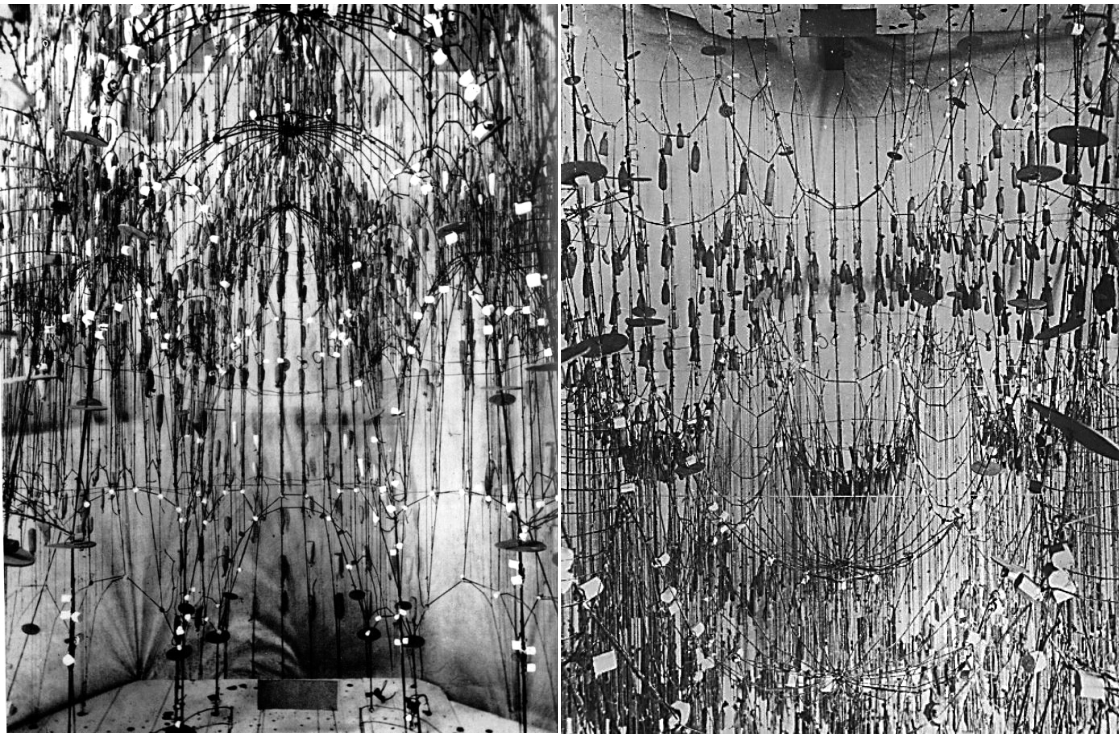
Figura 01. Modelos tridimensionais de cristais, 1837, James Dana.

No início do século XIX, surgiram outros exemplos de experimentos paramétricos, que envolveram a geometria espacial. John Leslie, em seu livro *Geometrical Analysis and Geometry of Curve Lines* (1821), comprovou a similaridade de curvas catenárias usando círculos paramétricos; e Samuel Earnshaw escreveu o artigo *On the Nature of the Molecular Forces which Regulate the Constitution of the Luminiferous Ether* (1839), que trata de superfícies paramétricas hiperbólicas deformadas por linhas de força (DAVID, 2013).

Contudo, um dos primeiros esforços conhecidos para encontrar uma solução de arquitetura de modelagem paramétrica deve-se aos estudos de Antonio Gaudí sobre novas formas de arco. Em vez de usar o computador ou algoritmos codificados, o arquiteto catalão usou a gravidade, pendurando pesos, saquinhos cheios com chumbos de caça, em diferentes pontos de uma corda presa em uma caixa rígida. Ao mudar as posições dos pesos, alterava a forma da corda e obtinha a melhor configuração para suportar as cargas estruturais, tendo assim projetado as curvas paramétricas catenárias e paramétricas paraboloides hiperbólicos.

Com esse experimento, Gaudí projetou a cripta da colônia Güell, Santa Coloma de Cervelló, em Barcelona, determinando as cargas atuantes em arcos e abóbodas (figuras 02, 03 e 04).

Tendo em vista que Gaudí deixou poucos escritos, não se pode afirmar que ele teria sido influenciado pelos cientistas e matemáticos que usaram equações paramétricas para definir elementos geométricos. O que se sabe é que o curso que Gaudí frequentou incluía, entre outros, matemática avançada, física geral, ciências naturais e geometria descritiva. Assim sendo, a compreensão da matemática é subjacente à sua arquitetura, que consiste qua-



Figuras 02 e 03. Estudos de cargas estruturais para a *Cripta Güell*, 1898, Barcelona, Antonio Gaudí.

se basicamente em superfícies – helicoides, paraboloides e hiperboloides - associadas parametricamente a linhas, proporções e arcos da catenária (BURRY & BURRY, apud DAVIS, 2013, p. 3). *“Comparado ao uso anterior de equações paramétricas por cientistas e matemáticos, a principal inovação do modelo de correntes suspensas de Gaudí é que ele calcula automaticamente os resultados paramétricos”* (DAVIS, 2013, p. 4).

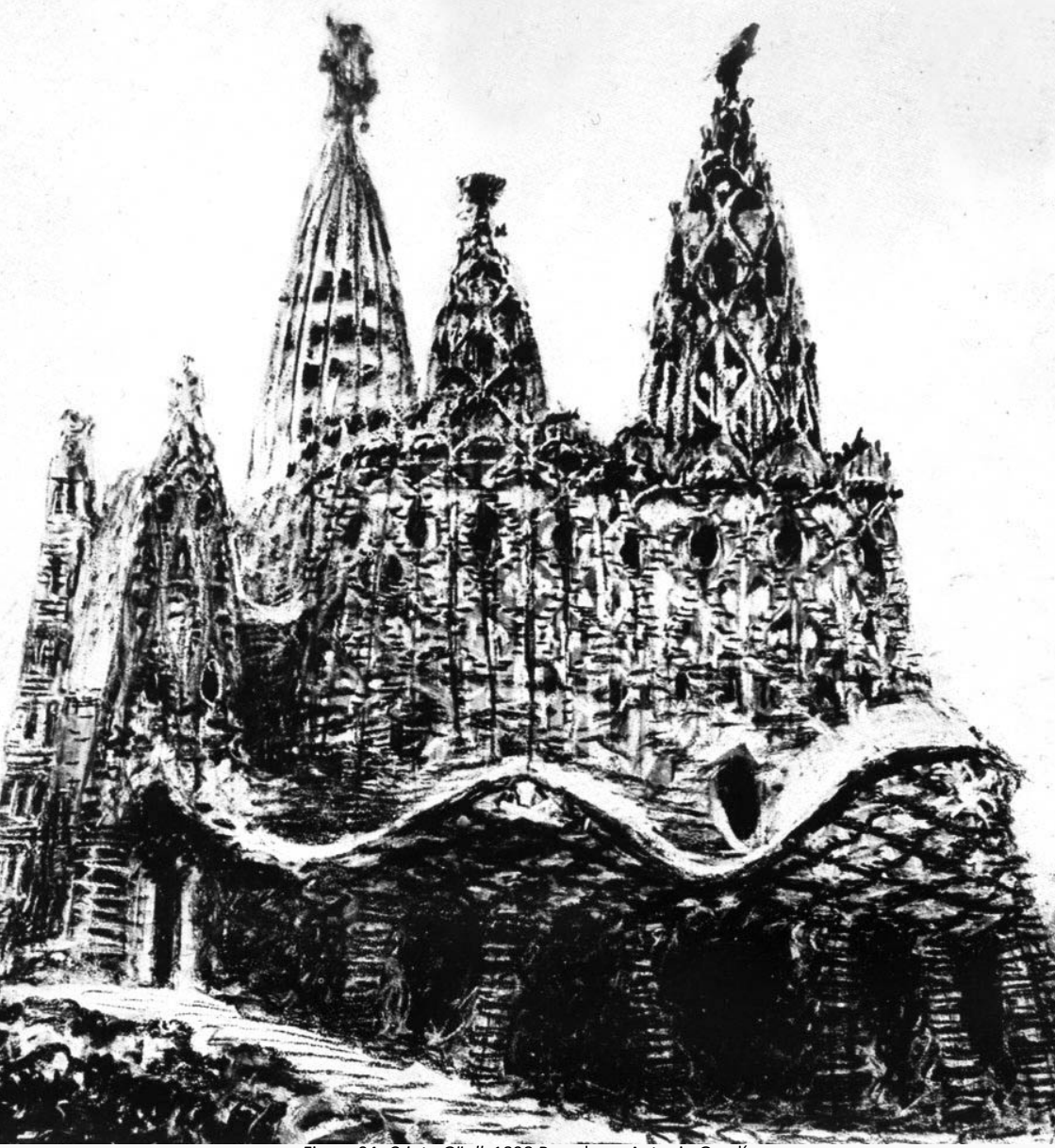
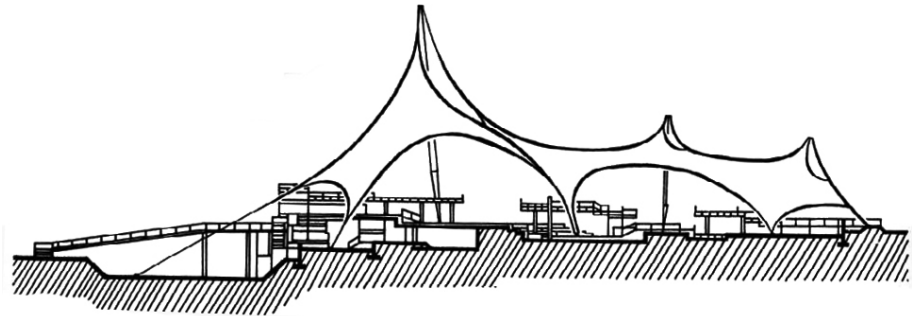


Figura 04. *Cripta Güell*, 1898, Barcelona, Antonio Gaudí.



Figuras 05. Desenho para o Pavilhão da Alemanha na Expo 67, Montreal, Frei Otto.

O método de Gaudí foi aprimorado pelo arquiteto alemão Frei Paul Otto, conhecido por suas estruturas tensionadas e por seus estudos de processos físicos como simulações e geradores de desenho para encontrar a forma estrutural e esteticamente adequada. Em 1967, juntamente com Rolf Gutbrod, projetou o Pavilhão da Alemanha para a Exposição Universal de 1967, em Montreal (figuras 05, 06 e 07).

Mark Burry, em seu artigo *Antoni Gaudí and Frei Otto: essencial precursors to the Parametric Manifesto* (2016), além de considerar o primeiro um geômetra e pensador paramétrico, qualifica ambos de proto-paramétricos.

O meio da carreira de Gaudí (por volta de 1900 a 1914) apresenta importantes semelhanças com o trabalho emergente do Otto's Studio (especialmente nas décadas de 1960 e 1970), particularmente na maneira como os dois usavam 'modelos flexíveis' para trabalhar com a 'liberdade' (BURRY, 2016, 33).



Figura 06. Vista do Pavilhão da Alemanha na Expo 67, Montreal, Frei Otto.



Figura 07. Planta do Pavilhão da Alemanha na Expo 67, Montreal, Frei Otto.

Assim como Gaudí e Otto usaram as leis físicas para acelerar o cálculo de equações paramétricas, Ivan Edward Sutherland procurou usar computadores para acelerar o cálculo de qualquer parâmetro da equação, com o objetivo de estabelecer um diálogo entre o homem e o computador. Pioneiro na relação homem-computador, Sutherland criou, em 1963, o *Sketchpad* (figura 08), programa considerado o antecessor do *Computer-Aided Design* (CAD) (DAVIS, 2013).

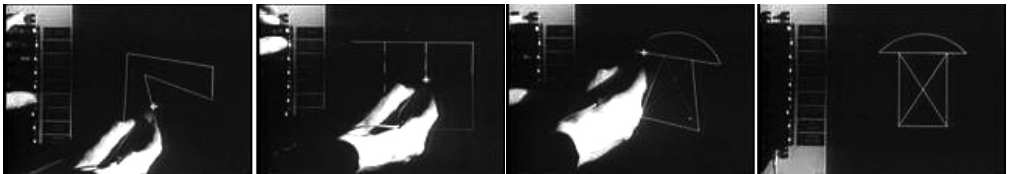


Figura 08. *Sketchpad*, programa de computador escrito por Ivan Sutherland em 1963.

Um exemplo de projeto arquitetônico desenvolvido a partir de um raciocínio paramétrico sem o uso da computação é o Pavilhão da Philips para a Feira Mundial de Bruxelas, realizada em 1958. Desenvolvido por uma ampla equipe coordenada por Le Corbusier e o engenheiro e músico Iannis Xenakis, o projeto era destinado à projeção de um espetáculo experimental audiovisual: a música, com maior ou menor intensidade, deveria acompanhar os visitantes em seu passeio no interior do pavilhão (figuras 09, 10, 11 e 12).

Seguindo um esquema em forma de curva delineado por Le Corbusier, Xenakis propõe o uso de oito superfícies reguláveis produzidas pelo movimento no espaço de uma linha reta como gerador geométrico, para cobrir a superfície de 500 m² necessária para um sistema construtivo composto por painéis pré-fabricados de concreto para obter paredes curvas com peças retas (ALVARADO & MUÑOZ, 2012, p. 110)

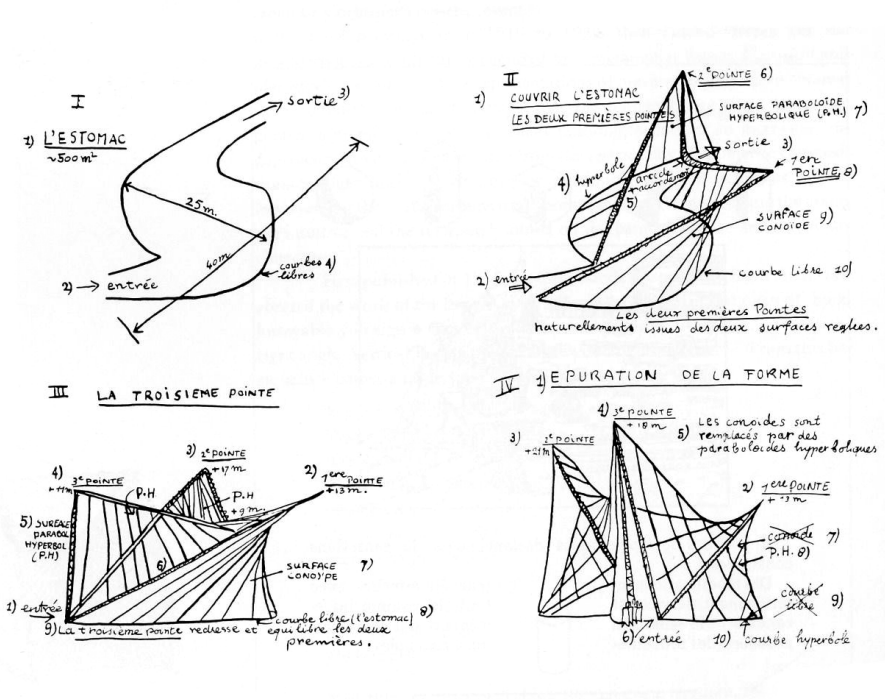


Figura 09. Estudos para o Pavilhão Phillips, 1958, Le Corbusier e Jannis Xenakis.

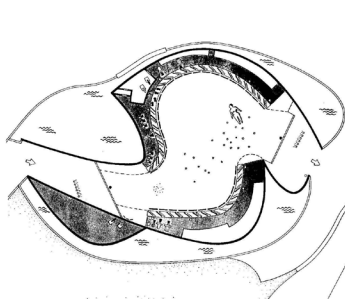


Figura 10. Planta do Pavilhão Phillips, 1958, Le Corbusier e Jannis Xenakis.

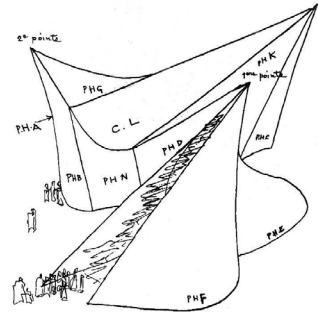


Figura 11. Desenho de Le Corbusier, Pavilhão Phillips, 1958.



Figura 12. Pavilhão Philips, Feira Mundial de Bruxelas, 1958, Le Corbusier e Iannis Xenakis.

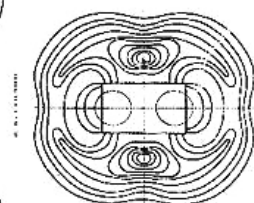
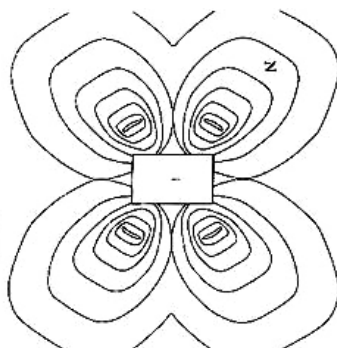
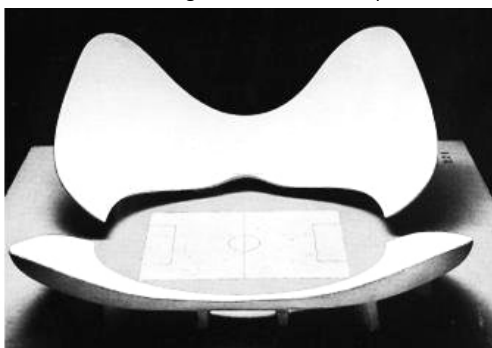


Figura 13. Modelo do M Soccer Stadium, exibido na exposição *Parametric Architecture*, XII Trienal de Milão, 1960, Luigi Moretti.

Alguns autores argumentam que o uso dos modelos paramétricos em *design* e arquitetura não assistidos por computador deveu-se ao trabalho do arquiteto italiano Luigi Moretti (BUCCI & MULAZZANI, 2000). Embora não tenha sido construído, o *M Soccer Stadium* (figura 13) representou uma experimentação no campo da arquitetura paramétrica. Apesar de tenha deixado muitos escritos sobre o tema e também muitas obras arquitetônicas importantes, seu nome ficou marcado por sua colaboração profissional com o regime fascista imposto por Benito Mussolini.

Um dos pioneiros no uso de computadores para gerar formas arquitetônicas foi Greg Lynn, que se destacou pela realização de projetos com base em formas arquitetônicas irregulares e biomórficas. Lynn escreveu vários ensaios sobre essas ideias, entre os quais *Architectural Curvilinearity* (1993), em que anuncia a era das formas redondas e superfícies lisas e intrincadas, que floresceram durante a segunda metade da década de 1990 e até hoje são vistas como a expressão visível de produção digital em arquitetura. No livro *Animate Form* (1999), discorreu sobre o uso de *softwares* de animação e *motion graphics* para *design*. Na *Any Magazine*, publicou *Blobs, or Why Tectonics is Square and Topology is Groovy*, como parte do *Folds, Bodies & Blobs: Collected Essays*. Posteriormente no livro *Greg Lynn form* (2008), editado por Mark Rappolt, incluiu várias contribuições de seus colegas, colaboradores e críticos. Juntamente com Hani Rashid, Jesse Reiser e Stan Allen, quando lecionava no *Paperless Studios*, foi um dos primeiros professores a explorar o uso da tecnologia digital para o projeto e construção de edifícios.

Juntamente com Mirko Zardini, Lynn publicou o *Archaeology of the Digital*: Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoei Yoh (2013),

livro que investiga a gênese e o estabelecimento de ferramentas digitais para conceituação, visualização e produção do *design*, entre o final de 1980 e início de 1990. Concebida como uma pesquisa baseada em quatro projetos fundamentais, que estabeleceram direções distintas no uso de ferramentas digitais da arquitetura, a obra destaca o diálogo entre as ciências da computação, arquitetura e engenharia, que estavam no centro desses experimentos.

Fundada pelo matemático Samuel Geisberg como *SPG Consulting Corporation* (1985), em 1988, a *Parametric Technology Corporation* (PTC), lançou o primeiro *software* de modelagem paramétrica com apelo comercial. O objetivo era criar um sistema flexível que permitisse a realização de uma variedade de projetos, cujas alterações pudessem ser feitas com o menor custo possível. “Além disso, o CAD/CAM tradicional, o *software* da época, restringia, de maneira irrealista, as mudanças de baixo custo apenas ao final do processo de projeto” (TERESKO, 2004, s. n.)²

Em 1993, a *Gehry Partners* contratou Rick Smith, consultor da *International Business Machines* (IBM) e especialista no programa de renderização de precisão, por meio do *Computer Aided Three-dimensional Interactive Application* (Catia).

Com isso, foi possível projetar formas geométricas desafiadoras e inusitadas, por exemplo, o *Golden Fish* (1986-87), em Barcelona (figuras 4, 15 e 16), e o *Guggenheim Museum* (1997) em *Bilbao* (figuras 17 e 18), cujos projetos inauguraram, na *Gehry Technology*, o uso intensivo da modelagem paramétrica.

² *Lewis House* (1989–95), de Frank Gehry; *Biozentrum* (1987), de Peter Eisenman; *Odawara Sports Complex* (1990–91), de Shōei Yoh; *Expanding Sphere* (1992), de Chuck Hoberman.

Para o *design* da instalação em forma de peixe em escala arquitetônica, foi usado o *software* Catia, que, desenvolvido pela *Dassault Systems*, vinha sendo aplicado ao projeto de carros e aeronaves. Como os modelos físicos ocupam um lugar importante no processo de projeto de Gehry, cujo objetivo é o de incentivar os *designers* a se afastarem da geometria ortogonal, os programas de computador combinaram a representação digital das demandas do sistema construtivo com os experimentos com formas não convencionais.

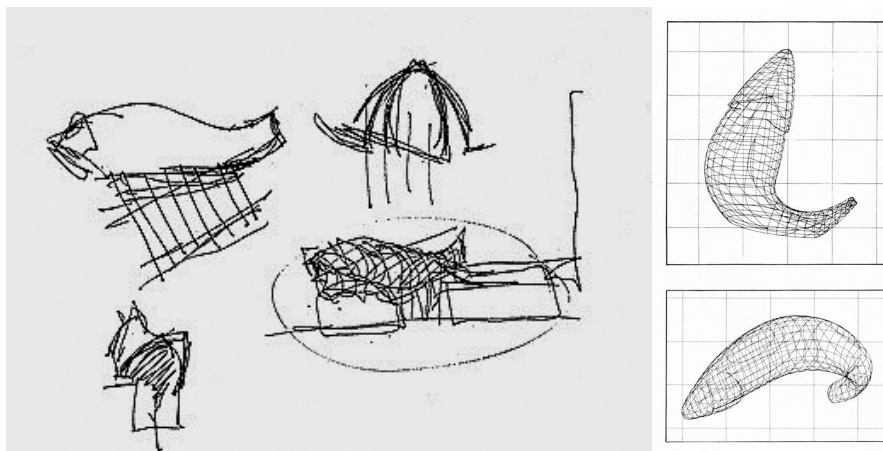


Figura 14. Croquis para o *Golden Fish*, Barcelona, Frank Gehry.

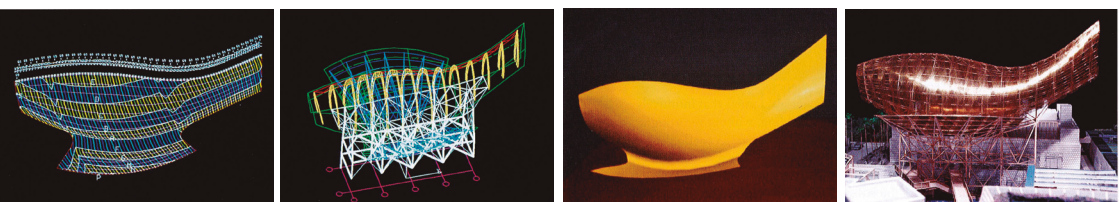


Figura 15. Desenhos e modelos digitais 3D, *Golden Fish*, Barcelona, Frank Gehry.



Figura 16. Vista do *Golden Fish*, Barcelona (1992), Frank Gehry.

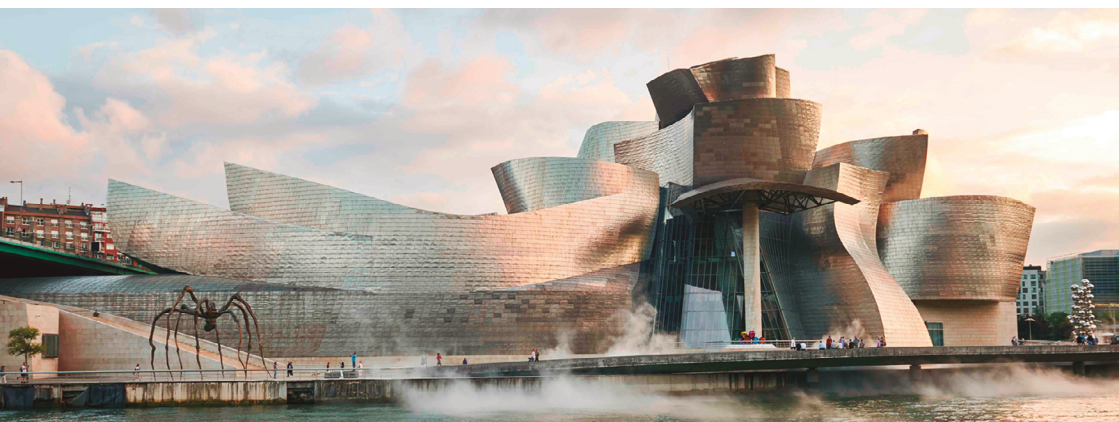


Figura 17. *Guggenheim Museum*, Bilbao, Frank Ghery.

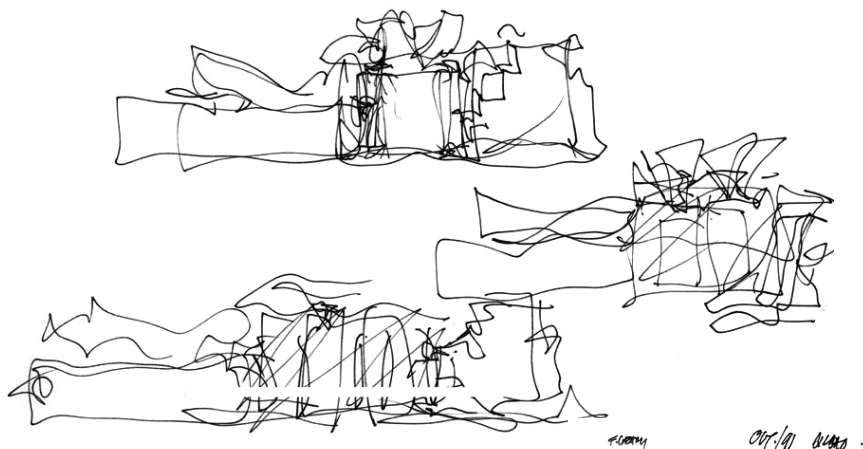


Figura 18. Croquis para o *Guggenheim Museum*, Bilbao, Frank Gehry.

Por seu carácter orgânico e sua variedade, a natureza tem servido de inspiração para o parametrismo, sendo que a exploração de suas múltiplas possibilidades pode ser programada de forma inteligente. É o caso, por exemplo, do projeto *King Abdullah Petroleum Studies and Research Center* (Kapsarc), na Arábia Saudita, realizado pelo escritório de Zaha Hadid, cujo foco foi a criação de uma forma orgânica como meio de demonstrar as preocupações ambientais. O partido teve como inspiração as estruturas celulares encontradas nas formas cristalinas do deserto de Riyadh (figuras 19, 20, 21 e 22).

Este centro de investigação é considerado um catalisador, que ajuda a formar o futuro energético, dando à Arábia Saudita o papel de fornecedor de energia sustentável. O projeto de Zaha Hadid reflete o compromisso com a sustentabilidade ambiental e servirá de exemplo de adaptação ao ambiente envolvente: a forma e orientação das estruturas celulares foi pensada para que estas protejam os espaços interiores do sol enquanto captam o vento fresco. (BRITO, 2018, p. 122).



Figuras 19 e 20. Modelagens do King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (Kapsarc), Arábia Saudita, 2010, Zaha Hadid Architects.



Figuras 21 e 22. Formas cristalinas do deserto de Riad.

Patrik Schumacher, principal integrante da equipe de Zaha Hadid e responsável pelo manifesto *Parametricism as style* (2008)³, assim se pronunciou sobre as novas possibilidades dos projetos de arquitetura assistidos por computador.

Quando se trata da introdução do CAD, mas também de ferramentas de modelagem 3D e de renderização, tivemos um enorme salto de produtividade. Como o BIM e assim por diante, mas mesmo para o desenho *front-end* que é uma tarefa central, houve enormes ganhos de produtividade [...] no final não perdemos, mas sim, ganhamos pessoas e a disciplina não tem diminuído porque essa produtividade avança. Elas [as ferramentas] existem não para tornar arquitetos redundantes, elas possibilitaram um serviço e produto muito mais avançado (SCHUMACHER, 2019, s.n.).

O parametricismo é o único estilo contemporâneo totalmente compatível com os avanços empoderados de engenharia computacional dos últimos anos. A otimização e adaptação de granulação fina de sistemas estruturais para incorporar diferenciações levará à redução de tonelagem e custo. Similarmente, a adaptação diferenciada da forma de construção, perfurações e elementos de sombreamento a parâmetros ambientais como exposição ao sol, vento e chuva, levarão à eficiência nos custos de operação e economia de material nos sistemas. A suposição aqui é que, uma vez que os investimentos atuais na produção de fábricas e robótica tenham sido generalizados, a complexidade geométrica vem quase de graça, ao mesmo tempo em que proporciona economia de material. Atualmente, estamos olhando para a pré-fabricação modular para construção de casas no segmento de *co-living*, e nossa ideia é trabalhar com módulos ou unidades parametricamente variáveis ao invés de rigidamente seriadas (SCHUMACHER, 2019, s.n.).

³ O manifesto propõe cinco agendas: 1. inter-articulação de subsistemas, ou seja, mudança do sistema único para a associação de vários sub-sistemas, sendo que qualquer diferenciação em um deles está correlacionada a diferenciações nos demais; 2. acentuação paramétrica, aprimoramento do senso geral de integração orgânica, por meio de correlações complexas, que favoreçam a amplificação do desvio, em vez de adaptações compensatórias ou melhoradoras; 3. figuração paramétrica, configurações complexas latentes, com múltiplas leituras, podem ser construídas como um modelo paramétrico, que pode ser configurado para que as variáveis sejam sensíveis à Gestalt; 4. responsividade paramétrica, os ambientes urbanos e arquitetônicos devem ser projetados com uma capacidade cinética incorporada, permitindo que se reconfigurem e se adaptem em resposta aos padrões predominantes de uso e ocupação; 5. urbanismo paramétrico, reconhecimento de que a modulação sistemática das morfologias dos edifícios produz efeitos urbanos poderosos, que facilitam a orientação. (Tradução e resumo da autora)

<https://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20style.htm>

Diante das inúmeras possibilidades geradas a partir do desenho paramétrico, podemos considerar que, para um edifício a ser projetado, o BIM está relacionado a um conjunto de informações geométricas, que definem a forma ou volumetria dos objetos, e não geométricas, que se referem a toda informação funcional e técnica, que, na forma de especificações, é incluída como parâmetros associados a esses objetos, viabilizando a modelagem rápida e precisa da arquitetura. Com isso, é possível alterar parâmetros relativos à geometria de um objeto, por exemplo, uma esquadria, gerando outro objeto, com dimensões, materiais, acabamentos e um número enorme de especificações técnicas diferentes do original.

Todos esses fatores têm um impacto direto na economia de tempo, uma vez que o projetista não precisa redesenhar diversos padrões, linhas, polilinhas e formas geométricas, limitando-se apenas a inserir objetos e modelar suas propriedades básicas. Além disso, existe a possibilidade de promover variações e uma redução significativa de erros durante a fase do projeto, o que é uma vantagem considerável.

A modelagem paramétrica baseada em objetos não os representa por meio de geometrias e propriedades fixas. Eastman explica que, ao contrário, esse tipo de modelagem representa objetos por meio de parâmetros específicos, que determinam a sua geometria e, simultaneamente, as propriedades não geométricas, o que possibilita as mudanças, atualizações e a variabilidade dos objetos de acordo com a intenção do projetista.

Assim, o desenvolvimento de objetos paramétricos é algo inerente à modelagem paramétrica no processo projetual, a qual, impulsionada pelos recentes avanços da tecnologia digital, baseia-se no uso de algoritmos como método de projeto.

O algoritmo pode ser definido como um conjunto de procedimentos preci-

sos e finitos para solucionar um determinado problema. Ao mostrar passo a passo os procedimentos necessários para a resolução de uma tarefa, consiste basicamente em uma receita para atingir o produto final.

Embora haja divergências sobre a origem da palavra algoritmo, a mais difundida deve-se ao matemático, astrônomo e geógrafo persa Mohamed iben Musa Al-Khwarizmi, que, no século IX, foi integrante da Casa da Sabedoria de Bagdá. Suas obras foram traduzidas no Ocidente no século XII, sendo que uma delas, que trata do sistema de numeração decimal, recebeu o título de *Algorithmi de numero indorum*⁴. O nome al-Khwarizmi, devidamente latinizado, primeiro foi associado ao sistema de numeração e, depois, ao conceito moderno de algoritmo.

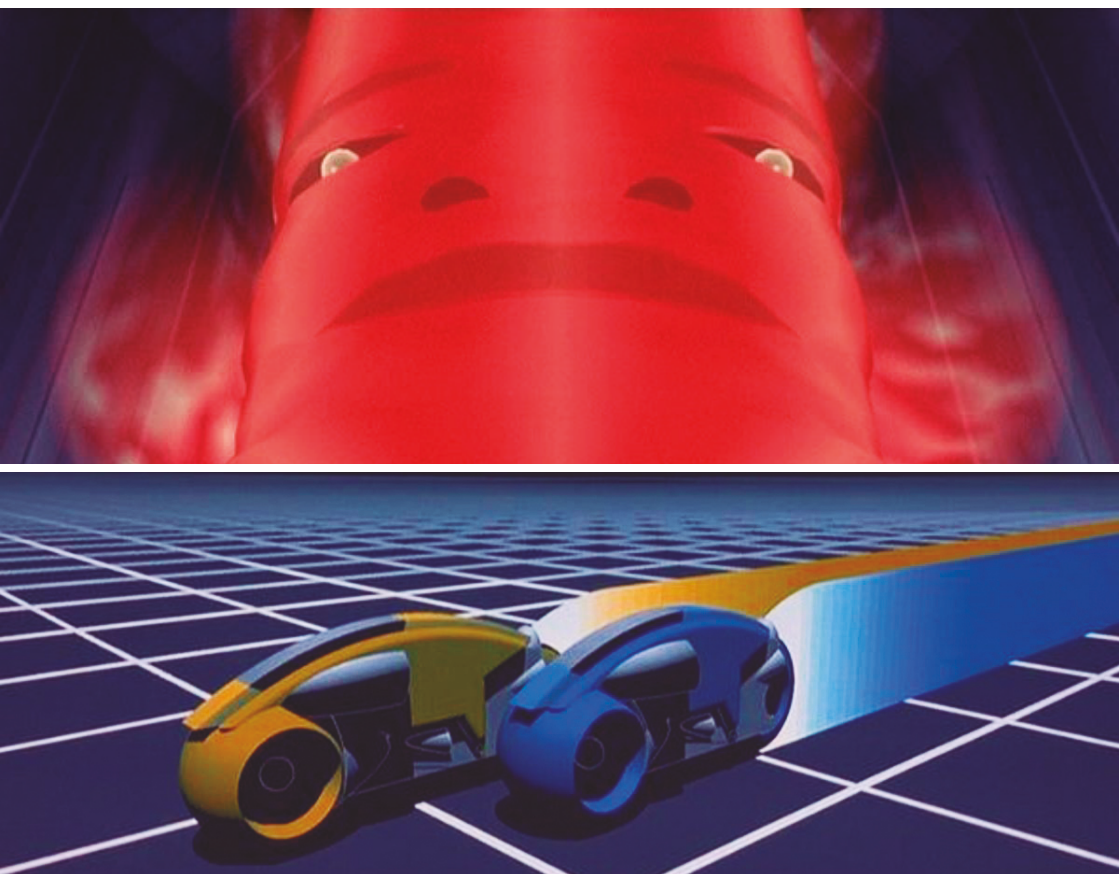
O algoritmo é aplicado atualmente em diversas áreas, como as engenharias e a administração de empresas, entretanto é relativamente recente no design e na arquitetura, sendo que alguns modelos de seu uso podem ser observados, por exemplo, nas obras de Frank Gehry, Zaha Hadid e Norman Foster.

Assim, na busca por geometrias de grande complexidade, a modelagem paramétrica tornou-se uma ferramenta importante no processo criativo. Aos poucos, agregando novas tecnologias aos métodos projetuais existentes, ela permite a criação e construção de diferentes modelos, em um curto período de tempo, sem que o arquiteto precise recomençar o processo de criação do zero. Dessa forma, é possível associar um design arquitetônico complexo à produção industrializada.

Para alcançar esse patamar de visualização e desempenho de projetos ar-

⁴ Existem três textos, em latim, que podem ser traduções do tratado de aritmética de al-Khwarizmi. O *Liber Algorismi de pratica arismetrice* (o Livro de Algorismo sobre a aritmética prática), escrito por João de Sevilha, um judeu espanhol convertido ao catolicismo que trabalhou em Todelo de 1135 a 1153. O *Liber Ysagogarum Alchorismi in artem astronomicam* (Introdução de Algorismo sobre a arte da astronomia), do qual se conhecem várias cópias, uma datada de 1143; e ainda, uma outra tradução, do século XIII, sem título, que se encontra na Biblioteca da Universidade de Cambridge, publicada por Boncompagni, em 1857, com o título *Algorithmi de numero indorum* e que inicia com as palavras *Dixit Algorismi* (ou seja, Algorismo disse).

quitetônicos, a modelagem paramétrica 3D também percorreu um longo caminho. Um dos marcos desse tipo de representação, iniciado na década de 1960, foi o desenvolvimento da habilidade de materializar um conjunto fixo de formas poliédricas, o que conduziu ao primeiro filme – *Tron* (1982) – inteiramente realizado com recursos da computação gráfica (figuras 23 e 24).



Figuras 23 e 24. Cenas do filme *Tron* (1982).

Nesse período, foram desenvolvidas e utilizadas duas formas de modelagem de sólidos: a representação por fronteiras – Boundary representation (B-rep) – e a geometria construtiva sólida – Constructive Solid Geometry (CSG). A representação B-rep definia, por meio de operações booleanas, formas poliédricas, associando inclusive operações simplificadas de chanfros, cortes e furos em faces selecionadas (figura 25). Assim, as formas de edição combinadas permitiram a configuração de um volume por associação de faces editadas.

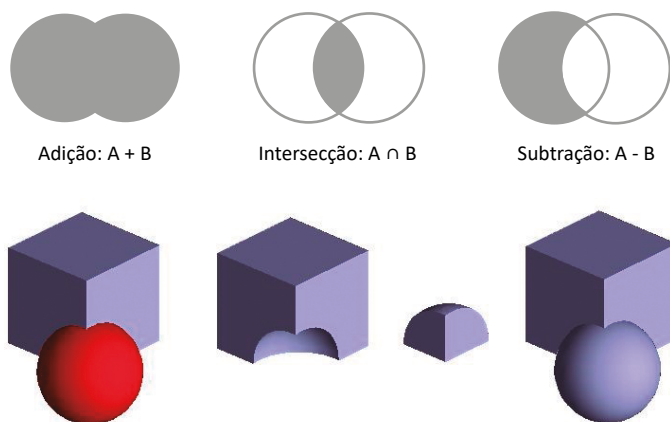


Figura 25. Exemplo esquemático de desenhos e operações booleanas.

A primeira geração de modeladores B-Rep representava objetos sólidos apenas por tabelas de faces, arestas e vértices. Isso significa que somente era possível trabalhar com faces planas, enquanto as superfícies curvas eram modeladas por facetamento ou aproximação linear. Depois, houve a inclusão de entes geométricos como cilindros, cones e objetos mais complexos.

A CSG tinha uma estrutura mais complexa de operações e métodos para avaliar a forma final. Os modelos gerados nesse processo, tais como paralelepí-

pedos, cones, esferas e sólidos de extrusão e revolução, representam uma árvore binária integrada por objetos primitivos e operadores booleanos, sendo que os ramos correspondem aos objetos primitivos, os nós aos complexos e a raiz ao produto final (figura 26).

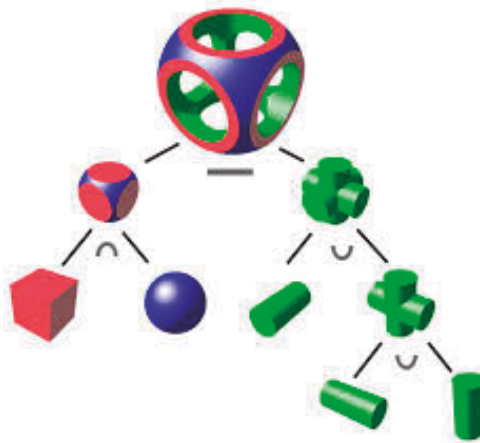


Figura 26. Árvore binária CSG do elemento R.

Seguindo essa lógica, observa-se que os sistemas de representação 3D para modelagem de sólidos são sustentados por dois tipos de informações: a geometria espacial e a topologia. Outros fatores que influenciaram a evolução de tais representações incluem a percepção e a representação do centro de gravidade dos modelos, a área precisa das superfícies, dos momentos de inércia, do peso, da densidade, entre outras propriedades, que atualmente contribuem para a utilização desses modelos na indústria da construção.

Isso quer dizer que a modelagem 3D ainda era incipiente: não existiam algoritmos de visualização eficientes para a representação, e o hardware gráfico

estava em desenvolvimento, buscando alcançar, cada vez mais, objetos e paisagens realistas. Mais tarde, esses dois métodos foram fundidos em um processo de modelagem híbrida, que combinou as vantagens de cada sistema para a confecção de um modelo tridimensional.

Outro sistema interessante é o *Features Modeling*, baseado na ideia de desenhar com blocos mais específicos e úteis para a aplicação nos diversos projetos. Ou seja, uma modelagem com uma biblioteca extensível, que permite a criação de novas e diferentes formas, sendo, portanto, mais adaptável às demandas dos usuários.

Essa mesma lógica se faz presente na modelagem sólida paramétrica que, composta por uma bidirecionalidade com algumas alterações em função da complexidade do modelo, pode levar até mesmo à sua reconstrução, caso ele tenha sofrido alterações sucessivas. Outros tipos de modelagem poderiam também ser contextualizados historicamente. Entretanto o essencial é que o projetista defina o que quer e, em seguida, o melhor método para alcançar o modelo adequado. Por exemplo, nas análises volumétricas, de massa e cálculos, os dados necessários podem ser melhor obtidos por meio da modelagem de sólidos, enquanto que, para a construção de terrenos, superfícies complexas e protótipos, a melhor opção talvez seja a modelagem de superfícies.

Além disso, entre o final de 1970 e o início de 1980, a modelagem dos edifícios, baseada em sólidos 3D, foi desenvolvida nos sistemas de CAD, em especial para o segmento aeroespacial, que já utilizava os benefícios potenciais da tecnologia visando aos processos de automação em fábrica e à capacidade integrada de análise. Na indústria da construção, o foco

estava nos projetos de construção, elétricos e produtos mecânicos.

Enquanto isso, no caminho de evolução da representação 3D, a indústria cinematográfica buscava talentos para produzir, cada vez mais, cenas complexas e verossímeis. Com o desenvolvimento das tecnologias de realidade virtual, a partir da década de 1990, a empresa NVIDIA começou a contratar desenvolvedores para produzir *hardwares* gráficos 3D para computadores pessoais, os IMB PCs.

Para o segmento da arquitetura, cabe destacar nesse período, por exemplo, o desenvolvimento de programas de simulação de iluminação natural e artificial. É o caso do programa *Radiance*, que, capaz de gerar imagens de estudos de iluminação bastante realistas, começou a ser desenvolvido, em 1984, no *Lawrence Berkeley Laboratory*, com o propósito de simular a luz natural (figura 27).

A informatização contribuiu sobremaneira para o processo de representação de projetos de arquitetura, viabilizando o trabalho com modelos tridimensionais digitais, que, por sua vez, ajudam os projetistas na compre-



Figura 27. Ferramenta de simulação de iluminação *Radiance*.

ensão e análise espacial de formas com diversos padrões, sejam volumes, esquadrias, vãos ou espaços internos e externos. Embora o processo de concepção tenha sido potencializado, essa possibilidade complementa e não descarta o uso da maquete volumétrica física para a definição do partido arquitetônico. Além disso, há a possibilidade de associar, com mais rapidez, os estudos e simulações de iluminação natural, artificial e de ventilação com altos níveis de confiabilidade.

NOVAS TECNOLOGIAS DE MODELAGEM PARAMÉTRICA

Outros exemplos do uso dos conceitos de modelagem *Nurbs* para construir geometrias variadas, apenas alterando os parâmetros gerais de objetos, como largura, comprimento, altura e espessura, são demonstrados nas figuras 30, 31, 32, 33, 34 e 35. Exemplos arquitetônicos podem ser observados nas figuras 36, 37 e 38.

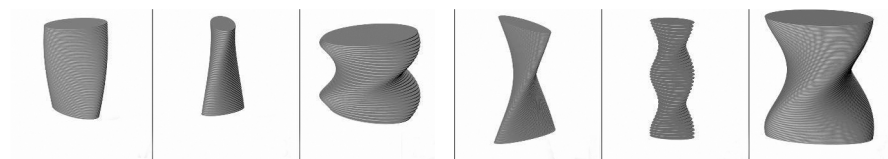


Figura 30. Torres com torção. Fonte: Douglas dos Santos.

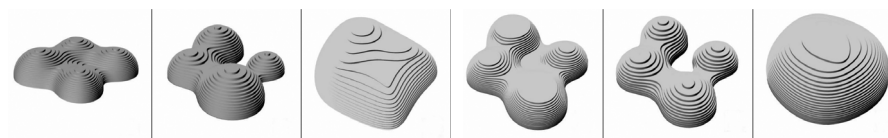


Figura 31. Volumetrias com algoritmo *Metaball*. Fonte: Douglas dos Santos.



Figura 32. Mobiliários paramétricos. Fonte: Douglas dos Santos.



Figuras 33, 34 e 35. Mobiliário paramétrico.



Figura 36. *Revolution Tower*, Panamá.



Figura 37. *Turning Torso*, Malmö, Suécia.



Figura 38. *Shanghai Tower*, China.

Diversos métodos e ferramentas para fabricação em massa e a prototipagem rápida poderiam ser estudados, mas o importante é que o estudo de procedimentos de modelagem paramétrica em projetos introduza novas tecnologias digitais. Desde que sejam incorporadas essas recentes tecnologias às práticas profissionais, isso leva a uma amplitude não somente de diretrizes de projeto como também de fabricação e construção.

Nesse sentido, Kolarevic, em seu artigo *Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age. Modeling and Fabrication* (2001), explica que:

A era da informação, como a era industrial anterior, desafia não apenas como projetamos edifícios, mas também como os fabricamos e construímos. No âmbito conceitual, arquiteturas computacionais e digitais do espaço geométrico topológico, não euclidiano, cinético e dinâmico, sistemas e algoritmos genéticos estão suplantando arquiteturas tecnológicas. Os processos de *design* digitalmente caracterizados por transformações dinâmicas, abertas e imprevisíveis, mas consistentes, de estruturas tridimensionais, estão dando origem a novas possibilidades arquitetônicas (KOLAREVIC, 2001, p. 269. Tradução da autora).

A contextualização acerca da modelagem paramétrica indica que a principal pergunta referente aos novos processos de trabalho e modelagem em BIM não é mais “o que fazer”, e sim “como fazer”, o que reflete a lógica dessa tecnologia, segundo a qual as propriedades de um determinado elemento poderiam ser controladas de acordo com parâmetros e regras, configurando ou construindo uma geometria.

Desse modo, observa-se que a modelagem paramétrica baseada em objetos impulsionou a difusão e aceitação do BIM no segmento da indústria da construção, facilitando a produção de modelos digitalmente legíveis, cujas capacidades ainda estão sendo gradualmente descobertas e aplicadas.

Atualmente, a modelagem paramétrica baseada em objetos conta com uma geração de ferramentas BIM no campo da construção, que inclui programas, produtos associados e ferramentas que, criadas por empresas como a *Autodesk*, *Bentley*, *Graphisoft*, *Gehry Technology* e *Tekla*, têm como objetivo construir os modelos e outros recursos, que podem ser definidos e contro-

lados de acordo com certos parâmetros hierarquizados em níveis.

VISÃO GERAL SOBRE IMPLANTAÇÃO E USO DO BIM NO BRASIL

Embora a implantação do BIM seja um caminho promissor para alcançar práticas completamente integradas, para as empresas, sobretudo as brasileiras, isso ainda é um desafio. Por um lado, há a necessidade de utilizar diversos *softwares* para abarcar as possibilidades da tecnologia BIM, por outro, é preciso lidar com as fragilidades do processo de projeto, que constituem uma barreira para o desenvolvimento de habilidades capazes de suportar tais práticas.

Contribuem para a subutilização do BIM, no Brasil, alguns fatores, tais como: a precariedade do suporte governamental; a falta de alinhamento entre profissionais para a difusão da tecnologia; a equivocada percepção de que o BIM é feito apenas para produzir modelos tridimensionais extravagantes; a dificuldade de coordenação e colaboração entre diferentes disciplinas; e os custos iniciais de implementação, referentes a licenças, treinamentos e/ou contratação de especialistas. Embora seja imprescindível para a realização de projetos geometricamente complexos, o BIM também é adequado aos estudos de massas, projetos preliminares e mesmo para projetos de função mais simples.

Portanto, o BIM pode ser considerado um modelo virtual da construção, cuja base de dados agregada serve para visualizações 3D; extração de desenhos técnicos 2D, tais como plantas, cortes e fachadas; levantamentos de quantitativos; especificações técnicas; e estudos com simulações de desempenho térmico, acústico e de iluminação. Com a construção

de um projeto integrado, a produtividade aumenta tanto quanto a confiabilidade nos resultados obtidos, pois as alterações são automáticas e simultâneas.

Os desafios para a implantação do BIM podem ser sintetizados nos seguintes pontos:

- **A definição** e aquisição da tecnologia que será utilizada, ou seja, a escolha e compra de *software e hardware*, o que representa um investimento alto, em especial para pequenas empresas e escritórios de arquitetura, e envolve ainda o planejamento do número de máquinas suficientes e configurações adequadas, bem como a escolha das versões e *plug-ins* dos *softwares* para gerar certos elementos, evitando falhas de exportação, por exemplo. Além disso, é necessária uma conexão de *internet* de banda larga e alta velocidade;
- **A capacitação** técnica ou treinamento de equipes para utilizar a nova tecnologia, uma vez que os profissionais ainda estão acostumados a trabalhar com AutoCAD e com processos de trabalho baseados na lógica de entregas sequenciais e fragmentadas do projeto;
- **O período** de adaptação a essa nova tecnologia, considerando que a empresa ou escritório de arquitetura deve lidar com o lucro cessante dos projetos construídos em CAD durante determinado tempo, até que a produção em BIM alcance um desempenho satisfatório.
- **A participação** ou não de um coordenador para a migração de tecnologia e apoio à transição para novas formas de trabalho, inclusive, contratuais.

É importante lembrar que o BIM tem uma abordagem ampla, sendo con-

siderado um erro comum utilizar essa definição para descrever apenas a capacidade tecnológica de determinados programas. Mesmo assim, para os autores do “Manual de BIM”, é importante identificar as soluções de modelagem que não pertencem a esse universo, com o objetivo de tornar mais fácil o entendimento das ferramentas que atuam na plataforma BIM.

As ferramentas, que criam modelos não pertencentes à tecnologia BIM, podem ser assim classificadas: a. contém apenas dados 3D, sem atributos, que produzem modelos e representações geométricas a partir de desenhos, e são utilizados apenas para visualização gráfica; b. geram modelos sem suporte para comportamento, os quais não dispõem de inteligência paramétrica, o que torna as modificações muito trabalhosas e passíveis de erros, inconsistências e imprecisões; c. produzem modelos compostos de múltiplas referências e arquivos CAD 2D, o que torna o modelo menos factível, consistente e mensurável; d. geram modelos que não permitem alterações automáticas, fazendo com que as modificações sejam manuais e redundantes, o que dificulta a detecção dos possíveis erros difíceis.

A partir dessas referências, é possível destacar as principais capacidades esperadas de tecnologias com a função de gerar modelagens paramétricas, baseadas em objetos, de acordo com o “Manual de BIM” (EASTMAN et ali, 2014, p.55), considerando que o desempenho dos programas pode variar de acordo com o maior ou menor grau obtido para cada um desses aspectos gerais:

- Interface intuitiva e amigável para o usuário: esse aspecto depende da estrutura, legibilidade, consistência e funcionalidade dos menus, o que influencia a rapidez de aprendizagem dos usuários;
- Possibilidade de gerar desenhos e mantê-los íntegros ao longo de

múltiplas atualizações e versões;

- Facilidade de desenvolver objetos paramétricos personalizados, o que leva em consideração uma base padrão suficiente para a definição de parâmetros, modificando e agregando informação ao objeto;
- Escalabilidade para lidar com projetos complexos de alto nível de detalhamento, o que diz respeito à capacidade do sistema de permanecer interativo e dar respostas independentemente do número de objetos inseridos;
- Grau de interoperabilidade, ou seja, capacidade de o arquivo ser compartilhado e lido por diferentes tipos de programas, visando à disseminação das informações e ao ajuste de interferências ou detecção de *clashes* (conflitos), além da própria coordenação do projeto, dependendo da sua complexidade;
- Extensibilidade para suportar *scripts* e outras interfaces para o usuário final;
- Possibilidade de modelagens de superfícies curvas complexas, incluindo edição de modelos;
- Ambiente para multiusuários, suportando a ação conjunta de uma equipe no mesmo projeto – o trabalho colaborativo – de forma simultânea e gerenciável.

A partir das informações apresentadas, percebe-se que a tecnologia BIM permite captar e utilizar um número máximo de dados relativos ao projeto, à obra e aos processos neles envolvidos, gerando economia de tempo e recursos. A aplicação do BIM pode ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida das edificações, desde a concepção até o descomissionamento, com reuso ou demolição (figura 39). Contudo, para alcançar essa amplitude, são necessários diversos

aplicativos adequados aos processos de cada uma das especialidades.

Justamente por compartilhar esses dados em um único modelo, denominado modelo federado⁵, em uma plataforma e/ou na nuvem, é possível melhorar os acessos, as alterações e a seleção de dados específicos, tornando os processos de modelagem, planejamento, monitoramento e execução mais rápidos e práticos.



Figura 39. Aplicação do BIM durante o ciclo de vida da edificação.

Os diversos estudos, que visam contextualizar a implantação do BIM em âmbito nacional, indicam um processo de incorporação tecnológica moroso e fragmentado, que se deve a fatores como: fragilidade nos processos de aprendizagem, falta de capacitação técnica necessária para impulsionar uma maior produtividade em ambientes tecnológicos e colaborativos e bai-

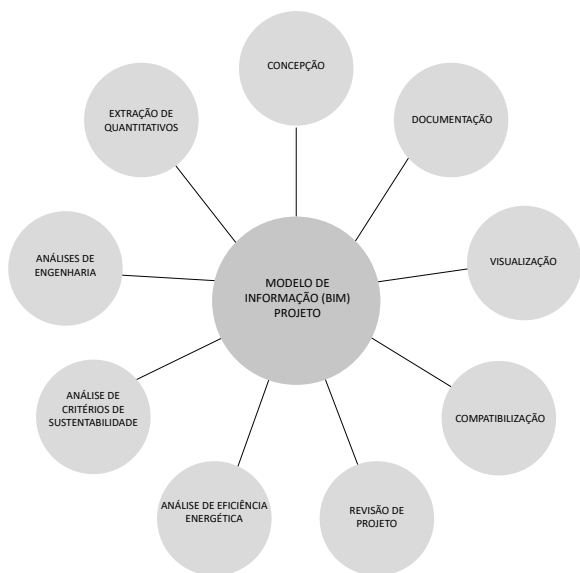
⁵ Modelo federado é um modelo combinado de informações da construção, que foi formado por meio da fusão de vários modelos diferentes em um ou pela importação de um modelo para outro

xo grau de integração entre os agentes.

Essas questões tecnológicas, organizacionais e culturais são vivenciadas na prática quando, por exemplo, decide-se fazer um projeto em BIM e alguns especialistas da equipe ou das empresas parceiras não utilizam esse recurso. Nesse caso, é preciso integrar outros profissionais mais experientes ou lidar com treinamentos e com processos de remodelagem e exportação dos desenhos gerados a partir de outros *softwares* (CAD, por exemplo). Apesar do retrabalho, a vantagem de refazer a modelagem é obter, posteriormente, uma melhor compatibilização dos projetos complementares, a qual seja capaz de detectar colisões e interferências.

Cabe lembrar também que os projetos produzidos por meio de programas CAD podem até ser colaborativos, em certos níveis, mas não são integrados. Assim sendo, é preciso dedicar tempo para resolver falhas na transmissão de dados do projeto não estruturados, como imagens geométricas que não interagem com o modelo gerado ou que não são lidas automaticamente.

De acordo com o “Guia AsBEA Boas Práticas em BIM”, a organização e a estruturação das empresas de projeto para implantar o BIM envolvem mudanças culturais, investimentos em infraestrutura, treinamentos e a revisão dos processos de trabalho. Para tanto, será necessário, a princípio, definir os objetivos da empresa com a implementação do BIM; em seguida, é preciso ter uma estratégia de implantação que inclua o período de transição, o planejamento da infraestrutura necessária, o que envolve a aquisição de *hardware e software*, o planejamento dos profissionais envolvidos e, por fim, o estabelecimento de prazos para o cumprimento e verificação dos resultados obtidos.



Figuras 40. Uso do BIM como suporte do processo de projeto. Fonte: GTBIM/AsBEA

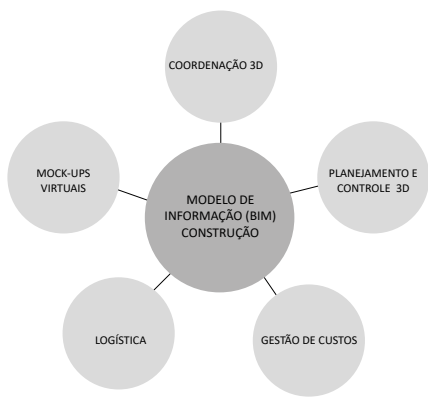


Figura 41. Usos do BIM para construção. Fonte: GTBIM/AsBEA



Figura 42. Usos do BIM para operação e manutenção. Fonte: GTBIM/AsBEA

PROCESSO DE PROJETO: ENTRE O CONVENCIONAL E A INOVAÇÃO

Como a implementação da plataforma BIM representa mudanças significativas em relação ao processo convencional de projeto, é importante conhecer de forma global como esse processo acontece e de que forma é rastreado e monitorado.

O processo convencional, composto pelas etapas: levantamento ou *briefing*, estudo preliminar, anteprojeto, projeto arquitetônico, legal e executivo, compatibilização e aprovação, constitui um processo fragmentado, com entregas parciais e finais, além do controle das entregas, o que pressupõe medidas corretivas, após relato dos erros e, portanto, falhas na comunicação e pouca integração entre os agentes.

O processo de projeto com BIM apresenta um número menor de etapas, as quais podem ser assim sintetizadas: concepção do projeto, que culmina na aprovação do programa de necessidades do projeto e no alinhamento do projeto com as demandas do cliente final; desenvolvimento do projeto, que inclui diversas compatibilizações – *clash detections* – de cada uma das disciplinas e do modelo federado, além das revisões finais; e entrega do projeto conforme contratado. Quando ocorre a integração projeto-construção, é possível considerar o acompanhamento da obra como uma quarta etapa.

O BIM permite a colaboração real e efetiva dos vários profissionais envolvidos com a futura edificação, desde projetistas até engenheiros de obra, passando por aqueles que farão a posterior manutenção e gestão do ativo. Esta tecnologia, permite assim a elaboração de um “modelo federado”, um arquivo de computador, gerado ou integrado pelos diversos softwares BIM disponíveis no mercado, que envolve diversas especialidades, tais como arquitetura, engenharia estrutural, hidrossanitária, elétrica e ar condicionado (CUNHA, 2018, s. n.).

O modelo federado é basicamente um modelo BIM combinado que representa a fusão de todos os modelos construídos pelos especialistas, constituindo, portanto, o resultado digital da união de “n” modelos gerados em cada uma das disciplinas que compõem o projeto final. O fato de esse modelo ser integrado não interfere na responsabilidade profissional de cada um dos projetistas, pois as alterações nos modelos originais, ou autorais, são feitos por cada especialista, em seu ambiente de trabalho autônomo e, mesmo havendo coparticipação em uma determinada solução, a responsabilidade é do especialista da disciplina.

O coordenador ou responsável pelo projeto utiliza-se de ambientes comuns de dados, os quais podem ser contratados para integração, auditoria do modelo, verificação de interferências e resolução de problemas, sem a necessidade de reuniões presenciais. Além disso, o controle é feito durante o próprio processo BIM, o que permite ações preventivas e a antecipação de demandas e problemas. As regras de comunicação, bem como as entregas e o nível de detalhamento dos objetos, são definidas previamente.

É importante acrescentar que o uso do BIM, no processo do projeto, envolve a parametrização e a interoperabilidade, ou seja, a possibilidade de transferir dados entre aplicações diferentes, permitindo que especialistas ou projetistas, trabalhando em diferentes programas, tenham acesso aos arquivos compartilhados. A interoperabilidade está associada à capacidade de intercambiar formatos de arquivos, o que contribui para potencializar a colaboração e a contribuição de cada especialista, uma vez que os programas não conseguem suportar sozinhos todas as informações e tarefas associadas a um projeto.

Existem diversos tipos de formatos comuns de intercâmbio de arquivos uti-

lizados pelos profissionais da cadeia produtiva da indústria da construção civil, aplicados a imagens (JPG, GIF, TIF, PNG etc.), vetores (DXF, DWG etc.), superfícies e formas 3D (PDF 3D, DWF, WL etc.), objetos 3D (CIS/2, STP etc.) e formatos de sistemas de informação gráfica (SHP, SHX etc.).

No caso do BIM, merece destaque o *Industry Foundation Classes* (IFC), um padrão global para o intercâmbio de dados, com formato de arquivo aberto, denominado não proprietário, em que os projetistas podem compartilhar dados independentemente da aplicação do *software* que utilizam.

Migrar ou substituir os desenhos 2D por modelos digitais 3D em BIM é uma decisão que envolve, além do investimento inicial, um esforço comum para a absorção de uma grande quantidade de informações, mudanças nos procedimentos e rotinas de trabalho e nas próprias formas de contratação, bem como a adequação a uma nova lógica produtiva.

Todo empreendimento imobiliário tem início a partir de uma quantidade de informações, que podem ser menos ou mais complexas. Os tipos menos complexos incluem, por exemplo, edificações comerciais convencionais e galpões, os quais possuem funções e características definidas e fixas, enquanto que os mais complexos, com alto nível de desenvolvimento de informações, incluem edifícios projetados para comportar novas funções sociais ou que precisam requalificar as existentes, como é caso dos presídios. Quanto mais complexo um empreendimento, maior é a possibilidade de explorar a aplicação de materiais não padronizados ou não tradicionais, sistemas estruturais específicos, elementos de controle ambiental, certos padrões estéticos, a integração de duas ou mais funções sociais etc.

A partir da visão global acerca da construção do projeto arquitetônico complexo, é possível entender porque captar e traduzir tantas informações sem-

pre foi uma tarefa desafiante tanto para a prática profissional, no atendimento das demandas, como para a aprendizagem acadêmica, que visa a uma inserção profissional compatível com a realidade.

Com um processo de projeto convencional ou com o apoio da tecnologia e metodologia BIM, é importante compreender que o produto final não se restringe ao projeto em si. Abrange a pesquisa, a análise e a solução encontradas durante o processo como base de conhecimento para apoiar a atividade do projetista.

Nas universidades, as práticas projetuais convergem para efetivar a aplicação da multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade como possibilidades de obter processos dialógicos e mais integrados. Em relação à produção e à aprendizagem, as tecnologias evoluíram, fazendo com que tanto o exercício da comunicação e integração entre profissionais como o trabalho colaborativo tornem-se imperativos para a produção arquitetônica.

Assim, observa-se uma necessidade de mudanças no *modus operandi* do processo de projeto, de modo a atender às atuais demandas feitas aos futuros profissionais, os quais, detentores do conhecimento sobre o significados do projeto integrado, simultâneo e sustentável, devem estar melhor preparados para a gestão desse ciclo produtivo e para a compreensão dos fluxos inerentes à concepção, produção e construção.

Apesar do destaque inerente ao BIM, reconhece-se que a questão é mais profunda, vai além da representação gráfica. Em termos de aprendizagem, a metodologia BIM implica novas possibilidades de experimentação, reforçando as representações a partir do entendimento dos parâmetros necessários para a concepção do projeto.

Atualmente, empresas e universidades começam a incluir ferramentas BIM, conceitos e definições capazes de auxiliar a concepção e o desenvolvimento dos projetos por meio da manipulação da representação gráfica das soluções, o que, além das formas geométricas visualizadas em maquetes digitais e estudos volumétricos, representa novas possibilidades de programação e gestão da construção.

Rapidamente é possível observar vantagens como: construção de um modelo integrado, automático e automatizado, composto por objetos inteligentes, com regras e parâmetros capazes de manter a consistência dos dados; possibilidade de interoperabilidade com diversos *softwares*; e aproximação com o mercado de trabalho.

Entretanto, notam-se dificuldades no meio acadêmico, como a própria aplicação das definições de multi, inter e transdisciplinaridade, devido à necessidade de se adquirirem ferramentas de modelagem específicas para várias disciplinas, o que representa um investimento em infraestrutura para o uso dos *softwares*.

Além disso, é necessário levar em conta a avaliação de simulações realizadas e verificações de códigos, o que implica uma gama de conhecimentos tanto sobre processo do projeto quanto sobre a modelagem da informação da construção.

Em relação ao setor produtivo, os benefícios variam de acordo com o uso que cada profissional ou empresa faz do BIM, destacando-se o desenvolvimento de projetos integrados, compatibilizados e com informações precisas sobre custos e produção da obra, sincronismo e padronização de componentes, demonstração de produtos etc.

Diante de todos os diferenciais competitivos destacados, entende-se que o uso do BIM, de forma ampla, como ferramenta tecnológica e de gestão, pode representar uma inovação na elaboração de projetos e em sua materialização, além de um impacto na cadeia produtiva da indústria da construção.

É importante compreender a inovação a partir de uma abordagem global e integrada, destacando-a como fator de mudanças nas tecnologias, nas empresas e no próprio mercado. Vista desse modo, a inovação envolve vários aspectos, entre os quais a pesquisa, o desenvolvimento de produtos e processos e a mudança de paradigmas. Em relação ao uso do BIM, produzir projetos e construir de uma forma diferente pode significar novas formas de satisfazer demandas em mercados já estabelecidos.

Essas novas formas podem ser percebidas como uma tendência na indústria da construção pois alguns vetores de mudança globais, que preconizam a inovação, já podem ser observados, como a produção e difusão de conhecimentos específicos; a expansão ou fragmentação do mercado em setores específicos; ou o desenvolvimento de infraestruturas sociais e tecnológicas.

Em que pesem as inúmeras possibilidades aqui apresentadas, é preciso considerar que a qualidade da arquitetura não depende apenas de *softwares*, mas está relacionada, sobretudo, às habilidades, às competências e às técnicas de quem manipula as ferramentas, o que se constrói por meio da experimentação e do pensamento crítico, desenvolvido a partir de análises, avaliações e propostas de solução para as relevantes demandas sociais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, Rodrigo Garcia; MUÑOZ, Jaime Jofre. *The control of shape: origins of parametric design in architecture in Xenakis, Gehry and Grimshaw. Middle East Technical University. Journal of the Faculty of Architecture*, 2012, 1, p. 107-118. http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2012/cilt29/sayi_1/107-118.pdf

BAUMAN, Zigmunt. **Modernidade líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2000.

BISELLI, Mario. Teoria e prática do partido arquitetônico. **Revista Vitruvius/Arquitextos** 134.00 ano 12, jul. 2011. <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.134/3974>

BRITO, Miguel Ângelo Pintado de. **Desconstrutivismo: da origem à ação**. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura. Lisboa: Universidade de Lusíada de Lisboa/ Faculdade de Artes e Arquitetura (ULL/FAA), 2018. <http://hdl.handle.net/11067/4366>

BUCCI, Federico; MULAZZANI, Marco. **Luigi Moretti: works and writings**. New York: Princeton Architectural Press, 2000

BURRY, Mark. *Antoni Gaudí and Frei Otto. Essential precursors to the Parametric Manifesto*. In SCHUMACHER, Patrik. **Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century**. Architectural Design (AD), 2016, p. 30-35.

CAMPOMORI, Maurício J. L. A transdisciplinaridade e o ensino de projeto de arquitetura. **Revista Vitruvius/Arquitextos**, 048.08ano 04, maio 2004. <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.048/588>

CANEZ, Ana Paula; SILVA, Carlos Albuquerque (org.). **Composição, partido e programa: uma revisão crítica de conceitos em mutação**. Porto Alegre: Uniritter, 2010

CASTELLS, Eduardo. **Traços e palavras: sobre o processo projetual em ar-**

quietura. Florianópolis: Editora da UFSC, 2012.

CELASCHI, Flaviano A. Contribuição do designer ao design process. IN: DE MORAES, Dijon. **Metaprojeto: o design do design**. São Paulo. Blucher, 2010.

COSTA, Lucio. **Registro de uma vivência**. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

CUNHA, João Marcos Farias. **O Modelo Federado BIM e a teoria dos contratos: algumas questões**. <https://www.linkedin.com/pulse/o-modelo-federado-bim-e-teoria-dos-contratos-algumas-farias-da-cunha>

DAVIS, Daniel. **A history of parametric**. <https://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>

DEL RIO, Vicente. Projeto de Arquitetura: entre criatividade e método. In DEL RIO, V. (org.) **Arquitetura: pesquisa & projeto**. SP: Projeto - Editores / RJ: FAU UFRJ, 1998

DE MORAES, Dijon. Metaprojeto como modelo projetual. **Strategic Design Research Journal**, volume 3, número 2, maio-agosto 2010. http://www.moda.ufc.br/metodologia_projetual/Metaprojeto.pdf

DESERTI, Alessandro. *Intorno al progetto: concretizzare l'innovazione*. In: CELASCHI, F.; DESERTI, Alessandro. **Design e innovazione: strumenti e pratiche per l'aricerca applicata**. Roma: Carocci Editore, 2007, p.15-56

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM**. Porto Alegre: Bookman, 2014

FABRÍCIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. Tese de Doutorado. São Paulo: USP/Escola Politécnica, 2002

FRANZATO, Carlo. O processo de inovação dirigida pelo design: um modelo teórico. **Redige CNI/Senai**, v. 2, n. 1, 2011, p. 50-62. https://www.academia.edu/2510909/O_processo_de_inova%C3%A7%C3%A3o_dirigida_pelo_design._Um_modelo_te%C3%B3rico.

FRANZATO, C.; CELASCHI, F. **Processo de metaprojeto para o desenvolvimento estratégico e a inovação das organizações**. São Luiz, MA, 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2012.

GIACCARDI, Elisa. *Metadesign as an emergent design culture*. **Leonardo**, Vol. 38, No. 4, p. 342– 349, 2005.

GOLDMAN, Fernando Luiz. **O que é complexidade? TI Especialistas: desenvolvendo ideias**, 2013. <https://www.tiespecialistas.com.br/o-que-e-complexidade/>

GRAEFF, Edgar Albuquerque. **Uma sistemática para o estudo da teoria da arquitetura**. Goiânia: Trilhas Urbanas, 2006

GRILLO, Antônio Carlos Dutra. De/para arquitetura: a ciência da complexidade. Belo Horizonte: **PUC/Minas, Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.15, n.16, 1º sem. 2008. <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/995/1012>

CBIC. **Coletânea Guias BIM CBIC**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CBIC, 2016.

<https://cbic.org.br/inovacao/2017/10/18/coletanea-bim/>

HENDRICKSON, Chris T.; AU, Tung. **Project management for construction: fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders**. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 2003

KOLAREVIC, Branko. Digital fabrication: manufacturing architecture in the

information age. *Modeling and fabrication*. **Acadia Quarterly**, p. 268-277. Louisville: University of Kentucky, *Association for Computer Aided Design in Architecture*, volume ACADIA 01, 2001. <https://cuminacad.architexturez.net/system/files/pdf/81b8.content.pdf>

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

MARIOTTI, Humberto. **Complexidade e pensamento complexo: breve introdução e desafios atuais**. São Paulo: Escola de Diálogo de São Paulo, 2007. <http://escoladedialogo.com.br/escoladedialogo/index.php/biblioteca/artigos/complexidade-desafios/>

MELHADO, Silvio Burratino (coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005

MESEGUER, Alvaro García. **Fundamentos de calidad en construccion**. Sevilla: *Fundacion Cultural del Colegio*, 2001

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MORIN, Edgar; LE MOIGNE, Jean Louis. **A inteligência da complexidade**. Tradução de Nurimar Maria Falci. São Paulo: Peirópolis, 2004.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. 3ª ed. Porto Alegre: Sulina, 2007

NARDELLI, Eduardo Sampaio (coord.). **Guia AsBEA: Boas Práticas em BIM**. São Paulo: GTBIM-AsBEA, 2013 <http://arq510002.paginas.ufsc.br/files/2011/04/Design-Studies-Theory-and-design-in-the-first-digital-age-Rivka-Oxman-1.pdf>

NEVES, Laert Pedreira. **Adoção do partido na arquitetura**. Salvador: Editó-

ra da Universidade Federal da Bahia, 2011

NICOLESCU, Basarab. Fundamentos metodológicos do diálogo transcultural. In CARVALHO, Edgar de Assis; MENDONÇA, Terezinha. **Ensaio de complexidade**. Tradução de Wanda Maranhão Costa. Porto Alegre: Sulina, 2004, p. 217-232.

OXMAN, Rivka. **Theory and design in the first digital age**. Londres: Elsevier, 2005. <https://arq510002.paginas.ufsc.br/files/2011/04/Design-Studies-Theory-and-design-in-the-first-digital-age-Rivka-Oxman-1.pdf>

RIBEIRO, Clarissa; PRATTSCHKE, Anja. **Transdisciplinaridade e complexidade na arquitetura**. In II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, 2005, Vitória-ES. Anais do II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade. http://www.cetrans.com.br/artigos/Clarissa_Ribeiro_e_Anja_Pratschke.pdf

ROMANO, Fabiane Vieira. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC/PPGEP, agosto 2003

SCHUMACHER, Patrik. **Entrevista para o Caos Planejado**, 31 de agosto de 2018. <https://caosplanejado.com/entrevista-exclusiva-com-patrik-schumacher-sucessor-de-zaha-hadid/>

_____. **Entrevista para a Archdaily**, 7 de julho de 2019. <https://www.archdaily.com.br/br/920264/patrik-schumacher-fala-sobre-parametrizacao-e-o-comeco-do-escritorio-de-zaha-hadid>

SILVA, Maria Angélica Covelo; SOUZA, Roberto de. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003

TAMEKUNI, Kaori Ishihara. Metaprojeto: o *design* em busca da inovação por meio da reflexão. Gramado, 11º P&D Design. **Blucher Design Proceedings**, novembro de 2014, número 4, volume 1. www.proceedings.blucher.com

com.br/evento/11ped

TAVARES, Maria Cecília Pereira; PRATSCHKE, Anja. **O conceito da transdisciplinaridade poderia ser aplicado à formação em arquitetura e urbanismo?** São Paulo: USP, s.d. <http://www.nomads.usp.br/documentos/livraria/XY20.pdf>

TERESKO, John. ***Parametric technology corporation***. Waltham, Massachusetts, 21 de dezembro de 2004. <https://www.industryweek.com/product-development/parametric-technology-corp-waltham-mass>

FONTES DA IMAGENS

Figura 01. Modelos tridimensionais de cristais, 1837, James Dana. <https://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>

Figuras 02 e 03. Estudos de cargas estruturais para a Cripta Güell, 1898, Barcelona, Antonio Gaudí. <https://br.pinterest.com/EMArchitecture/gridshells/>

Figura 04. Cripta Güell, 1898, Barcelona, Antonio Gaudí. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fachada_este_Cripta_G%C3%BCell_\(1910\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fachada_este_Cripta_G%C3%BCell_(1910).jpg)

Figuras 05. Desenho para o Pavilhão da Alemanha na Expo 67, Montreal, Frei Otto. <https://br.pinterest.com/pin/303148618655055178/?lp=true>

Figura 06. Vista do Pavilhão da Alemanha na Expo 67, Montreal, Frei Otto
<http://lodeownmagazine.com/pulse/learning-frei-otto>

Figura 07. Planta para o Pavilhão da Alemanha na Expo 67, Montreal, Frei Otto
<https://www.tumblr.com/search/behnisch>

Figura 08. Sketchpad, programa de computador escrito por Ivan Sutherland em 1963. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad>

Figura 09. Estudos para o Pavilhão Phillips, 1958, Le Corbusier e Iannis Xenakis. <https://www.archdaily.com/157658/ad-classics-expo-58-philips-pavilion-le-corbusier-and-iannis-xenakis/image-9-5>

Figura 10. Planta do Pavilhão Phillips, 1958, Le Corbusier e Iannis Xenakis. <http://www.camillotrevisan.it/cad2000/fedora1/fedora.htm>

Figura 11. Desenho de Le Corbusier para o Pavilhão Phillips, 1958, <https://www.archdaily.com/157658/ad-classics-expo-58-philips-pavilion-le-corbusier-and-iannis-xenakis/image-9-5>

Figura 12. Pavilhão Philips, Feira Mundial de Bruxelas, 1958, Le Corbusier e Iannis Xenakis. www.fondationlecorbusier.fr/

corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5096&sysLanguage=en-en&itemPos=48&itemSort=en-en_sort_string1%20&itemCount=78&sysParentName=&sysParentId=64

Figura 13. Modelo do M Soccer Stadium, exibido na exposição Parametric Architecture, XII Trienal de Milão, 1960, Luigi Moretti. https://www.researchgate.net/figure/A-model-of-stadium-N-by-Luigi-Moretti-Exhibited-at-the-1960-Parametric-Architecture_fig1_318113001

Figura 14. Croquis para o Golden Fish, Barcelona, Frank Gehry. <https://arcspace.com/studio/frank-o-gehry-sketches/>

Figura 15. Desenhos e modelos digitais 3D, Golden Fish, Barcelona, Frank Gehry. <https://archiveofaffinities.tumblr.com/post/10542968736/frank-o-gehry-fish>

Figura 16. Vista do Golden Fish, Barcelona (1992), Frank Gehry. https://www.123rf.com/photo_91850385_barcelona-spain-august-17-2012-famous-peix-sculpture-gold-fish-in-area-of-port-olympic-barcelona-spa.html

Figura 17. Guggenheim Museum, Bilbao, Frank Gehry. <https://curvasearquitectura.files.wordpress.com/2012/07/guggenheimbilbao.jpg>

Figura 18. Croquis para o Guggenheim Museum, Bilbao, Frank Gehry. http://arquipa-po.com.br/wp-content/uploads/2016/09/800px-Guggenheim_Bilbao_Croquis.jpg

Figura 19. Modelagens do King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (Kapsarc), Arábia Saudita, 2010, Zaha Hadid Architects. <https://www.hk01.com/%E8%97%9D%E6%96%87/128353/zaha-hadid%E5%86%8D%E6%88%B0%E5%A4%A7%E8%87%AA%E7%84%B6%E8%90%AC%E5%B8%86%E9%BD%8A%E8%88%AA%E6%B2%99%E6%B-C%A0%E7%A0%94%E7%A9%B6%E4%B8%AD%E5%BF%83>

Figuras 20. Modelagens do King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (Kapsarc), Arábia Saudita, 2010, Zaha Hadid Architects. <https://www.>

pinterest.co.uk/pin/557390891366332803/https://fortune.com/2017/10/24/zaha-hadid-architects-energy-research-centre/

Figuras 21. Formas cristalinas do deserto de Riad. <https://www.pexels.com/id-id/foto/236101/>

Figuras 22. Formas cristalinas do deserto de Riad. <https://pixy.org/4792834/>

Figura 23. Cenas do filme Tron (1982).https://br.pinterest.com/pin/create/button/?url=https%3A%2F%2Fdesignnova.blogspot.com%2F2012%2F04%2F-computacao-grafica-no-cinema.html&media=https%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F-DZ7D1JsJWDw%2FT58oklwurwI%2FAAAAAAAAEZM%2FWGRFfq0qAi8%-2Fs640%2Ftron_lightcycles.jpg&description=

Figura24. Cenas do filme Tron (1982).<https://br.pinterest.com/pin/create/button/?url=https%3A%2F%2Fdesignnova.blogspot.com%2F2012%2F04%2Fcomputacao-grafica-no-cinema.html&media=https%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-NNhdb-hSEJE%2FT580juBOP4I%2FAAAAAAAAEZE%2FIllqWYBj8l3E%2Fs640%2Fmcp.jpg&description=>

Figura 25. Exemplo esquemático de operações booleanas e desenho de operações booleanas. <http://www.hemero.com.br/wiki/index.php?title=Ficheiro:Booleanas.jpg>

Figura 26. Árvore binária CSG do elemento R. http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Csg_tree.png

Figura 27. Ferramenta de simulação de iluminação Radiance. <https://www.radiance-online.org/>

Figura 28. Galeria do sistema construtivo “Muro Pixel”. <https://br.pinterest.com/in/617837642610338324/?nic=1>

Figura 29. Superfícies dobradas, Michele Calvano. <https://blog.novedge.com/2014/05/the-edge-michele-calvano-and-the-architecture-of-folded-surfaces.html>

Figura 30. Torres com torção. Fonte: Douglas dos Santos.

Figura 31. Volumetrias com algoritmo Metaball. Fonte: Douglas dos Santos.

Figura 32. Mobiliários paramétricos. Fonte: Douglas dos Santos.

Figura 33. Mobiliários paramétricos. <https://www.cgtrader.com/3d-models/exterior/street/parametric-bench-n6>

Figura 34. Mobiliários paramétricos. <https://art-inside.net/fr/meubles/canapes/banc-parametrique-wave/>

Figura 35. Mobiliários paramétricos. https://www.turbosquid.com/pt_br/3d-models/3d-model-parametric-bench-drawings/1124450

Figura 36. Revolution Tower, Panamá. https://www.reddit.com/r/pics/comments/3lb0wx/revolution_tower_oc/

Figura 37 Turning Torso, Malmö, Suecia. https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:La_tour_torse_de_Malm%C3%B6_en_Su%C3%A8de..jpg

Figura 38. Exemplo de torre com torção: Shanghai Tower. https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Shanghai_Tower_2015.jpg

Figura 39. Aplicação do BIM durante o ciclo de vida da edificação. <https://blog.viabimlize.com.br/aula-09-o-ciclo-de-vida-de-um-edificio-curso-bim-fundamental/>

Figura 40 – Usos do BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento GTBIM – Grupo Técnico BIM – AsBEA. Guia Boas Práticas em BIM.

Figura 41. Usos do BIM para construção. GTBIM – Grupo Técnico BIM – AsBEA. Guia Boas Práticas em BIM.

Figura 42 – Usos do BIM para operação e manutenção. GTBIM – Grupo Técnico BIM – AsBEA. Guia Boas Práticas em BIM

A iniciativa desta coletânea, denominada “Teoria e Prática da Arquitetura Penal” e composta de 5 volumes, surgiu a partir da pertinência de divulgar as experiências pedagógicas que, nos últimos 15 anos, vêm sendo desenvolvidas no âmbito do “Projeto de Arquitetura 6 (PA 6) – Funções Complexas: Edificações Penais”, ministrado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB).

A elaboração desses livros está entre as metas do projeto “Estudos e Pesquisas em Arquitetura Penal”, resultado de uma cooperação científica entre a Fundação Universidade de Brasília (FUB/UnB) e o Ministério da Segurança Pública (MSP), por meio, respectivamente, do Núcleo de Estudos e Pesquisas de Edificações Especiais – Penal (Nuesp) e do Departamento Penitenciário Nacional (Depen).

Com o objetivo de enfrentar essa temática em toda sua abrangência e complexidade, a referida disciplina de projeto arquitetônico funciona de modo integrado aos trabalhos de pesquisa do Laboratório do Ambiente Construído, Inclusão e Sustentabilidade (Lacis/CDS/FGA), e do Nuesp, integrante do Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (Pisac).

A partir da construção de um arcabouço histórico, pretendeu-se, com esse trabalho, explicitar a metodologia e as estratégias de ensino-aprendizagem voltadas à concepção de projetos de edificações penais, as quais, além de subordinadas a um complexo programa de necessidades, implicam, entre outros, desafios referentes à busca da sustentabilidade, da inovação e da humanização desses espaços.

O primeiro volume trata das origens do sistema jurídico-penal e da evolução dos espaços prisionais ao longo do tempo; o segundo refere-se à evolução dos sistemas jurídico-penal e penitenciário brasileiros; o terceiro diz respeito à complexidade do processo de projeto da edificação penal; o quarto é especificamente voltado ao ensino-aprendizagem do projeto de edificações penais no Brasil e no Distrito Federal; e o quinto busca explicitar a cadeia produtiva da indústria da construção, com foco nas edificações penais em particular.

REALIZAÇÃO



UnB



PCTEC
UnB

PISAC NUESP



FINATEC



DEPEN

MINISTÉRIO DA
JUSTIÇA E
SEGURANÇA PÚBLICA



PÁTRIA-AMADA
BRASIL
GOVERNOS UNIDOS