

Universidade de São Paulo  
Instituto de Arquitetura e Urbanismo

# Processos de projeto em BIM como Sistemas Complexos

**Doutorando:** Mario Andres  
Bonilla Vallejo

**Orientador:** Prof. Assoc. Dr.  
Marcelo C. Tramontano

São Carlos

2021

Universidade de São Paulo  
Instituto de Arquitetura e Urbanismo

# Processos de projeto em BIM como Sistemas Complexos

Memorial apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos necessários ao exame de Qualificação.

**Doutorando:** Mario Andres Bonilla Vallejo

**Área de Concentração:** Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo

**Orientador:** Prof. Assoc. Dr. Marcelo C. Tramontano

São Carlos

2021

# Sumário

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Considerações iniciais sobre o Memorial de Qualificação.....	1
1.2. Sobre o doutorando .....	2
<b>2. PLANO DE PESQUISA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Resumo .....	3
2.2. Hipóteses .....	3
2.3. Objetivos .....	5
2.4. Materiais e Métodos .....	6
2.5. Plano de Trabalho e Cronograma de Execução .....	13
<b>3. RELATÓRIO DE ATIVIDADES .....</b>	<b>17</b>
3.1. Ficha do aluno .....	17
3.2. Disciplinas .....	18
3.3. Estágio docência - PAE .....	36
3.4. Exame de proficiência em língua estrangeira .....	36
3.5. Participação em encontros e atividades acadêmicas diversas.....	37
3.6. Produção Acadêmica e Publicações.....	38
3.7. Participação em comitê editorial .....	38
3.8. Outras atividades acadêmicas.....	38
3.9. Atividades de pesquisa.....	41
<b>4. Estrutura da Tese .....</b>	<b>41</b>
4.1. Índice proposto .....	41
4.2. Introdução: Formulações, percursos e usos .....	41
4.3. Capítulo 1: Informatização do conhecimento arquitetônico: metateorias, sistematização e processos de projeto.....	44
4.4. Capítulo 2: Bases computacionais no processo de projeto: prática do BIM e indústria de <i>software</i> .....	47
4.5. Capítulo 3: Discussões atuais: a prática profissional do BIM .....	49
4.6. Capítulo 4: Dos limites e das potencialidades: um debate ampliado do BIM. 51	
4.7. Capítulo 5: Reaproximações: proposições.....	52
4.8. Conclusões.....	53
4.9. Referências gerais da pesquisa.....	53
<b>5. Capítulo 1 .....</b>	<b>60</b>

# Lista de figuras

## 3. RELATÓRIO DE ATIVIDADES

Fig. 1: Disciplinas e relação dos créditos obtidos.....	17
Fig. 2: Ficha do aluno .....	18

## 5. CAPÍTULO 1

Fig. 1: Diagrama de um sistema geral de comunicação.....	66
Fig. 2: Extrato do diário de William Ross Ashby, sobre o Ratio Club.....	80
Fig. 3: <i>Social graph of cybernetics</i> .....	84
Fig. 4: Diagrama cibernético do programa arquitetônico do Fun Palace, por Gordon Pask. ....	86
Fig. 5: Diagrama de tradução dos modos de vida e uso dos ambientes da habitação - <i>Flatwriter</i> .....	89
Fig. 6: Paysage - programa computacional de auxílio ao processo de projeto desenvolvido pelo escritório Lucien Kroll, em 1981.....	91
Fig. 7: Sistema desenvolvido no âmbito do projeto de pesquisa <i>Architecture-by-Yourself: An Experiment with Computer Graphics for House Design</i> . ....	96
Fig. 8: Diagrama de opções do <i>Flatwriter</i> .....	99
Fig. 9: Toshiba Ihi Pavilion, Expo 70, 1970. ....	100

# 1. APRESENTAÇÃO

## 1.1. Considerações iniciais sobre o Memorial de Qualificação

O material aqui apresentado refere-se ao Memorial de Qualificação e proposta de primeiro capítulo da pesquisa “Processos de Projeto em BIM como Sistemas Complexos”, desenvolvida pelo doutorando Mario Andres Bonilla Vallejo sob a orientação do Prof. Assoc. Dr. Marcelo C. Tramontano. O material foi entregue ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, em dezembro de 2021.

Este memorial abrange o período entre março de 2019 e dezembro de 2021 e apresenta, primeiramente, considerações que circunscrevem o pesquisador no contexto da pesquisa, do Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos e do programa de Pós-graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU-USP. Logo, apresenta o plano de pesquisa proposto com seus objetivos e procedimentos metodológicos adotados e, em seguida, explicita as atividades conduzidas até o momento. Dentre as atividades exercidas pelo doutorando podem ser citadas as atividades realizadas junto ao Programa de Pós-Graduação e Urbanismo da Universidade de São Paulo, disciplinas cursadas, avaliações entregues, conceitos obtidos. Também são descritas as atividades desenvolvidas junto ao Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos, bem como atividades de seminários, reuniões científicas, dentre outras atividades que contribuem diretamente com a presente pesquisa.

Após o relatório de atividades, é apresentada a estrutura da Tese, um resumo de seus capítulos e produção referente ao primeiro capítulo, que procura articular o referencial teórico da pesquisa e apresenta a justificativa completa da originalidade e hipótese da tese. O conjunto apresentado supre as demandas da qualificação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, conforme as normas do programa, VIII.6.3<sup>1</sup>, e contribui também para a discussão dessa etapa de pesquisa, apresentando outras informações e reflexões.

---

<sup>1</sup> De acordo com as Normas do Programa: “No Doutorado, o exame [de qualificação] consistirá de exposição oral e arguição sobre memorial que deve conter o relato das atividades de pesquisa realizadas, inclusive revisão bibliográfica que justifique a originalidade e a hipótese da tese, além de proposta para sua estrutura, bem como da análise do histórico escolar e atividades do aluno junto ao programa.”

A pesquisa teve início com o ingresso formal do doutorando no Programa de Pós-Graduação no dia 15 de março de 2019, com data limite de depósito da tese de 15 de setembro de 2023. O doutorando, em vista de sua participação como estagiário PAE (Programa de Auxílio ao Ensino) na disciplina IAU - 734 PROJETO 3B, foi contemplado com bolsa-auxílio durante o segundo semestre de 2019. No primeiro semestre de 2020, o doutorando continuou sua participação como estagiário na disciplina IAU - 733 PROJETO 3A de forma voluntária, em função das indagações da pesquisa de doutorado, que têm estreita relação com os assuntos abordados nas disciplinas.

## **1.2. Sobre o doutorando**

O doutorando é graduado em Dibujo Arquitectónico y de Ingeniería pela Universidad del Tolima, Colômbia, e mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo programa de pós-graduação do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa. A dissertação de mestrado intitulada “La colaboración en procesos digitales de diseño: reflexiones a partir de una investigación-acción”, orientada pela Professora Dra. Denise Mônaco dos Santos, investigou a colaboração em processos digitais de projeto e identificou características sistêmicas do conceito e prática da colaboração. A colaboração, como dinâmica cibernética nos processos de projeto, é representada e potenciada por bases informáticas de *Building Information Modeling* (BIM) que permitem o fluxo de informações entre todos atores envolvidos e auxilia os processos comunicacionais, estimulando o fenômeno da emergência. Os resultados da pesquisa de mestrado instigaram um primeiro conjunto de indagações sobre os processos de projeto em BIM que, na pesquisa de doutorado, se ampliam constante e significativamente com a orientação do Prof. Assoc. Dr. Marcelo C. Tramontano.

O caráter multidisciplinar da formação do doutorando e trabalhos profissionais realizados no entremeio da arquitetura e as engenharias refletem seu interesse nos estudos dos processos de projeto em BIM sob uma ótica teórica e histórica holística, que expanda as compreensões e explorações do BIM.

Para a experiência e competência acadêmica do doutorando, contribui sua participação do projeto interinstitucional “JAM! Diálogos emergentes e processos digitais de projeto”, desenvolvido pelos grupos de pesquisa NÓ\_Lab, Nomads.usp e Algo+Ritmo, bem como sua atuação como monitor nível II sob tempo determinado no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa (2017 – 2018). Também contribui sua participação do comitê editorial da revista VIRUS nas edições temáticas V!19 (A construção da informação. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus19/>), V!20 (Questão de método. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus20/>), V!21 (Nunca fomos tão digitais. Disponível

em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus21/>) e V!22 (Latinoamérica: você está aqui! Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus22/>).

## 2. PLANO DE PESQUISA

### 2.1. Resumo

Esta pesquisa de doutorado estrutura-se em um tripé composto por três grandes eixos de investigação: o Histórico-cronológico, o Horizonte teórico, e a Prática do BIM. A pesquisa tem como proposta examinar processos de projeto com BIM envolvendo: 1. uma compreensão histórica, a montante do momento atual, considerando as conexões entre o desenvolvimento de metateorias sistêmicas, dos processos de projeto assistidos por computador, e o desenvolvimento computacional promovido pela indústria da informática, 2. a ampliação do entendimento do uso atual do BIM em processos de projeto de arquitetura, considerando os recursos oferecidos pelos programas computacionais e as alterações que eles pressupõem nas rotinas das equipes de projeto, e 3. a formulação de uma nova agenda de pesquisa em BIM, fundamentados impreterivelmente nas metateorias sistêmicas. O objeto de pesquisa - Processos de projeto com BIM - é abordado através de aportes históricos, teóricos e práticos, focalizando a prática profissional de escritórios de pequeno e médio porte. A pesquisa desenvolve-se no Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos ([www.nomads.usp.br](http://www.nomads.usp.br)), do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

**Palavras-chave:** BIM, Processos de projeto, Sistemas complexos, História do BIM, Escritórios de arquitetura

### 2.2. Hipóteses

Uma vez que a pesquisa se apoia no método hipotético-dedutivo (MARCONI; LAKATOS, 2003), e que aceita-se, na área das Ciências Humanas, que um problema científico não possua uma única solução (BARROS, 2005, 2008), as hipóteses aqui propostas, além de conter questões a se verificar, também pretendem guiar o desenvolvimento da pesquisa de forma a produzir discussões que auxiliem na construção de conhecimento sobre o objeto de pesquisa. Assumimos a compreensão de Barros (2008, p. 153), segundo a qual a hipótese “possui uma “função norteadora”. Assim, em uma sequência investigativa, o pesquisador pode se valer de sucessivas hipóteses, descartando as que não subsistem à demonstração ou as que não encontram apoio nas fontes ou na articulação de dados empíricos. Isto é, a hipótese nas Ciências Humanas cumpre o papel de foco para o desencadeamento de inferências e avanços

adequados no desenvolvimento da pesquisa, e é nesse sentido que pretendemos nos utilizar das hipóteses na pesquisa.

As indagações desta pesquisa derivam da ampla discussão que pressupõe: abordar o BIM através do arcabouço teórico das metateorias propostas em seu Horizonte Teórico (Teoria Geral de Sistemas, Teoria Cibernética de Primeira e Segunda Ordem, Teoria da Conversação e o Pensamento Complexo), ampliar a compreensão do desenvolvimento histórico que resulta no momento atual do BIM em processos de projeto, e aprofundar as questões envolvidas na implementação do BIM na prática profissional. Já que a pesquisa busca se utilizar das conexões entre distintos campos de conhecimento, é natural que se deva lidar também com diferentes hipóteses para a construção do discurso, o desenvolvimento da pesquisa, e a produção de conhecimento sobre o objeto de pesquisa. Portanto, em função da articulação dos três grandes eixos de investigação — O histórico-cronológico, O horizonte teórico e A prática do BIM —, várias hipóteses são levantadas para nortear inicialmente a pesquisa de Doutorado.

Um primeiro conjunto de hipóteses se desdobra do eixo histórico-cronológico, uma vez que identificamos, no século XX, um contexto histórico no qual diversos campos de conhecimento apresentaram destacados avanços teóricos e tecnológicos. A partir disso, acreditamos, primeiro, que relações estreitas de contribuições interdependentes entre esses avanços propiciaram a criação de novos focos de conhecimento no campo da AEC e, segundo, que tais avanços e articulações influenciaram profundamente a formulação do BIM, constituindo-o como um campo de conhecimento. Dito isso, e contemplando desenvolvimentos teóricos produzidos no campo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), oferecidos por autores como Alexander (1977) ou Givoni (1969), também podemos inferir que, no contexto histórico-cronológico da formulação do BIM, estes autores sistematizaram diversas questões relativas aos processos de projeto de arquitetura e os prepararam para, anos mais tarde, serem informatizados e pensados através de tecnologias digitais. Conseqüentemente, consideramos que a compreensão desse contexto histórico em que se formulou e desenvolveu o BIM é de suma importância para entender, por um lado, seu estado atual na prática de processos de projeto, e por outro, os filtros produzidos na indústria de *software* e na prática profissional que simplificam suas prerrogativas e postulados teóricos. Quer-se também verificar se, na história do desenvolvimento do BIM, houve um momento a partir do qual seus avanços tecnológicos teriam se distanciado de seus fundamentos teóricos, resultando em compreensões parciais e fragmentadas sobre o BIM, percebidas atualmente.

Esta argumentação nos leva a um segundo conjunto de hipóteses, que diz respeito à abordagem teórica proposta na pesquisa (eixo do horizonte teórico). Uma vez que o BIM foi formulado em meio a esse contexto de avanços e influências, pressupomos que as

metateorias sistêmicas, que se consolidaram durante o século XX, constituem o arcabouço teórico que o fundamenta, e portanto: 1) a compreensão aprofundada do BIM depende imperativamente tanto do entendimento de seus fundamentos sistêmicos, quanto do conhecimento dessas metateorias; e 2) a partir destes entendimentos histórico e teórico, os profissionais do campo da AEC podem se servir melhor das potencialidades do BIM nos processos de projeto.

Nesta ordem, a discussão delineada até o momento conduz a um terceiro conjunto de hipóteses, as quais derivam do entrecruzamento dos três eixos de investigação já mencionados. Consideramos que, ao se produzirem as compreensões supracitadas, tanto a presente pesquisa, quanto a prática profissional, se proveem de recursos suficientemente robustos para: refletir sobre os usos do BIM; utilizar plenamente o BIM, relacionando procedimentos e rotinas com aspectos precisos das metateorias; propor rotinas, dinâmicas e formas de organização de processos de projeto; e propiciar novas formas de produção de arquitetura. É pertinente destacar que estes conjuntos de hipóteses não esgotam o tema e, menos ainda, limitam o surgimento de novas hipóteses ao longo da pesquisa. Entretanto, são questões a serem verificadas.

A verificação das hipóteses apresentadas envolve um conjunto de abordagens e procedimentos metodológicos que viabiliza o desenvolvimento da pesquisa. No que diz respeito ao primeiro e segundo conjunto de hipóteses, pretendem-se verificá-los por meio das abordagens de pesquisa histórica e documental, além da observação participante de processos de projeto, realizando não só pesquisa bibliográfica, mas também entrevistas, grupos de discussão e visitas técnicas. Já no relacionado ao terceiro conjunto de hipóteses, propõe-se uma abordagem experimental para sua verificação. Esta abordagem envolve o desenvolvimento de um processo de projeto com BIM em um escritório de pequeno/médio porte, no qual o pesquisador toma parte no processo, e igualmente, a realização de entrevistas e grupos de discussão.

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo Geral**

Examinar processos de projeto em BIM envolvendo: 1. uma compreensão histórica, a montante do momento atual, considerando as conexões entre o desenvolvimento de metateorias sistêmicas, dos processos de projeto assistidos por computador, e o desenvolvimento computacional promovido pela indústria informática, 2. a ampliação do entendimento do uso atual do BIM em processos de projeto de arquitetura, considerando os recursos oferecidos pelos programas computacionais e as alterações que eles pressupõem nas rotinas das equipes de projeto, e 3. a formulação de uma nova agenda de pesquisa em BIM, fundamentados impreterivelmente nas metateorias sistêmicas.

### 2.3.2. Objetivos Específicos

- Aprofundar o quadro teórico sobre BIM, examinando seus fundamentos e sua prática profissional atual, particularmente sua implementação e uso em escritórios de pequeno e médio porte;
- Renovar compreensões históricas sobre relações entre o desenvolvimento computacional e os processos de projeto em arquitetura;
- Contribuir para a construção de uma compreensão sistêmica complexa dos processos de projeto em BIM;
- Contribuir para a organização de processos de projeto de escritórios de pequeno e médio porte utilizando-se das potencialidades do BIM;
- Formular estratégias para o uso pleno do BIM, particularmente na fase de projeto, estimulando a interação entre os atores do processo de projeto, em especial através do modelo tridimensional, seus dados e metadados;
- Constituir um *locus* online de acesso público para intercâmbio de ideias e contato com as questões trabalhadas na pesquisa, em *website* especialmente desenhado, com repositórios e disponibilização de documentação e resultados da pesquisa;
- Promover uma discussão sobre BIM que extrapole o meio acadêmico, envolvendo atores variados, como contribuição para a sociedade.

### 2.4. Materiais e Métodos

Com uma perspectiva transdisciplinar que procura dialogar com diferentes contextos, a pesquisa prevê estudos a serem desenvolvidos de forma complementar. Não limitando-se a uma abordagem teórica, o projeto baseia-se na proposição de uma práxis que visa relacionar reflexão teórica, pesquisa histórica e experimentos práticos, apoiada em uma interlocução constante com pesquisadores, profissionais de Arquitetura e Urbanismo, instituições de ensino, Poder Público, dentre outros, a fim de proporcionar uma perspectiva crítica sobre os processos de projeto com BIM como objeto de pesquisa. Entendemos que os resultados da pesquisa só serão consistentes se forem fruto desta práxis, envolvendo uma pluralidade de contribuições.

Contemplando a natureza complexa da reflexão proposta, identificamos quatro grandes formas de abordagem que deverão interrelacionar-se: 1. pesquisa de cunho histórico, 2. pesquisa documental de práticas projetuais e programas computacionais, 3. observação participante de processos de projeto, e 4. condução e experimentação prática de processos de projeto.

1. **Pesquisa histórica:** A pesquisa histórica proposta na presente pesquisa contribui para compreender a evolução da criação do BIM, traçando um paralelo entre a formulação de metateorias, sua relação com o desenvolvimento de

programas computacionais de auxílio a processos de projeto, e a evolução das práticas projetuais assistidas por computador. Busca-se, assim, expandir as possibilidades de análise e teorização sobre o estado atual do uso do BIM em processos de projeto, entendendo seus antecedentes históricos. Corroborando Appio, Frizon, Canopf, Marcon e Madruga (2017), as principais fontes a serem utilizadas são fontes secundárias, o que não exclui a entrevista a profissionais e estudiosos da área que possam agregar conhecimento à construção histórica proposta.

**2. Pesquisa documental:** Lidando com documentos variados, esta abordagem caracteriza-se por recorrer a documentos de naturezas e formatos diversificados, que não receberam tratamento analítico ou científico e, portanto, constituem fontes primárias de pesquisa (KRIPKA; SCHELLER; BONOTTO, 2015). Na pesquisa aqui proposta, visa o estudo e avaliação de programas computacionais, exame de projetos de arquitetura produzidos em BIM, estudo de práticas projetuais e seus relatos críticos, entre outros.

**3. Observação participante de processos de projeto:** Baseia-se nos princípios da Cibernética de Segunda Ordem e da teoria da Conversação (PASK, 1976) balizando as ações do pesquisador em campo, operando na aproximação entre reflexão teórica e prática profissional. Visa verificar limites e potencialidades do uso do BIM na prática projetual de escritórios de arquitetura de pequeno e médio porte. O foco desta abordagem está, no entanto, nas relações entre os participantes, sua interação com os meios computacionais, nas eventuais alterações de rotina impostas pelo BIM, e na avaliação da qualidade dos produtos parciais e finais de tais processos. Organiza-se em torno da participação do pesquisador nestes processos e sua interlocução com os profissionais e atores envolvidos, tanto quanto possível, associada a atividades de documentação destes processos (registros textuais, fotográficos, audiovisuais, gráficos, etc.).

**4. Condução e experimentação prática de processos de projeto:** Visa promover processos de projeto considerando questões evidenciadas na pesquisa, de forma a auxiliar a verificação da relevância do entendimento de aspectos teóricos e históricos para o aprofundamento do uso do BIM por equipes de projeto. Neste projeto de pesquisa, esta abordagem concentra-se especialmente no que chamamos de Experimento, cujas ações estão detalhadas no item 2.4.7. abaixo.

Os principais procedimentos metodológicos a serem empregados nas diferentes abordagens são bastante clássicos na pesquisa nas Humanidades, acrescidos aqui de Estágio de Pesquisa no Exterior, conforme veremos a seguir.

#### **2.4.1. Consulta a fontes primárias:**

Além de documentação de programas computacionais (KYMPELL, 2008), estudo aprofundado de programas BIM, exame de projetos de arquitetura e seus modelos tridimensionais BIM, as fontes primárias previstas nesta pesquisa incluem entrevistas e grupos de discussão com especialistas, pesquisadores, desenvolvedores de programas computacionais e profissionais do campo da AEC sobre iniciativas referentes ao desenvolvimento, implementação e uso do BIM, incluindo, tanto quanto possível, desenvolvedores de programas BIM proprietários e gratuitos. Os entrevistados serão selecionados com base nos levantamentos e informações já produzidas pela Universidade de São Paulo, Universidade Estadual de Campinas e o CAU/SP. As entrevistas estruturadas serão elaboradas segundo procedimentos clássicos da pesquisa em Ciências Humanas, de acordo com roteiros previamente estabelecidos e realizadas por videoconferência, comunicadores instantâneos ou por e-mail, mas preferencialmente de modo presencial, condicionado a financiamento específico.

#### **2.4.2. Consulta a fontes secundárias:**

A consulta a fontes secundárias será realizada por meio de Livros, Teses e dissertações, artigos de revista e congresso, relatórios de pesquisa e técnicos, relacionados ao objeto de pesquisa aqui tratado, como, por exemplo projetos e relatos críticos de processos projetuais com BIM (CAIXETA, 2013; MANZIONE, 2013), produção acadêmica sobre BIM (CHECCUCCI, 2019), entre outros. A consulta a fontes secundárias também contará com as contribuições dos pesquisadores do Nomads.usp. Também será realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que, nos termos de Galvão e Pereira (2014), auxiliará na identificação, seleção, avaliação e sintetização de evidências relevantes disponíveis no relacionado ao estado da arte da prática profissional do BIM e no estado da arte dos processos de projeto com BIM.

Parte da revisão bibliográfica será realizada em disciplinas do curso, além de contribuições provenientes de interlocuções com pesquisadores, professores do Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU-USP, pesquisadores do Nomads.usp e suas produções bibliográficas. Além da revisão bibliográfica contemplada por tais atividades acadêmicas, será realizada consulta a livros, artigos em periódicos e reuniões científicas, revistas especializadas, documentos via

*websites*, entre outras publicações. Estas atividades serão realizadas em bibliotecas institucionais, bem como em páginas da Internet de periódicos acadêmicos, instituições de pesquisa, e organismos públicos, privados ou não-governamentais que venham desenvolvendo projetos de equipamentos públicos utilizando BIM.

#### 2.4.3. **Visitas técnicas:**

Conjunto de visitas técnicas a institutos, escritórios de Arquitetura e escritórios de projeto do Poder Público, nos quais, por meio da observação e entrevistas *in loco*, seja possível, entre outras coisas, o entendimento das dinâmicas de processos de projeto em BIM, as relações hierárquicas existentes nas equipes de projeto, formas organizacionais, recursos computacionais presentes, maneiras de lidar com as emergências. Isto, no estado de São Paulo, já que se constitui como uma importante referência para a abordagem proposta, além de contar com os levantamentos e informações relevantes para o desenvolvimento da pesquisa, que estabelecem o recorte geográfico, produzidas por duas universidades públicas do Estado de São Paulo e o CAU/SP. As visitas serão agendadas conforme a disponibilidade dos colaboradores, e serão registradas em fotos, vídeos, áudios, diário de campo e entrevistas.

#### 2.4.4. **Grupos de discussão:**

Este procedimento é de grande importância neste trabalho, pois ao mesmo tempo que possibilita a produção de sentidos coletivos, incorporados na trajetória dos diversos atores (GODOI, 2015), a avaliação contínua de asserções, resultados parciais e finais, permite, no decorrer da pesquisa, atualizar conceitos e hipóteses discutidas nela. Prevê-se a realização da interlocução proposta de dois modos: 1) grupos de discussão assíncronos e 2) grupos de discussão síncronos.

- Os grupos de discussão assíncronos serão realizados a partir da criação de espaços de discussão por meio de plataformas wiki abrigadas no website da pesquisa, nas quais especialistas, pesquisadores, profissionais do campo da AEC e desenvolvedores de programas BIM possam compartilhar conhecimentos e experiências sobre temas de interesse da pesquisa. A documentação reunida no repositório ligado ao website da pesquisa servirá como suporte para as discussões.
- Os grupos de discussão síncronos estarão concentrados em reuniões de pesquisa, nomeadas aqui como "Seminários de Pesquisa". Estes seminários constituirão espaços de discussão para pesquisadores da

área, atores do campo da AEC e desenvolvedores de programas BIM. Cabe ressaltar que, enquanto os Grupos de discussão assíncronos constituem um *locus* de discussão contínua sobre as questões propostas pela pesquisa, os Grupos de discussão síncronos — presenciais e/ou remotos-online — irão tratar de diversas questões, levantadas tanto nos Grupos de discussão assíncronos quanto no decorrer da pesquisa.

Os Seminários de Pesquisa têm o intuito de promover uma discussão ampla sobre BIM, a partir dos debates promovidos nos grupos assíncronos, contando com participantes de diversos perfis. Estes seminários auxiliarão também na coleta de dados de fontes primárias (depoimentos, entrevistas, relatos de experiência, entre outros) no que diz respeito ao atual entendimento sobre BIM no Brasil, e particularmente no estado de São Paulo. De igual forma, os Seminários de Pesquisa, nas etapas do Experimento, estarão voltados para a avaliação do mesmo, segundo categorias analíticas que fundamentarão sua formulação, expondo processos, sistematizações e análises. Espera-se contar com a presença de pesquisadores convidados, entrevistados das Visitas Técnicas e participantes do Experimento. A realização dos Seminários de Pesquisa visa discutir e avaliar o conteúdo levantado ao longo da pesquisa, além de reforçar vínculos dialógicos entre a pesquisa e os participantes, e entre os vários participantes. Os seminários serão registrados em fotos, vídeos, áudios, entrevistas e diários de campo, sendo sistematizado este registro e, posteriormente, disponibilizado no repositório ligado ao website da pesquisa (ver item 5.1.). Os seminários serão financiados, se possível, com recursos da reserva técnica da bolsa de Doutorado, além de recursos advindos de editais para eventos científicos da própria USP, e/ou com contrapartidas do IAU-USP.

#### 2.4.5. **Sistematização:**

Organização e sistematização de todo o material produzido e coletado nas diversas etapas, de acordo com categorias analíticas definidas, principalmente, a partir da pesquisa histórica, revisão bibliográfica e da consulta a fontes primárias. Esta organização possibilitará um processo de análise e, em seguida, síntese, produzindo conclusões parciais da pesquisa. Este processo de sistematização fundamenta e fornece bases para a estruturação do experimento, provendo insumos para sua concepção. Informações coletadas selecionadas também serão disponibilizadas no repositório *online* de acesso público e gratuito.

#### 2.4.6. **Estágio de pesquisa no Exterior:**

Consideramos que a proposta de estágio no Exterior configura-se como um procedimento metodológico *per se*, pois pretendemos realizá-lo na região centro-norte da Europa. Uma porção significativa dos desenvolvimentos e conhecimentos sobre BIM encontra-se mais amadurecida em países desta região, no Reino Unido, Benelux e Escandinávia. Nestes países, os usos e implementações do BIM já encontram-se fundamentados por políticas públicas e legislações — locais e da União Europeia — que datam do início dos anos 2000 e que, por sua vez, avançam em relações estreitas com a prática profissional, indústria, e centros de pesquisa (KASSEM; SUCCAR; DAWOOD, 2015).

Nas atividades no Exterior, serão utilizados procedimentos já mencionados, como consulta a fontes primárias e secundárias, e visitas técnicas. Isto envolve um conjunto de visitas técnicas a instituições de pesquisa, escritórios de Arquitetura e empresas desenvolvedoras BIM, acompanhamento de processos de projeto que utilizem BIM, ampliação de fontes bibliográficas, e entrevistas com especialistas, desenvolvedores e teóricos. Interessa-nos realizar tais atividades não apenas no país onde se realizará o estágio, mas também em outros países da região centro-norte da Europa. Ainda que a instituição onde o estágio se desenvolverá deva ser definida posteriormente, em função de várias condicionantes, há uma possibilidade concreta de sediar as atividades na Universidade de Bath, no Reino Unido, sob a supervisão do Prof. Dr. Ricardo Codinhoto, do Departamento de Arquitetura e Engenharia Civil, parceiro de pesquisa de grupos de pesquisa do IAU-USP, e que se mostrou aberto à cooperação acadêmica ao ministrar uma disciplina de Tópicos Especiais em nosso Programa de Pós-graduação, em outubro de 2019. Os objetivos deste estágio são:

- i. Conhecer dinâmicas de processos de projeto em situações de uso ampliado do BIM, nas quais estejam envolvidas indústria, fornecedores, escritórios de arquitetura, e grupos de pesquisa, estimulados por legislações consolidadas dos países do norte europeu e da União Europeia;
- ii. Identificar e visitar, se houver, experiências de colaboração que incluam, além de técnicos, representantes do Poder Público e atores não-técnicos em processos de projeto, visando entender e documentar processos de conversação transdisciplinares utilizando BIM;
- iii. Reunir documentação e literatura produzida localmente, incluindo projetos de arquitetura, APIs (*Application Programming Interfaces*) e

programas computacionais, entre outros, ampliando a base documental do IAU-USP e do Nomads.usp sobre o assunto. Disponibilização no repositório *online* da pesquisa, dependendo de autorização de seus autores.

Os custos com estágio de pesquisa e visitas técnicas no Exterior serão cobertos com concessão de Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) ou uso da Reserva Técnica, conforme estabelecido no item 4.6.5.2 Diárias/Manutenção no Exterior, do documento "Normas para utilização de recursos da Reserva Técnica concedidos pela FAPESP", que, após autorização, permitem ao bolsista permanecer pelo período máximo de seis meses no Exterior para desenvolver atividades de pesquisa utilizando recursos da Reserva Técnica. Os insumos e informações coletados no Exterior serão também utilizados na formulação do Experimento proposto nesta pesquisa.

#### 2.4.7. Experimento:

O procedimento aqui chamado de Experimento tem como intuito a participação do pesquisador em um processo de projeto com BIM, no estado de São Paulo, proposto e delineado pelas análises e sínteses da própria pesquisa, em um escritório de arquitetura de médio porte que já tenha incorporado o BIM em sua prática. Neste processo de projeto com BIM espera-se: verificar conceitos e pressupostos teóricos estudados e formulados no processo de pesquisa; construir com a equipe de projeto compreensões sistêmicas sobre o BIM; estimular e valorizar o fenômeno da emergência, segundo a formulação de Edgar Morin (2000). Através do experimento, busca-se também aproximar profissionais e academia, pois o experimento constitui, por excelência, um *locus* de práxis.

O Experimento se desenvolverá de acordo com as seguintes etapas, as quais estão sujeitas a futuros rearranjos derivados dos resultados anteriores da própria pesquisa: 1) Capacitação: diz respeito à produção de compreensões aprofundadas sobre BIM – para o uso de ferramentas como *cloud services collaborative*, por exemplo, ou entendimentos sobre interoperabilidade – e à compreensão e consideração das metateorias que contribuíram e influenciaram na formulação inicial e desenvolvimento do BIM; 2) Recursos: irá tratar da identificação dos recursos necessários para o desenvolvimento de processo de projeto com BIM, tais como qualidade da conexão à Internet, recursos de hardware, programas de base BIM a serem utilizados, entre outros; 3) Identificação dos atores: tratará sobre o reconhecimento dos diversos atores participantes no processo de projeto, como arquitetos, engenheiros civis,

elétricos, hidráulicos, fornecedores, pesquisadores, entre outros; 4) Processo de projeto com BIM: tratará do desenvolvimento do projeto de um equipamento público utilizando BIM considerando princípios fornecidos pelas metateorias, testando as potencialidades e limitações do BIM em condições típicas do estado de São Paulo, registrado por meio de gravação, fotografia, entrevistas, bancos de dados BIM, repositórios da pesquisa e diários de campo. Em termos da Cibernética de Segunda Ordem, o pesquisador também se constitui um observador participante do sistema observado, o que fundamenta sua participação na equipe de projeto; 5) Avaliação: será realizada em duas instâncias principais, conforme as categorias segundo as quais o experimento terá sido formulado: a) pelos participantes do experimento; e b) pelos participantes do Seminário II (convidados, Nomads.usp, IAU-USP, pesquisadores externos, especialistas BIM, desenvolvedores de software, etc.).

## **2.5. Plano de Trabalho e Cronograma de Execução**

### **2.5.1. Plano de trabalho**

No plano de trabalho e cronograma apresentados abaixo (Quadros 1 e 2), considera-se a vigência da bolsa durante 36 meses, conforme estipulado pela FAPESP. O doutorado teve início no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo em 11 de março de 2019, e tem como data limite para depósito da tese 15 de setembro de 2023.

<b>Etapa 1</b>	Disciplinas	Conclusão de 32 créditos em disciplinas, exigidos pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, IAU-USP. <u>Os 32 créditos já foram integralizados no primeiro e segundo semestre de 2019.</u>
<b>Etapa 2</b>	Elaboração do <i>website</i> da pesquisa	Construir <i>website</i> , ligado ao o <i>website</i> do Nomads.usp, sobre a pesquisa para registro do andamento e divulgação dos resultados parciais e finais. A página será constantemente atualizada pelo candidato e contará com repositórios de acesso público.
<b>Etapa 3</b>	Consulta a fontes secundárias	Revisão bibliográfica a partir das disciplinas e a partir da consulta a fontes pré-selecionadas. A consulta a fontes secundárias permeará todo o processo de pesquisa. Contudo, nessa etapa, o cronograma indica os períodos de maior concentração da atividade.
<b>Etapa 4</b>	Levantamento documental	Coleta e sistematização de informações sobre programas computacionais, projetos de arquitetura produzidos em BIM, estudo de práticas projetuais e seus relatos críticos, entre outros.
<b>Etapa 5</b>	Contato com pesquisadores, escritórios e órgãos públicos	Levantar informações e contatos de grupos de pesquisa, instituições, profissionais e escritórios de Arquitetura, e órgãos públicos interessantes à pesquisa.
<b>Etapa 6</b>	Customização de espaço de discussão <i>online</i> de acesso público	Customizar, junto com pesquisadores do Nomads.usp, espaços de discussão <i>online</i> de acesso público similar a plataformas que estão sendo desenvolvidas em outras pesquisas no Nomads.usp.
<b>Etapa 7</b>	Grupos de discussão remotos	Proposição e condução de um <i>locus</i> de discussão <i>online</i> a partir de diferentes ferramentas digitais síncronas e assíncronas.
<b>Etapa 8</b>	Visitas técnicas	Planejamento e condução do conjunto de visitas técnicas a centros de pesquisa, institutos, escritórios de Arquitetura relevantes à pesquisa.
<b>Etapa 9</b>	Entrevistas	Elaboração de entrevistas estruturadas com desenvolvedores de programas BIM, profissionais e pesquisadores com interesse em BIM. Realização de entrevistas de forma presencial e/ou remota.
<b>Etapa 10</b>	Publicização de resultados preliminares	Disponibilização de resultados parciais da pesquisa no repositório <i>online</i> da pesquisa, e publicações acadêmicas em periódicos científicos e congressos nacionais e internacionais.

<b>Etapa 11</b>	Seminário de Pesquisa Planejamento e realização do Seminário I, com o intuito de I	produzir e atualizar discussões e entendimentos gerais sobre BIM.
<b>Etapa 12</b>	Sistematização de resultados parciais	Sistematização preliminar dos resultados obtidos nas etapas anteriores, a partir do quadro teórico construído e dos levantamentos documentais.
<b>Etapa 13</b>	Memorial e Exame de Qualificação	Preparação e redação do memorial de qualificação e dos capítulos da tese a serem apresentados, e Exame de Qualificação.
<b>Etapa 14</b>	Estágio no Exterior	Estágio de pesquisa e pesquisa de campo no Exterior. Condução de atividades de pesquisa, visitas a grupos de pesquisa e a órgãos públicos, acompanhamentos de processos de projeto em BIM, reunir informações relevantes à pesquisa. Visitas técnicas a escritórios de médio porte que usem BIM. O cronograma específico dos seis meses referentes a essa etapa será enviado à FAPESP oportunamente, na solicitação da Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE).
<b>Etapa 15</b>	Sistematização do Estágio no Exterior	Sistematização dos resultados obtidos no Estágio no Exterior.
<b>Etapa 16</b>	Relatório Parcial para a FAPESP	Elaboração do Relatório Parcial para a FAPESP.
<b>Etapa 17</b>	Experimento	Participação em um processo de projeto em um escritório de médio porte em São Paulo que se utilize do BIM. Os insumos e informações coletados no Exterior serão também utilizados nesta etapa.
<b>Etapa 18</b>	Análise e Sistematização	Sistematização e análise das contribuições teóricas e práticas, discussões com integrantes do Nomads.usp, IAU-USP e outros pesquisadores.
<b>Etapa 19</b>	Seminário de pesquisa II	Planejamento e realização do Seminário de Pesquisa II, voltado para a avaliação do Experimento segundo categorias analíticas que terão baseado a formulação do experimento, contando com atores que participaram do Experimento e pesquisadores convidados.
<b>Etapa 20</b>	Publicização de resultados finais	Disponibilização de resultados da pesquisa no repositório <i>online</i> da pesquisa, e publicações acadêmicas em periódicos científicos e congressos nacionais e internacionais.
<b>Etapa 21</b>	Redação da Tese	
<b>Etapa 22</b>	Depósito e defesa da Tese	

**Quadro 1:** Plano de trabalho. Fonte: Autor.

## 2.5.2. Cronograma de execução

Etapas	Meses	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36
<b>Etapa 1</b> Créditos em disciplinas							
<b>Etapa 2</b> Elaboração do <i>website</i> da pesquisa							
<b>Etapa 3</b> Consulta a fontes secundárias							
<b>Etapa 4</b> Levantamento documental							
<b>Etapa 5</b> Contato com pesquisadores, escritórios e órgãos públicos							
<b>Etapa 6</b> Customização de espaço de discussão <i>online</i> de acesso público							
<b>Etapa 7</b> Grupos de discussão remotos							
<b>Etapa 8</b> Visitas técnicas							
<b>Etapa 9</b> Entrevistas							
<b>Etapa 10</b> Publicização de resultados preliminares							
<b>Etapa 11</b> Seminário de Pesquisa I							
<b>Etapa 12</b> Sistematização de resultados parciais							
<b>Etapa 13</b> Memorial e Exame de Qualificação							
<b>Etapa 14</b> Estágio no Exterior							
<b>Etapa 15</b> Sistematização do Estágio no Exterior							
<b>Etapa 16</b> Relatório Parcial para a FAPESP							
<b>Etapa 17</b> Experimento							
<b>Etapa 18</b> Análise e Sistematização							
<b>Etapa 19</b> Seminário de Pesquisa II							
<b>Etapa 20</b> Publicização de resultados finais							
<b>Etapa 21</b> Redação da Tese							
<b>Etapa 22</b> Depósito e defesa da Tese							

**Quadro 2:** Cronograma de execução. Fonte: Autor.

### 3. RELATÓRIO DE ATIVIDADES

#### 3.1. Ficha do aluno

Curso	Área	Nº Sequencial	Situação	Visualizar
→ Doutorado	Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo (102132)	1	Matrícula de Acompanhamento	

Preparar para imprimir

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação



Universidade de São Paulo  
Instituto de Arquitetura e Urbanismo

#### FICHA DO ALUNO

102132 - 11393149/1 - Mario Andres Bonilla Vallejo

Email: maricvallejo@usp.br  
Data de Nascimento: 19/04/1995  
Cédula de Identidade: Passap - AQ027640 -  
Local de Nascimento: Colômbia  
Nacionalidade: Colombiana  
Graduação: Tecnólogo en Bibujo Arquiterónico y de Ingeniería - Universidad del Tolima - Colômbia - 2016  
Mestrado: Magister Scientiae (1) - Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais - Brasil - 2018

Curso: Doutorado  
Programa: Arquitetura e Urbanismo  
Área: Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo  
Data de Matrícula: 15/03/2019  
Início da Contagem de Prazo: 15/03/2019  
Data Limite para o Depósito: 15/09/2023  
Orientador: Prof(a). Dr(a). Marcelo Claudio Tramontano - 15/03/2019 até o presente. Email: tramont@sc.usp.br  
Proficiência em Línguas: Português, 24/10/2019  
Espanhol, 07/11/2019  
Prazo Máximo para Inscrição no Exame de Qualificação: 15/12/2021  
Data de Aprovação no Exame de Qualificação:  
Data do Depósito do Trabalho:  
Título do Trabalho:  
Data Máxima para Aprovação da Banca:  
Data de Aprovação da Banca:  
Data Máxima para Defesa:  
Data da Defesa:  
Resultado da Defesa:  
Histórico de Ocorrências: Primeira Matrícula em 15/03/2019

Aluno matriculado no Regimento da Pós-Graduação USP (Resolução nº 6542 em vigor de 20/04/2013 até 28/03/2018).

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 19/07/2021

Impresso em: 09/10/2021 21:08:12

Fig. 1: Disciplinas e relação dos créditos obtidos. Fonte: Sistema Janus - USP

## 3.2. Disciplinas

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação



**Universidade de São Paulo**  
**Instituto de Arquitetura e Urbanismo**  
**FICHA DO ALUNO**

102132 - 11393149/1 - Mario Andres Bonilla Vallejo

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
IAU5901-1/4	Concepção Arquitetônica e Cultura Digital	19/03/2019	10/06/2019	120	8	100	B	N	Concluída
IAU5952-1/5	Desenvolvimento Integrado de Edifícios e BIM	21/03/2019	12/06/2019	120	8	100	A	N	Concluída
IAU5822-2/3	Métodos de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo	22/03/2019	13/06/2019	120	8	100	A	N	Concluída
IAU5918-3/1	Procedimentos e Métodos de Ensino em Arquitetura e Urbanismo	03/05/2019	13/06/2019	60	4	100	A	N	Concluída
Atividade do Programa	Participou da Etapa de Estágio Supervisionado em Docência do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino junto à disciplina IAU0734 – Projeto III-B, ministrada aos alunos da Graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. (2)	01/07/2019	30/11/2019	-	4	-	-	-	-
IAU5844-1/1	Tópicos Especiais - Trabalho e Território: Pensar os Híbridos nos Processos Recentes de Transformação	01/08/2019	28/08/2019	60	0	-	-	N	Matrícula cancelada
IAU5849-1/1	Tópicos Especiais - Documentário e Cidade: Narrativas Audiovisuais e Estudos Urbanos	15/08/2019	16/10/2019	90	6	100	A	N	Concluída
IAU5850-1/1	Tópicos Especiais - Modelagem da Informação da Construção e Processo de Projeto	09/10/2019	22/10/2019	60	4	100	B	N	Concluída

	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito de tese	
<b>Disciplinas:</b>	24	32	42
<b>Estágios:</b>			
<b>Total:</b>	24	32	42

Créditos Atribuídos à Tese: 120

### Observações:

- 1) Curso com validade nacional, de acordo com o disposto na Portaria nº 1.327, de 18.11.2010
- 2) Créditos atribuídos de acordo com o disposto na Portaria GR-3588/05, alterada pelas Portarias GR-4391/09 e GR-4601/09 - PAE e aprovados pela Comissão de Pós-Graduação, em Sessão de 23/09/2020

**Conceito a partir de 02/01/1997:**

A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado; T - Transferência.

Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 19/07/2021

Impresso em: 09/10/2021 21:08:12

**Fig. 2:** Ficha do aluno. Fonte: Sistema Janus - USP

Procurou-se realizar disciplinas que alimentassem a pesquisa através de suas temáticas e bibliografias; assim, foram escolhidas disciplinas que dialogassem com questões das metateorias, processos de projeto e BIM. Também foi realizada a disciplina de

Procedimentos e Métodos em Arquitetura e Urbanismo, que complementa a formação do doutorando em relação a ensino e docência.

## **IAU5901 - CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA E CULTURA DIGITAL**

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo

**Docente responsável:** Prof. Assoc. Dra. Anja Pratschke

**Período:** 19/03/2019 - 10/06/2019

**Número de créditos:** 8

**Carga horária:** 120

**Conceito alcançado:** B

**Forma de Avaliação:** Resenhas e discussões de textos; apresentação de seminários; monografia sobre os temas abordados na disciplina

### **Ementa da disciplina**

**Objetivos:** GERAL: Ampliar a compreensão dos processos de produção em arquitetura e design, através da leitura, comparação e análise crítica de seus desenvolvimentos, a partir dos anos 1960, sobre o pano de fundo da evolução dos meios de comunicação e de teorias sistêmicas. ESPECÍFICOS: 1. Analisar diferentes metodologias utilizadas na produção arquitetônica e de design do período 2. Introduzir a História das Mídias, verificando em sua evolução recente a relação entre o desenvolvimento de tecnologias de meios de comunicação e suas diferentes linguagens. 3. Entender transformações ocorridas no pensamento projetual arquitetônico e de design a partir da introdução de teorias sistêmicas.

**Justificativa:** A disciplina visa a lançar um olhar claramente interdisciplinar sobre o processo projetual arquitetônico, a partir de reflexões de pensadores consagrados e examinando porções relevantes da produção arquitetônica e de design do período. Esse exame se faz sobre o pano de fundo da evolução dos meios de comunicação e teorias sistêmicas que surgem nos anos 1960 buscando entender como tem-se constituído o que nos habituamos a chamar de cultura digital, na contemporaneidade, permitindo desenvolver ainda uma compreensão aprofundada sobre métodos de projeto e questões contemporâneas projetuais. Dentro desses limites de abrangência, essa disciplina visa a contribuir para as reflexões em curso nas Sub-Áreas TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DO URBANISMO e ARQUITETURA, URBANISMO e TECNOLOGIA do programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP, ainda propondo-se a contribuir para a construção de referencial teórico de pesquisas de temáticas diversas em curso no Programa, cujo recorte temporal se situe a partir dos anos 1960 até a atualidade.

### **Conteúdo:**

- BLOCO 1: HISTÓRIA DA MÍDIA: Informação e Comunicação em quatro momentos; Tecnologia, Educação, Trabalho e Criatividade na era digital.

- BLOCO 2: REVISÃO: ARQUITETURA E DESIGN NOS ANOS 1960, CONTEXTO E CONCEITOS, AGENDAS TEMATICAS: Agendas de Programas, Ciência e Arquitetura, Propostas Educacionais em Arquitetura, Ecologia e Tecnologia para Arquitetura e Urbanismo. Aspectos sociais e culturais em exemplos de intervenções.
- BLOCO 3: TEORIAS SISTEMICAS NO PROCESSO DE PROJETO: Introdução e Comparação de teorias sistêmicas como a Arte da Memória, Arte Combinatória, Cibernética, Sistemas e Complexidade, Circularidade, Recursividade, Interação, Caixa Preta. Teoria Ideal da Máquina, Modelo de Sistema Viável, Teoria da Conversação, Comunicação Ecológica
- BLOCO 4: ESCALAS DE INTERVENÇÃO, EXEMPLOS E ANÁLISES: Agenda revisada, Mídia digital, Plataformas, Inteligência Artificial, Sustentabilidade, Ecologia, Ações sociais, Experiência, Estética sistêmica, Arquitetura relacional, Interatividade e Transdisciplinaridade, Visualização, Colaboração no processo projetual e na organização da intervenção. Apresentação de exemplos e leituras sistêmicas dos processos em várias escalas: do objeto ao prédio ao urbano ao virtual. Perspectivas e Relações entre pesquisas.

### **Contribuições da disciplina**

A grande quantidade de leituras e a qualidade das discussões em sala de aula contribuíram para o aprofundamento sobre as metateorias abordadas no horizonte teórico da pesquisa. Também contribuiu diretamente para traçar relações teóricas com os processos de projeto em BIM. A disciplina se mostrou de grande importância para as aproximações do doutorando com conceitos e autores da cibernética e pensamento complexo, contribuindo diretamente nas reformulações do projeto de pesquisa. Além disso, a disciplina dedicou-se a construir um panorama do arcabouço teórico manejado pelo Nomads.usp, contribuindo para ampliar a gama de campos de conhecimento que podem se beneficiar da aplicação metodológica de conceitos cibernéticos.

### **Monografia desenvolvida: Andrew Pickering: da colaboração ao agenciamento (agency)**

#### **Resumo**

A proposta deste artigo visa refletir sobre o conceito de colaboração, avançando para um conceito mais abrangente que, além de contemplar as interferências de atores humanos, também considere as interferências de atores não-humanos, como as máquinas ou as tecnologias digitais. Neste sentido, o conceito de agenciamento ou agency, em inglês, através de seus postulados, oferece outros entendimentos no que diz respeito às interações entre atores de diversas ordens, afastando-se do pensamento tradicional e controlador das influências dos atores não-humanos. Por meio de uma revisão conceitual e de literatura das contribuições do sociólogo britânico Andrew Pickering, se realizou uma análise comparativa entre os conceitos de colaboração e

agenciamento, uma vez que o conceito de colaboração é compreendido desde uma perspectiva essencialmente humanista, enquanto o agenciamento deriva de uma perspectiva pós-humanista. Também uma breve revisão conceitual sobre a teoria do pós-humanismo foi realizada com o intuito de fornecer uma base para o entendimento do conceito de agenciamento. O artigo aqui apresentado reflete sobre formas organizacionais não hierárquicas que podem ser adotadas no campo da Arquitetura e Urbanismo no contexto de formas de trabalho conjunto com atores tanto humanos, como não-humanos. O artigo estrutura-se em 6 seções: 1) Introdução, na qual se apresenta uma minibiografia do sociólogo britânico Andrew Pickering e o contexto do assunto tratado no presente artigo; 2) Colaboração: humanismo, na qual se conceitualiza o termo colaboração e se identifica sua essência humanista por meio do entrelaçamento de entendimentos de diversos campos de estudo; 3) Pós-humanismo, nesta seção se apresenta brevemente a teoria pós-humanista, com o visando auxiliar na compreensão do conceito de agenciamento; 4) Agenciamento (Agency), seção na qual se reflete comparativamente o humanismo implícito no conceito de colaboração e o pós-humanismo do conceito de agenciamento, além de exemplificar a dança de agenciamento e suas emergências práticas uma vez considerado o agenciamento humano e não-humano; 5) Considerações finais, na qual se apresenta a análise final do assunto abordado pelo artigo; e 6) Referências bibliográficas, contém as fontes secundárias utilizadas para o desenvolvimento do artigo. Uma vez compreendida a teoria do pós-humanismo e o conceito de agenciamento, novas formas organizacionais podem resultar, visto que a contemplação do agenciamento não-humano e suas interferências estimulam o fenômeno da emergência. O artigo discute e reflete sobre a contemplação do agenciamento não-humano e a aceitação de suas interferências no agenciamento humano a partir de uma perspectiva pós-humanista, visando ampliar o entendimento formas organizacionais não hierárquicas.

**Palavras-chave:** Agenciamento, Colaboração, Pós-humanismo, Complexidade, Emergência

#### **Referências da Monografia**

ARNOLD-CATHALIFAUD, M.; THUMALA, D.; URQUIZA, A. Colaboración, cultura y desarrollo: entre el individualismo y la solidaridad organizada. Revista Mad. **Revista del Magíster en Análisis Sistémico Aplicado a la Sociedad**. n. 2, p. 15-34, 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=311249719003>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

BROWN, A; BERRIDGE, P. Games One:Two:Three A triangle of virtual game scenarios for architectural collaboration. **ACCOLADE**. 2001 DALKIR, K. **Knowledge Management in Theory and Practice**. Oxford, Inglaterra: Elsevier. 2011.

ELLIOTT, M. Stigmergic Collaboration: A Framework for Understanding and Designing Mass Collaboration: In CRESS, U; MOSKALIUK, J; JEONG, H. (Edi.). **Computer-Supported**

**Collaborative Learning Series:** Mass Collaboration and Education. New York: Springer, p. 65-84, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-13536-6\_4

FERREIRA, M. G. G. **Requisitos e arquitetura para sistemas de apoio à colaboração nas fases iniciais do processo de projeto.** 2006. 230 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FONTANA, I. **Fatores críticos de sucesso para a colaboração no design de sistemas produto-serviço.** 2012. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal do Paraná – Ufpr., Curitiba, 2012.

HAMID, B. Mapping Design Process into Process Design: Implementing Collaborative Design from Social Psychological Approaches. In: **25 eCAADe Conference on Predicting the Future**, p. 711–716, 2007.

HEEMANN, A; LIMA, P; CORRÊA, J. Fundamentos para o Alcance da Colaboração em Design. **8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em de.** São Paulo – Sp, p. 1338-1349. 08 out. 2008.

JOHN-STEINER, V. **Creative Collaboration.** New York: Oxford University Press. 2000.

KVAN, T. **But is it collaboration?** [s.l.] 1997

KVAN, T. Collaborative design: what is it? **Automation in Construction.** [s.l.] v. 9, p. 409–415, 2000.

LÉVY, P. **Inteligencia colectiva: por una antropología del ciberespacio.** Washington, D.C: Organización Americana de la salud. 2004.

LOZANO, A. **Antropología colaborativa y movimientos sociales:** construyendo ensamblajes virtuosos entre sujetos en proceso. *Ankulegi* 19, p. 59-73, 2015.

MORIN, E. **O método 1: a natureza da natureza.** Tradução de Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina. 2005.

PICKERING, A. **The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science.** Chicago: The University Of Chicago Press, 1995. 297 p. PICKERING, A. GUZIK, K (Ed.). **The Mangle in Practice: Science, Society, and Becoming.** Londres: Duke University Press, 2008. 322 p.

PICKERING, A. Living in the material world. In: 2nd organisations, artifacts and practices workshop, materiality and space in management and organisation studies, 2., 2012, Paris. **Materiality and space in management and organisation studies.** Paris: Université Paris Dauphine, 2012.

PICKERING, Andrew. Being in an environment: a performative perspective. **Natures Sciences Sociétés,** [s.l.], v. 21, n. 1, p.77-83, jan. 2013. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2013067>.

RAE, Gavin. Heidegger's influence on posthumanism. **History Of The Human Sciences**, [s.l.], v. 27, n. 1, p.51-69, 19 set. 2013. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0952695113500973>.

SANTOS, D. **Espaços híbridos na cidade: interfaces computacionais para comunidades locais**. 2008. 453 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SOUZA, C; MARCZAK, S; PRIKLADNICKI, R. Desenvolvimento colaborativo de software. In: PIMENTEL, Mariano; FUKS, Hugo (Org.). **Sistemas Colaborativos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 122-134.

VALLEJO, M. **La colaboración en procesos digitales de diseño**: Reflexiones a partir de uma investigación-acción. 2018. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

VON FOERSTER, H., et al (eds.). **Cybernetics of Cybernetics**, BCL Report 73.38, Biological Computer Laboratory, Dept. of Electrical Engineering, University of Illinois, Urbana, 1974.

WOLFE, C. **What is posthumanism?** Minneapolis: University Of Minnesota Press, 2010. 393 p.

## **IAU5952 - DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE EDIFÍCIOS E BIM**

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo

**Docente responsável:** Prof. Assoc. Dr. Márcio Minto Fabricio e Prof. Dr. Givaldo Luiz Medeiros

**Período:** 21/03/2019 - 12/06/2019

**Número de créditos:** 8

**Carga horária:** 120

**Conceito alcançado:** A

**Forma de Avaliação:** Resenhas e discussões de textos; apresentação de seminários; atividades práticas de modelagem BIM; monografia sobre os temas abordados na disciplina

### **Ementa da disciplina**

**Objetivos:** Estudar o processo de projeto de diferentes tipos de empreendimentos de edifícios, caracterizando os principais agentes envolvidos e as formas de organização e contratuais do processo de projeto. Aprofundar a investigação sobre Entrega Integrada de Projetos, coordenação e compatibilização de projetos. Estudar e investigar, de forma teórica e prática, a aplicação da Modelagem da Informação da Construção (BIM) na construção de edifícios.

**Justificativa:** Com a crescente complexidade dos empreendimentos de construção de edifício e com as novas tecnologias de modelagem paramétrica de edifícios, o processo de projeto envolve cada vez mais agentes especializados (promotor, incorporador, construtores, projetistas de arquitetura, projetistas de estrutura, projetistas de instalações hidráulicas, projetistas de

instalações elétricas, projetistas de ar-condicionado, projetistas de produção, etc.), com interesses e formações dispares. Nesse contexto a gestão do processo de projeto e a modelagem paramétrica de projetos desempenham um papel crucial na integração de soluções projetuais, com impacto na qualidade dos projetos e no desempenho das edificações ao longo do ciclo de vida (projeto, obra, uso, manutenção e demolição). Esta disciplina discute e aprofunda conceitos, metodologias e estudos de caso para desenvolver integrado de edifícios e modelagem da informação da construção.

**Conteúdo:** 1- Caracterização do processo de projeto de edifícios; 2- Os agentes envolvidos no projeto (promotor, incorporador, construtores, projetistas de arquitetura, projetistas de estruturas, projetistas de instalações hidráulicas, projetistas de instalações elétricas, projetistas de ar-condicionado, projetistas de produção, etc.); 3- O desenvolvimento integrado de produto e processo na construção de edifícios (Projeto Simultâneo); 4- Conceitos de compatibilização e de coordenação de projetos e projeto integrado de edifícios; 5- Os impactos da Informática na produção e automação de projetos; 6- Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM); 7- Estudos de caso a aplicação da modelagem da informação da construção.

### **Contribuições da disciplina**

As discussões que o tema da disciplina suscitou permitiram adentrar em questões referentes ao desenvolvimento de projetos que comportem diversas alterações do programa de necessidades ao longo de sua vida útil. Ao mesmo tempo, contribuiu com a construção de uma noção do contexto do desenvolvimento de edifícios institucionais no Brasil, que coincidiu com as experimentações de pré-fabricação do concreto e do metal. Em um plano mais amplo, a disciplina permitiu refletir que a técnica da construção modular também pode ser pensada sob uma ótica computacional, uma vez que possui a capacidade de quantificar e declarar dados de forma clara e concisa, ao ponto de poderem ser informatizados e utilizados em bases computacionais, como o BIM.

### **Monografia apresentada: A colaboração em BIM ou BIM na colaboração?**

#### **Resumo**

Existe um aumento nos interesses acadêmicos e profissionais por desenvolver colaborativamente projetos de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). No entanto, tais interesses põem em evidência um uso indiscriminado do conceito de colaboração, promovido por conhecimentos superficiais sobre o assunto. Neste sentido, o trabalho aqui apresentado aborda a colaboração como forma de trabalho com características essencialmente sociais. Fundamentado em uma metodologia de revisão de literatura, o artigo discute a colaboração no contexto do *Building Information Modeling* (BIM), o qual se pretende e autodenomina colaborativo. Recorreu-se às características sociais do conceito de colaboração para identificar as lacunas do BIM no que diz respeito ao suporte da colaboração e, a partir disso, expor algumas reflexões sobre possíveis

perspectivas que poderiam oferecer soluções significativas. Também se consideram os aportes do campo do trabalho cooperativo apoiado por computador (*Computer Supported Cooperative Work - CSCW*).

**Palavras-chave:** Colaboração, BIM, CSCW

### Referências da Monografia

ABUELMAATTI, A; AHMED, V; BABAN, H. **Collaborative Environments in Small and Medium-sized Enterprises in Architecture, Engineering and Construction**. 7th International Conference Proceedings Of The Arab Society For Computer Aided Architectural Design, Jeddah, 2014. p. 183-193.

ACHTEN, H; BEETZ, J. What Happened to Collaborative Design? **Ecaade 27: Computation: The New Realm of Architectural Design**. Istambul, Turquia, p. 357-366. 16 ago. 2009.

AFSARI, K; EASTMAN, C; SHELDEN, D. Data Transmission Opportunities for Collaborative Cloud-Based Building Information Modeling. In: SIGRADI 2016, 20., 2016, Buenos Aires. **XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**. Buenos Aires: Blucher Design Proceedings, 2016. p. 907 - 913.

BOTELHO, E.; VIDAL, J. CSCW - Trabalho cooperativo suportado por computador. **Holos**, [s.l.], v. 1, p.130-137, 25 dez. 2007. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2005.64>

BRANDON, P. Sharing intelligence: The problem of knowledge atrophy. In: KOCATÜRK, T; MEDJDOUB, B (Ed.). **Distributed Intelligence in Design**. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. Cap. 4. p. 36-47.

CASTELLS, M. **La sociedad red: La era de la información: economía, sociedad y cultura**. 2. ed. Madrid: Alianza Editorial, 2000. 1 v.

COELHO, S; NOVAES, C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: VIII Workshop Brasileiro - Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008.

DEGUINE, L; GAUILLIERE, N; PORCEL, L; RODRIGUEZ, I. **Wikitecture: a collaborative and open-source platform for a decentralized architecture production**. 2014. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, École Nationale Supérieure D'architecture Paris-malaquais, Paris, 2014. Disponível em: <[http://www.academia.edu/10391518/Wikitecture\\_a\\_collaborative\\_and\\_open-source\\_platform\\_for\\_a\\_decentralized\\_architecture\\_production](http://www.academia.edu/10391518/Wikitecture_a_collaborative_and_open-source_platform_for_a_decentralized_architecture_production)>. Acesso em: 09 fev. 2018.

DOSSICK, C. S; NEFF, G. Messy talk and clean technology: Communication, problem-solving and collaboration using building information modelling. **Engineering Project Organization Journal**, [s.l.], 83-93, 2011.

EL-DIRABY, T; KRIJNEN, T; PAPAGELIS, M. BIM-based collaborative design and socio-technical analytics of green buildings. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 82, p.59-74, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.004>.

HOSHIKAWA, Y; WAKABAYASHI, K. Automatic Extraction of Discussion based on Sentence Type Estimation. **Companion Of The 2017 Acm Conference On Computer Supported Cooperative Work and Social Computing - CSCW '17 Companion**, [s.l.], p.203-206, 2017. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/3022198.3026336>.

IBRAHIM, N. H. Reviewing the evidence: use of digital collaboration technologies in major building and infrastructure projects. **(ITcon)**. [s.l.], V. 18, p. 40-63. fev. 2013.

MAHYAR, N; BROWNE, J; LIU, W; YANG, W; XIAO, I; DOW, S. ConsesnsUs. **Companion Of The 2017 Acm Conference On Computer Supported Cooperative Work And Social Computing - Cscw '17 Companion**, [s.l.], p.17-20, 2017. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/3022198.3023269>

MORIN, E. **O método 1: a natureza da natureza**. Tradução de Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina. 2005.

NITZKE, J; CARNEIRO, M; GELLER, M. SANTAROSA, L. Criação de ambientes de aprendizagem colaborativa. In: **X SBIE**, 10., 1999, Curitiba. Curitiba, 1999. Disponível em: <<http://penta.ufrgs.br/pgie/sbie99/acac.html>>. Acesso em: 15 maio 2018

OXMAN, R. Digital design collaboration: From BIM to BKM – enhancing human creativity. In: SHEN, G; BRANDON, P; A BALDWIN, (Ed.). **Collaborative Construction Information Management**. Inglaterra: Spon Press, 2009. Cap. 6. p. 92-108.

RUSCHEL, R. **To BIM or not to BIM?** III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Arquitetura, Cidade E Projeto: Uma Construção Coletiva, 2014, São Paulo. 16p.

SARRO, C. **Implementação de uma política de colaboração para um ambiente de co-autoria de diagrama de classes**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência Da Computação, Faculdade De Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2006.

SHAFIQ, M. T.; MATTHEWS, J.; LOCKLEY, S. R. A study of bim collaboration equirements and available features in existing model collaboration systems. **Journal Of Information Technology In Construction (ITcon)**. [s. l.], p. 148-161. abr. 2013. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2013/8>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

SHI, Y; WANG, Y; QI, Y; CHEN, J; XU, X; MA, K. IdeaWall. **Proceedings Of The 2017 Acm Conference On Computer Supported Cooperative Work And Social Computing - CSCW '17**, [s.l.], p.594-603, 2017. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/2998181.2998208>.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.357-375, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

## **IAU5822 - MÉTODOS DE PESQUISA EM ARQUITETURA E URBANISMO**

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo

**Docente responsável:** Prof. Assoc. Dr. Márcio Minto Fabricio, Prof. Dr. Tomás Antonio Moreira e Profa. Dra. Aline Coelho Sanches Corato

**Período:** 22/03/2019 - 13/06/2019

**Número de créditos:** 8

**Carga horária:** 120

**Conceito alcançado:** A

**Forma de Avaliação:** Participação em aula e apresentações em Seminários.

### **Ementa da disciplina**

**Objetivos:** Promover o conhecimento sobre os paradigmas e métodos de uma pesquisa científica. Desenvolver estudos sobre os fundamentos teóricos, instrumentos e procedimentos metodológicos adotados em pesquisas na Arquitetura e no Urbanismo. Desenvolver a formulação dos projetos de pesquisa dos alunos, considerando a estruturação do tema, problema(s), hipótese(s), objetivo(s), método(s) e técnicas. Desenvolver de forma crítica e consciente o projeto de pesquisa, identificando a contribuição da pesquisa ao conhecimento científico e considerando as estruturas organizativas de pesquisa e de fomento de integração no modo de produção capitalista.

**Justificativa:** O campo de conhecimento da Arquitetura e do Urbanismo apresenta uma diversidade de teorias, questões, conteúdos e métodos provenientes de diferentes áreas e disciplinas. Dessa forma, é fundamental conhecer, refletir e investigar tal diversidade para o aprimoramento das práticas do conhecimento científico nesse campo. Além disso, é essencial fomentar o desenvolvimento de projetos de pesquisas de excelência, amparados numa adequada formulação teórico-metodológica.

**Conteúdo:** A disciplina estrutura-se em quatro módulos: Módulo 1 – A pesquisa científica e seus campos; Módulo 2 – Métodos, delineamento da pesquisa e ferramentas; Módulo 3 – Teses e dissertações em Arquitetura e Urbanismo; Módulo 4 – Projetos de pesquisa. Cada um dos módulos, está composto por aulas teóricas, discussões coletivas e realização de exercícios individuais, de modo a compor o domínio dos procedimentos metodológicos mais utilizados nas pesquisas em Arquitetura e Urbanismo.

### **Contribuições da disciplina**

A disciplina aportou entendimentos no que diz respeito às diversas abordagens metodológicas em Arquitetura e Urbanismo, contribuindo diretamente na produção e reformulação do projeto de pesquisa. A disciplina se dispôs como *locus* de discussão e compartilhamento de conhecimentos sobre as relações dos componentes que conformam a pesquisa científica, envolvendo o debate dos objetos de pesquisa, objetivos e métodos. Essas discussões e conhecimentos, ao serem abordados sob o olhar das diversas pesquisas dos alunos do programa de pós-graduação, ajudaram a construir bases sólidas para as escolhas metodológicas na pesquisa.

## **IAU5918 - PROCEDIMENTOS E MÉTODOS DE ENSINO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo

**Docente responsável:** Prof. Dr. Tomás Antonio Moreira, Profa. Dra. Eulalia Portela Negrelos e Prof. Dr. David Moreno Sperling

**Período:** 03/05/2019 - 13/06/2019

**Número de créditos:** 4

**Carga horária:** 60

**Conceito alcançado:** A

**Forma de Avaliação:** Seminários e discussão de textos; Avaliação final: participação do aluno ao longo da disciplina e apresentação final do exercício de análise.

### **Ementa da disciplina**

**Objetivos:** Preparar o aluno para desenvolver o estágio PAE. Oferecer uma visão da situação do ensino superior no Brasil. Discutir a formação do arquiteto e urbanista.

**Justificativa:** Para a inserção dos alunos de pós-graduação nas atividades didáticas da graduação, o curso busca oferecer elementos para a compreensão do processo de formação do arquiteto e urbanista assim como situar esta formação no contexto atual do ensino superior no Brasil.

**Conteúdo:** Panorama da expansão recente do ensino superior no Brasil: instituições públicas e privadas; o ensino de arquitetura e urbanismo: experiências nacionais e internacionais; o ensino de teoria e história para formação de arquitetos e urbanistas; ensino de projeto para formação de arquitetos e urbanistas; ensino de Representação e linguagem para formação de arquitetos e urbanistas; ensino de tecnologia para formação de arquitetos e urbanistas; análise crítica de currículos, ementas de disciplinas, planejamento de cursos.

### **Contribuições da disciplina**

As contribuições da disciplina se estendem para além da pesquisa, uma vez que as discussões promoveram reflexões de grande importância para a docência em Arquitetura e Urbanismo. Serviu, então, como base para reflexão na atividade do doutorando como futuro professor, fornecendo subsídios para sua atuação como docente e pesquisador, ampliando os conhecimentos sobre as maneiras de acompanhamento de alunos na sala de aula e nas pesquisas.

## **IAU5849 - TÓPICOS ESPECIAIS - DOCUMENTÁRIO E CIDADE: NARRATIVAS AUDIOVISUAIS E ESTUDOS URBANOS**

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo

**Docente responsável:** Prof. Assoc. Dr. Marcelo C. Tramontano

**Período:** 15/08/2019 - 16/10/2019

**Número de créditos:** 6

**Carga horária:** 90

**Conceito alcançado:** A

**Forma de Avaliação:** participação individual nas aulas, e através de produto filmográfico realizado em duplas.

## **Ementa da disciplina**

### **Objetivos:**

#### 1.1. Geral

O objetivo geral da disciplina é verificar limites e potencialidades da utilização do filme documental e de narrativas audiovisuais como meio de aproximação e representação de espaços urbanos e suas dinâmicas, relacionando os campos disciplinares da Arquitetura e do Cinema e, particularmente, estudos urbanos e audiovisuais.

#### 1.2. Específicos

Revisar e aproximar da área de Arquitetura e Urbanismo o pensamento teórico que situa o filme documentário como meio de pesquisa nas Ciências Humanas; Contribuir para a ampliação dos procedimentos utilizados para a compreensão dos espaços urbanos em Arquitetura e Urbanismo; Estudar e experimentar o processo de realização do filme documentário como locus de comunicação e reflexão conjunta, envolvendo pesquisadores de Arquitetura e Urbanismo e de outras áreas do conhecimento; Produzir documentários de curta duração constituindo leituras de espaços públicos urbanos.

**Justificativa:** Os métodos clássicos de aproximação e leitura da cidade na área de Arquitetura e Urbanismo não costumam incluir o uso do filme documental. Mesmo dentre os muitos estudos que abordam as relações entre Arquitetura e Cinema, poucos são os que tratam do assunto do ponto de vista documental e da leitura de cenas urbanas, e ainda menos numerosos são aqueles que abordam a utilização do documentário como método para essa leitura, comum nas Ciências Humanas. Diante da complexidade da vida cidadina contemporânea, consideramos que as linguagens audiovisuais constituem um meio relevante a ser utilizado para explorar, representar, estudar e, eventualmente, potencializar, junto aos espectadores/habitantes e usuários dos espaços arquitetônicos, questões urbanas atuais. A disciplina pretende explorar a construção de narrativas audiovisuais capazes de expressar e evidenciar questões urbanas selecionadas, fundamentadas em trabalhos das áreas de antropologia visual, cinema e arquitetura e urbanismo. Individualmente ou em duplas, os alunos produzirão reflexões e discussões sobre os assuntos propostos, assim como realizarão filmes curtos experimentais. Não é necessário nenhum conhecimento técnico prévio de captura ou edição de imagem e som.

### **Conteúdo:**

Aula 1: Expositiva 1. Documentário 2. Cidade. Discussão coletiva. Solicitação de leituras de textos. Formação de equipes. Discussão de filme: EAU argentée: Syrie autoportrait. Direção: Ossama Mohammed, Wiam Simav Bedirxan. Síria/França, 2014. 90 min.

Aula 2: Discussão de textos: Cinema e documentário. Solicitação de clips, exercício de imagem e som. Leituras obrigatórias:

MACDOUGALL, David. De quem é essa história? In: Cadernos de Antropologia e Imagem. Rio de Janeiro: 5(2), UERJ, p. 93-105, 1997. Disponível em: <http://ppcis.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Cadernos-de-Antropologia-e-Imagem-5.-Antropologia-e-m%C3%ADdia-compactado.pdf>. Acesso 12 jun 2019.

NICHOLS, Bill. Em que os documentários diferem dos outros tipos de filme? In: Introdução ao documentário. Campinas: Papirus, 2010. P. 47-71.

Aula 3: Expositiva: Sociabilidade urbana. Discussão de textos: Cidade. Apresentação e discussão de clips, exercício de imagem e som. Leituras obrigatórias:

WIRTH, Louis. O urbanismo como modo de vida. In: Otávio Guilherme Velho (org.) O Fenômeno urbano. Rio de Janeiro: Zahar, 1967. P. 89-112.

SANTOS, Milton. O tempo nas cidades. Ciência e cultura, v. 54, n. 2, p. 21-22, 2002.

COMOLLI, Jean-Louis. A cidade filmada. In: Ver e poder – A inocência perdida: cinema, televisão, ficção, documentário. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. P. 179-185.

Aula 4: Discussão de filme e textos: O homem com a câmera, de Dziga Vertov. Solicitação de clips, exercício de narrativas. Leituras obrigatórias:

COSTA, M., BARBOSA, S. Um Homem com uma Câmera: o silêncio como imagem complexa no cinema de Dziga Vertov. In: Anais. XXXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Rio de Janeiro: Intercom, 2015. P. 1-12. Disponível em: <http://portalintercom.org.br/anais/nacional2015/resumos/R10-0977-1.pdf>. Acesso: 12 jun 2019.

MAN with a movie camera. Direção: Dziga Vertov. Rússia, 1929. 66 min. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cGYZ5847Fil>. Acesso em: 12 jun 2019.

Aula 5: Discussão de filme e textos:

Human vol. 2, de Yann Arthus-Bertrand. Apresentação e discussão de clips, exercício de narrativas. Solicitação de pré-roteiros. Leituras obrigatórias: HUMAN vol. 2. Direção: Yann Arthus-Bertrand. França, 2015. 86 min. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZJ3clmzjNps> Acesso em: 12 jun 2019.

COMOLLI, Jean-Louis. A outra escuta: prática e teoria da entrevista. In: Ver e poder – A inocência perdida: cinema, televisão, ficção, documentário. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. P. 86-89.

FROCHTENGARTEN, Fernando. A entrevista como método: uma conversa com Eduardo Coutinho. In Psicologia USP, v. 20, n. 1. São Paulo, IP-USP, mar. 2008.

Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1678-51772009000100008&script=sci\\_arttext](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1678-51772009000100008&script=sci_arttext). Acesso em 16. jun. 2015.

Aula 6: Discussão sobre pré-roteiros propostos pelos alunos. Discussão sobre edição de imagem e de som.

Aula 7: Discussão sobre material captado pelas equipes. Solicitação de edição.

Aula 8: Discussão sobre material editado pelas equipes (first cut).

Aula 9: Apresentação dos produtos das equipes e discussão coletiva. Avaliação coletiva da disciplina.

### **Contribuições da disciplina**

A disciplina contribuiu principalmente no relacionado às metateorias propostas no horizonte teórico da pesquisa, uma vez que fomentou a compreensão delas por meio da aplicação em situações práticas. O audiovisual, em especial o documentário, é um meio extremamente válido tanto em pesquisas acadêmicas quanto em processos de observação, como o proposto na pesquisa de doutorado. A disciplina contribui para o entendimento do documentário enquanto forma de observação participativa, alinhado as práticas do Núcleo de pesquisa do doutorando com as atividades práticas da pesquisa.

### **Monografia apresentada: Parada 9-2-1: uma experiência de observação da cidade**

#### **Resumo**

O processo de observação e registro da cidade solicita, antes de tudo, a criação de filtros, de focos específicos para os diversos subsistemas do sistema complexo Cidade, para auxiliar na sua compreensão. Este processo de observar e registrar a cidade, de filmá-la e enxergá-la através de filtros definidos, abre passo para o reconhecimento de elementos constantes nela. Tão constantes que se perdem no meio de outros elementos constantes, fazendo necessário o uso consciente desses filtros para tal reconhecimento. Foi, dessa forma, que a disciplina “Tópicos Especiais - Documentário e Cidade: Narrativas Audiovisuais e Estudos Urbanos” ministrada pelo Professor Associado Dr. Marcelo Tramontano, forneceu os fundamentos teóricos necessários para contemplar o documentário como metodologia de pesquisa e usar as ferramentas que este oferece para, de forma prática, entender e identificar os vários sistemas interdependentes que conformam a Cidade. Fortemente inspirados no documentário “Um Homem com uma Câmera” (1929), do cineasta Dziga Vertov, e apoiados na análise realizada por Costa e Barbosa (2015), foi de nosso interesse filmar e editar a realidade de um subsistema da cidade, o Sistema de Transporte Público. Como resultado, o documentário “Parada 9-2-1”, produzido na disciplina “Tópicos Especiais - Documentário e Cidade: Narrativas Audiovisuais e Estudos Urbanos”, pretende mostrar os aspectos similares que

representam o sistema como um todo e os aspectos característicos que diferenciam cada uma das partes, mas que, ao invés de estarem isoladas, se relacionam de forma interdependente pela dinâmica circular do sistema.

### **Referências da Monografia:**

BERTALANFFY, L. **Teoria General de los Sistemas**. México D.F. Fondo de Cultura Económica, 1976. 336 p.

COMOLLI, J. **A cidade filmada**. Cadernos de Antropologia e Imagem, Rio de Janeiro, n.4, 1995.

COSTA, M., BARBOSA, S. Um Homem com uma Câmera: o silêncio como imagem complexa no cinema de Dziga Vertov. In: **Anais**. XXXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Rio de Janeiro: Intercom, 2015. P. 1-12.

FONSECA DE CASTRO, F. A narrativa documental diegética. In **Sessões do Imaginário**, v. 20, n. 33. Porto Alegre: PUC-RS, 2015. p. 20-26.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. 4. ed. Porto Alegre. Sulina, 2011.

NICHOLS, B. Em que os documentários diferem dos outros tipos de filme? In: Introdução ao documentário. 5ª ed. Campinas: Papirus, 2010. P. 47-71.

VON FOERSTER, H., et al (eds.). **Cybertnetics of Cybernetics**, BCL Report 73.38, Biological Computer Laboratory, Dept. of Electrical Engineering, University of Illinois, Urbana, 1974.

## **IAU5850 - TÓPICOS ESPECIAIS - MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PROCESSO DE PROJETO**

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo

**Docente responsável:** Prof. Assoc. Dr. Márcio Minto Fabricio e Prof. Dr. Rodrigo Codinhoto

**Período:** 09/10/2019 - 22/10/2019

**Número de créditos:** 4

**Carga horária:** 60

**Conceito alcançado:** B

**Forma de Avaliação:** Monografia apresentada sobre os temas abordados na disciplina

### **Ementa da disciplina**

**Objetivos:** Comparar os impactos de um processo de projeto apoiado pelo BIM com o das abordagens mais tradicionais. Os Resultados de Aprendizagem Pretendidos (ILOs) são:

1 - Discutir o estado da arte em BIM é derivado de práticas de pesquisa pesquisadas, testadas e recomendadas pela TI.

2 - Categorizar, por maturidade, os vários níveis de BIM e os sistemas de gerenciamento de dados e outras características que sustentam cada nível, a saber; sequenciamento, custo e impacto ambiental, incluindo emissões incorporadas.

3 - Avaliar as razões e motivações por trás da iniciativa do Governo para todos os edifícios adquiridos publicamente e projetos de infraestrutura a serem entregues usando o nível 2 do BIM até 2016.

4 - Avaliar todas as implicações do BIM nos setores do ambiente construído.

5 - Avaliar criticamente a documentação / orientação produzida para a indústria em uso.

6 - Avaliar as implicações do BIM em outros trabalhos de construção e infraestrutura (ou seja, o restante do mercado).

7 - Compare as implicações do BIM com a abordagem tradicional em exemplos selecionados de baixo carbono.

**Justificativa:** O projeto e a ocupação do edifício são o assunto explorado nesta unidade ensinada, com foco no uso de Building Information Modeling (BIM) para apoiar o projeto e o gerenciamento de instalações (FM). O BIM for FM teve sua primeira aplicação significativa na Ópera de Sydney (Ballesty et al., 2006; Schevers et al., 2007) e tem visto várias aplicações em todo o mundo desde então. Esta unidade não abordará de forma significativa a questão das aplicações, conforme discutido por Becerik-Gerber et al., (2012), Arayici et al., (2012) ou a compilação de aplicações de caso apresentadas por Teicholz (2013) e Volk et al. (2014). Em vez disso, ele se referirá ao contexto do Reino Unido e às publicações anteriores do pesquisador sobre vários casos (por exemplo, Codinhoto et al., 2013a; Kiviniemi e Codinhoto, 2014; Comlay 2015 e Comlay e Codinhoto, 2017), para formar o argumento A adoção extensiva do BIM para o projeto, construção e gerenciamento de instalações não aconteceu e, como tal, está falhando em fornecer benefícios ambientais e econômicos críticos.

#### **Conteúdo:**

1 - Introdução - A necessidade do BIM no processo de projeto:

2 - Ferramentas e Tecnologia BIM

3 - Implementação e ROI (Retorno no Investimento) BIM

4 - Padrões e Contratos BIM

5 - Maturidade e LOD (Nível de Desenvolvimento/Detalhamento/Informação no Modelo BIM)

6 - Interoperabilidade e troca de dados

7 - Sustentabilidade, BIM para Projetos de Infraestrutura e Big Data

#### **Contribuições da disciplina**

A disciplina contribuiu para com a pesquisa em dois sentidos principais, 1) no entendimento ampliado do BIM em uma esfera global, no relacionado tanto a sua implementação quanto a seu uso, e 2) na produção inicial de uma Revisão Sistemática

de Literatura. Além disso, a disciplina abordou de maneira prática modos e ferramentas de contratar e desenvolver projetos em BIM.

### **Monografia apresentada: *Systematic Literature Review on BIM implementation Research***

#### **Resumo**

A proposta deste artigo visa desenvolver uma visão geral sobre a implementação do *Building Information Modeling* (BIM), e levantar os vários temas que são abordados pela literatura científica no que diz respeito à implementação do BIM no mundo. Por meio de uma revisão sistemática de literatura, foram classificados 100 resumos de artigos acadêmicos entre 2015 e 2019. Foram consultados 65 diferentes revistas e eventos do mundo, 15 bancos de dados online e 5 indexadores, entre eles Scopus. Se estipularam parâmetros para a seleção dos resumos, como a revisão por pares dos artigos acadêmicos, por exemplo. O artigo aqui apresentado realiza uma análise bibliométrica abordando os seguintes tópicos: a) Continente em que a pesquisa foi realizada; b) País dos autores por artigos submetidos ao longo do tempo; c) Distribuição dos artigos publicados em periódicos ao longo do tempo; d) Método geral de pesquisa adotado; e) Foco no processo, pessoas ou TI (*software*). O artigo estrutura-se em 6 seções: 1) Protocolo de pesquisa, na qual se faz referência ao documento em anexo que registra a sistematização dos dados levantados; 2) Introdução, na qual se apresenta, de forma sucinta, a pesquisa de Revisão Sistemática de Literatura; 3) Evolução cronológica da área, na qual se realiza uma análise comparativa dos dados levantados e se reflete sobre os resultados obtidos; 4) Produção da literatura, nesta seção se apresentam dois gráficos que sistematizam a produção anual da literatura acadêmica conforme dois critérios, (1) continente e (2) país dos autores; 5) Considerações finais, na qual se apresenta a análise final do assunto abordado pelo artigo; e 6) Referências bibliográficas, contém as fontes secundárias utilizadas para o desenvolvimento do artigo. Uma vez compreendido o estado atual da literatura científica sobre a implementação do BIM, podem mapear-se lacunas e desenvolver pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** BIM *Implementation*, Revisão Sistemática de Literatura

#### **Referências da Monografia:**

ADAMU, Z. A., THORPE, T. How universities are teaching BIM: a review and case study from the UK. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Special issue: **9th AiC BIM Academic Symposium & Job Task Analysis Review Conference**, Vol. 21, 2016, p. 119-139; Disponível em <http://www.itcon.org/2016/8>

- AGUS, Muhammad 'Ariff Putra Ansaruddin; Hamzah, Noraini, Khoiry, Muhamad Azry. (2019). BIM Implementation in Asia Towards Functionalities: A Systematic Review. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 8, pg 60-65.
- AZENHA, M., LINO, J. C., COUTO, J. P. Implementação bim nos projetos de ensino do departamento de engenharia civil da uminho. In: **1º Congresso Português de Modelagem de Informações da Construção**. Guimarães, 2016, p.195-205.
- CHENG, J. C.P., LU, Q. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, Vol. 20, p. 442-478, 2015. Disponível em: <http://www.itcon.org/2015/27>
- DAKHIL, Ammar; UNDERWOOD, Jason; SHAWI, Mustafa Al. Critical success competencies for the BIM implementation process: uk construction clients. **Journal Of Information Technology In Construction (Itcon)**. P. 80-94. 2019. Disponível em: <http://www.itcon.org/2019/5>.
- GHAFFARIANHOSEINI, A., TOOKEY, J., GHAFFARIANHOSEINI, A., NAISMITH, N., AZHAR, S., EFIMOVA, O., RAAHEMIFAR, K. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p.1046-1053, 2016.
- HORE, A., KUANG, S.Y., MCAULEY, B., WEST, R. Development of a Framework to Support the Effective Adoption of BIM in the Public Sector: Lessons for Ireland. **Proceedings of the CIB World Building Congress 2019 on Constructing Smart Cities**. Hong Kong, China: 2019. p 17-21.
- JIN, R., HANCOCK, C., TANG, L., CHEN, C., WANATOWSKI, D., YANG, L. Empirical Study of BIM Implementation–Based Perceptions among Chinese Practitioners. **Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 5, p. 01-11, set. 2017.
- KEROSUO, H., MIETTINEN, R., PAAVOLA, S., MÄKI, T, KORPELA, J. Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects. **Production [S.L.]**, v. 25, n. 2, 2015, p. 289–297.
- LIU, S., XIE, B., TIVENDAL, L., LIU, C. Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry. **International Journal of Marketing Studies**, v. 7, n. 6, 2015, p.162.
- LIU, S., XIE, B., TIVENDAL, L., LIU, C. The Driving Force of Government in Promoting BIM Implementation. **Journal of Management and Sustainability**, v. 5, n. 4, 2015, p.157.
- LIU, N., RUAN, L., JIN, R., CHEN, Y., DENG, X., YANG, T. (2018). Investigation of individual perceptions towards BIM implementation-a Chongqing case study.

**Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 26, n. 7, 2019, p. 1455-1475.

RAMÍREZ, A. F., CARRASCO, O. L., SERAL, J. C. Implementación de gestión de pequeños proyectos de reforma mediante la metodología bim. In: **Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM**. Valencia, 2017, p.268-278.

ZHAO, X., FENG, Y., PIENAAR, J., O'BRIEN, D. Modelling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects. **Architectural Science Review**, v. 60, n. 6, 2017, pp.472-482.

### **3.3. Estágio docência - PAE**

Realização do Estágio em Docência PAE sob a orientação do Prof. Assoc. Dr. Marcelo Tramontano, nas disciplinas IAU - 734 PROJETO 3B e IAU - 733 PROJETO 3A. As disciplinas em questão abordam, entre outros assuntos, as especificidades de processos de projeto em BIM, fazendo ênfase no desenvolvimento conjunto de projetos de diferentes escalas através de um modelo tridimensional, seus dados e metadados. É pertinente ressaltar que a realização do Estágio em Docência sob a orientação do Prof. Assoc. Dr. Marcelo Tramontano, orientador da pesquisa de Doutorado, promoveu discussões constantes sobre o objeto de pesquisa a partir das experiências práticas que ocorrem dentro da sala de aula, e propiciou reflexões relevantes para o desenvolvimento da pesquisa em si.

O estagiário teve participação efetiva em todas as aulas e atividades da disciplina, nos trabalhos em sala de aula e fora dela. Também foi feito uso do grupo da disciplina online em rede social para comunicar-se com os alunos e professores de maneira rápida e efetiva, um dos aspectos colaborativos do conteúdo programático. O estagiário também elaborou e ministrou, sob supervisão, uma aula prática lidando com os conceitos do BIM e de sua aplicação no exercício proposto. O estagiário participou ativamente dos atendimentos, lidando com as questões colocadas em cada fase de trabalho, e mais especificamente, no uso dos programas BIM no exercício proposto.

Cabe ressaltar que o estágio supervisionado em docência contribuiu em diversos aspectos na formação acadêmica do doutorando. Poder acompanhar professores experientes na discussão de preparação das disciplinas, no acompanhamento dos alunos, nas aulas expositivas e nas avaliações, é de suma importância para a ampliação da experiência em docência. O estágio PAE se constituiu como uma oportunidade concreta na qual podem compreender-se as diferentes dinâmicas dentro da sala de aula e as formas de acompanhar os alunos.

### **3.4. Exame de proficiência em língua estrangeira**

O doutorando obteve aprovação de proficiência em Língua Espanhola, como requisitado pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. A aprovação consta na ficha do aluno. Além da Língua Espanhola, o doutorando possui proficiência em Língua Portuguesa. O exame de proficiência, além de ser exigido pelo Programa de Pós-Graduação, é também uma ferramenta de avaliação do nível de entendimento do idioma escolhido, essencial para a pesquisa bibliográfica e comunicações acadêmicas.

Além da Língua Portuguesa, o doutorando foi aprovado no exame TOEFL-ITP de proficiência em Língua Inglesa, realizado no segundo semestre de 2017.

### **3.5. Participação em encontros e atividades acadêmicas diversas**

Participação dos seminários Nomads.usp de pesquisas em curso FLASH!08 e FLASH!09. A oitava edição do FLASH! abordou o tema “Método” e a nona edição o tema “CON:VERSARE” para serem discutidos a partir das diversas pesquisas que se desenvolvem dentro do Nomads.usp. As discussões suscitadas pelo seminário ocuparam um lugar importante na pesquisa de doutorado em questão (Processos de Projeto em BIM como Sistemas Complexos), à vista do caráter transdisciplinar que supõe a articulação de três eixos de investigação. É nesta perspectiva que o seminário foi de grande importância para a pesquisa de Doutorado, no aporte de reflexões sobre método e sua aplicação prática.

Participação como Convidado da sessão especial: Rodas de Conversa - Dossiês temáticos em periódicos e atualidade em pesquisa em arquitetura e urbanismo (CLA/UFRJ) da XLII Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural (JICTAC 2020 - Edição Especial), realizada de 22 a 26 de março de 2021. Também participou como palestrante convidado no Ciclo de conferencias virtuales organizado pelo Colectivo de Estudiantes de la Sociedad Colombiana de Arquitectos - Regional Tolima, Colombia.

Participação como convidado para ministrar aulas nas disciplinas IAU - 0927 - Meio Digitais II e IAU - 0733 Projeto 3A do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP).

Participação como convidado para ministrar a Oficina de Plataformas Colaborativas da IV Semana da Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), a SemaPós.IAU, que se realizou no dia 02 de junho de 2021.

Apresentação no 8º Seminário de Acompanhamento Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), realizado no período de 20 a 24 de setembro de 2021.

### 3.6. Produção Acadêmica e Publicações

No período que se refere o Memorial de qualificação, dois artigos foram publicados em revistas Qualis A2:

GORELIK, A. ; TRAMONTANO, M. ; VALLEJO, M. A. B. En el extremo del Occidente | In the edge of the West (entrevista). **V!RUS**, v. 22, p. 1, 2021.

TRAMONTANO, M.; VALLEJO, M.; SILVA FILHO, M. J.; MEDEIROS, D. C. Remoto online, ensino de projeto: Lições de uma pandemia. **Arquitextos**, n. 247.05, dezembro, 2020. [online]. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/21.247/7967>>. Acesso em: 19 Jun. 2021.

TRAMONTANO, M.; VALLEJO, M.; SILVA FILHO, M. J.; MEDEIROS, D. C. Projeto Remote Design Studios: relatório final. **V!RUS**, São Carlos, n. 21, Semestre 2, dezembro, 2020. [online]. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus21/?sec=6&item=1&lang=pt>. Acesso em: 19 Jun. 2021.

Também foi publicado um resumo expandido no 8º Seminário de Acompanhamento Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), realizado no período de 20 a 24 de setembro de 2021.

### 3.7. Participação em comitê editorial

Participação como membro do comitê editorial da revista V!RUS nas edições temáticas V!19 (A construção da informação. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus19/>), V!20 (Questão de método. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus20/>), V!21 (Nunca fomos tão digitais. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus21/>) e V!22 (Latinoamérica: você está aqui! Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus22/>). A V!RUS é uma revista eletrônica, temática, lançada semestralmente. A revista tem processo de revisão entre pares, com pareceristas externos ao Nomads.usp. A revista é bilíngue e publica artigos com versões em português ou espanhol e em inglês.

### 3.8. Outras atividades acadêmicas

Capacitação em plataformas colaborativas para o ensino de projeto remoto online dirigida ao corpo docente e discente do programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP) e capacitação de gerenciamento de projetos e obras em BIM dirigida à equipe

técnica da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); participação de reuniões do grupo de pesquisa.

O doutorando atuou como docente do Instituto de Educação e Tecnologia de São Carlos – IETECH, no ano de 2019. No primeiro semestre de 2019, atuou como docente particular na área de representação gráfica arquitetônica e, no segundo semestre, como docente particular da empresa Faber-Castell, na área de produção e desenvolvimento de embalagens.

### **3.8.1. Participação em pesquisas**

No primeiro semestre de 2019, o doutorando participou da pesquisa de Doutorado “Da cidade participativa à cidade colaborativa”, na qual se colaborou no desenvolvimento de uma plataforma online de discussão.

No segundo semestre de 2019, participou da pesquisa de Iniciação Científica “Peles Contemporâneas”, na qual se colaborou na montagem dos protótipos de proteções solares. No período entre 2020 e 2021, houve a oportunidade de participar, em menor ou maior medida, em quatro pesquisas em nível de Iniciação Científica, Doutorado e Extensão, desenvolvidas no Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos ([www.nomads.usp.br](http://www.nomads.usp.br)), do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Participou-se na pesquisa de Doutorado de Juliano Pita “Colaboração comunitária em obras públicas através do uso da Modelagem de Informação da Edificação [BIM]”, que propõe a inclusão de atores não-técnicos em processos de projeto e realização de edifícios públicos através do BIM, entendido como uma plataforma de gerenciamento da informação capaz de manter a coerência e transparência do fluxo informacional durante todo o processo produtivo. A colaboração propiciada pela plataforma facilita o engajamento e o controle social da comunidade sobre os atos da administração pública, além de permitir que novas soluções sejam possíveis através da incorporação de informações introduzidas por estes atores. A participação ocorreu, em maior medida, na fase de execução do experimento, conformando a equipe de projeto (atores técnicos), e se constituiu como uma oportunidade de aproximação a procedimentos relacionados aos processos de preparação, execução e observação de um experimento. Uma vez que a pesquisa “Colaboração comunitária em obras públicas através do uso da Modelagem de Informação da Edificação [BIM]” também estuda as potencialidades do BIM sob um olhar metateórico, ter participado do experimento contribuiu com aspectos específicos para a pesquisa aqui relatada: observação de sistemas e processos de conversação, sistematização de informações, exploração de potencialidades e limites do BIM.

Participou-se, também, na pesquisa de Doutorado de Juliana Trujillo “Da cidade participativa à cidade colaborativa”, na qual se colaborou na verificação da interface gráfica da plataforma online de discussão desenvolvida pela pesquisadora (Cartografia da cultura - <https://cartografiadaculturacg.com.br>).

Desde setembro de 2020, vem participando-se na pesquisa de Iniciação Científica PUB “Reconstituindo a história do BIM: informática, metateorias e processos de projeto”, derivada da pesquisa de doutorado aqui relatada. A pesquisa de Iniciação Científica visa reconstituir a história do BIM (Building Information Modelling), por meio de um levantamento histórico-cronológico e do desenvolvimento de uma timeline expandida. Seu objetivo é coletar, organizar, sistematizar e inter-relacionar fatos históricos sobre: i. o desenvolvimento de programas computacionais para projeto arquitetônico promovido pela indústria da informática, ii. o desenvolvimento de metateorias sistêmicas, iii. o desenvolvimento de processos de projeto de arquitetura assistidos por computador, e iiiii. a formulação e desenvolvimento do BIM. O projeto é desenvolvido no Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos ([www.nomads.usp.br](http://www.nomads.usp.br)), do IAU-USP, dialogando com pesquisas em curso e outras já concluídas, que abordam as temáticas propostas. Os principais resultados da pesquisa serão disponibilizados publicamente no *website* do Nomads.usp, em formato aberto e através de licença *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*. O trabalho conjunto que vem se realizando com os bolsistas PUB contribui diretamente na pesquisa aqui relatada, uma vez que a totalidade de seus resultados alimentam com informações específicas a compreensão do desenvolvimento computacional orientado ao campo da Arquitetura, Engenharia e Construção, contido no eixo histórico da pesquisa de doutorado.

Também, desde maio de 2020, vem se participando no projeto de pesquisa Remote Design Studios (RDS 1.0 e 2.0), que reuniu, por meio de consulta feita a professoras e professores de projeto de arquitetura, urbanismo e paisagismo de instituições de ensino superior, informações sobre a realização de atividades remotas online de ensino de projeto durante os quatro semestres letivos da pandemia de Covid-19. A consulta foi realizada por pesquisadores do Nomads.usp - Núcleo de Estudos em Habitares Interativos da Universidade de São Paulo, no período de junho a agosto de 2020 e de setembro a outubro de 2021, e contou com respondentes de instituições de 14 países. A metodologia empregou consulta, por meio de questionário online, reuniu trabalhos discentes, quando disponibilizados pelos entrevistados, e sugestões de aplicativos computacionais específicos que oferecessem facilidades para o processo de projeto à distância. A participação no projeto de pesquisa RDS vem contribuindo com a pesquisa aqui relatada demonstrando as potencialidades do BIM e a necessidade de expandir suas compreensões.

### **3.9. Atividades de pesquisa**

O doutorando vem desenvolvendo atividades que obedecem a dois principais procedimentos metodológicos, sendo eles pesquisa histórica e documental (pesquisa bibliográfica), preparação e realização de entrevistas e grupos de discussão e contato com escritórios (consulta a fontes primárias, visitas técnicas e futuros experimento).

No relacionado à pesquisa histórica e documental, foi construído um banco de dados bibliográfico que alimenta a *timeline* expandida utilizada para ilustrar as articulações dos desenvolvimentos teóricos, computacionais e de processos de projeto que, de forma interdependente, fundamentaram as formulações do BIM (ver anexo 1).

Em relação à preparação e realização de entrevistas e grupos de discussão e contato com escritórios, já foram contatados vinte e cinco (25) escritórios de arquitetura, dos quais cinco deles já mostraram interesse em participar de futuros experimentos da pesquisa. Também, em 2019, o escritório OSPA nos concedeu uma entrevista via telefone. Na entrevista, o escritório relata experiências de processos de projeto em BIM presenciais e remotos, bem como a procura por implementar dinâmicas colaborativas.

## **4. Estrutura da Tese**

### **4.1. Índice proposto**

Introdução: Formulações, percursos e usos

Capítulo 1: Cibernética, complexidade e a informatização do pensamento arquitetônico

Capítulo 2: Bases computacionais no processo de projeto: prática do BIM e indústria de *software*

Capítulo 3: Discussões atuais: a prática profissional do BIM

Capítulo 4: Dos limites e das potencialidades: um debate ampliado do BIM

Capítulo 5: Reaproximações: proposições

Conclusões

### **4.2. Introdução: Formulações, percursos e usos**

A introdução procura traçar e localizar o leitor em uma perspectiva panorâmica do conjunto de temas relevantes para a tese, abordando a visão histórica, o horizonte teórico e a prática do BIM em processos de projeto como grandes eixos de pesquisa que precisam de um exame interdependente aprofundado. Expõe os objetivos e introduz as hipóteses que embasam a pesquisa, elaborando o horizonte de discussões e reflexões que serão desdobrados no percurso dos 5 capítulos da tese. Além disso,

discorre sobre a escolha metodológica e atividades de pesquisa, com especial ênfase ao papel da práxis na tese, motivadas pelo caráter transdisciplinar que implica a articulação do conjunto de temas abordados. Apresenta também os diálogos da pesquisa com o panorama das investigações e ações do Nomads.usp, assim como os conhecimentos e reflexões produzidos pelo grupo que alimentam diretamente a pesquisa. Por fim, traça a estrutura da tese, apresentando, de forma sucinta, o conteúdo discutido nos capítulos.

A presente pesquisa é de cunho exploratório, guiada por indagações e provocações carregadas de caráter hipotético, buscando produzir discussões para a construção de conhecimento sobre os processos de projeto em BIM. Assumimos a compreensão de Barros (2008, p. 153), segundo a qual a hipótese “possui uma “função norteadora”. Assim, em uma sequência investigativa, o pesquisador pode se valer de sucessivas hipóteses, descartando as que não subsistem à demonstração ou as que não encontram apoio nas fontes ou na articulação de dados empíricos. Isto é, a hipótese nas Ciências Humanas cumpre o papel de foco para o desencadeamento de inferências e avanços adequados no desenvolvimento da pesquisa. Ressaltamos que, embora devam verificar-se, estes conjuntos de questionamentos não esgotam o tema e, menos ainda, limitam o surgimento de novas indagações e hipóteses ao longo da pesquisa. Porque percebemos que, para que o BIM continue avançando, a pesquisa e a prática profissional têm a responsabilidade de se (re)aproximarem dos fundamentos teóricos em que se alojam os postulados transdisciplinares de colaboração em rede, conversação, transmissão da informação, estímulo e aceitação de emergências.

Pretendemos examinar processos de projeto em BIM envolvendo: 1. uma compreensão histórica, a montante do momento atual, considerando as conexões entre o desenvolvimento de metateorias sistêmicas, dos processos de projeto assistidos por computador, e o desenvolvimento computacional promovido pela indústria informática, 2. a ampliação do entendimento do uso atual do BIM em processos de projeto de arquitetura, considerando os recursos oferecidos pelos programas computacionais e as alterações que eles pressupõem nas rotinas das equipes de projeto, e 3. a formulação de uma nova agenda de pesquisa em BIM, fundamentados impreterivelmente nas metateorias sistêmicas. Esperamos que as reflexões e compreensões construídas no percurso desta investigação sirvam de apoio para realimentar pesquisas na área e instigar outras novas. Estas reflexões e compreensões estarão estreitamente complementadas pelo conjunto de explorações práticas que constam como etapas de pesquisa e que serão desenvolvidas junto com escritórios de arquitetura de pequeno e médio porte, lançando mão das ferramentas de observação de sistemas que as metateorias oferecem. Assim, a partir dessas compreensões, também pretendemos construir discussões que se enfoquem no aprimoramento da prática profissional do BIM.

Simultaneamente, compreendemos, experimentamos o BIM e, logo, repensamos seu futuro de pesquisa e prática profissional com BIM.

Entendemos que o objeto de pesquisa desta investigação suscita discussões amplas e complexas, motivo pelo qual a tese precisa contar com uma narrativa coerente, de forma a evitar lacunas em determinados aspectos ou discussões superficiais, em outros. Guiados por uma abordagem histórica e teórica, escolhemos dispor em dois capítulos a compreensão dos processos de projeto em BIM, que envolve, imperativamente, o desenvolvimento de metateorias, o desenvolvimento das proposições da indústria de *software* e o desenvolvimento de processos de projeto em arquitetura. Utilizamos-nos de uma *timeline* expandida para articular eventos e acontecimentos que tiveram lugar no escopo destes três eixos de pesquisa e que influenciaram a formulação e desenvolvimento do BIM. Cabe ressaltar que, na história da formulação e desenvolvimento do BIM, os três eixos desempenharam uma articulação cronológica interdependente. Portanto, esse cenário está sendo considerado em nossa escolha por dispor, no capítulo 1, a articulação do desenvolvimento de metateorias com o desenvolvimento de processos de projeto de arquitetura e, no capítulo 2, o desenvolvimento das proposições da indústria de software com o desenvolvimento de processos de projeto de arquitetura. O denominador comum dos dois capítulos é o eixo de pesquisa referente ao desenvolvimento de processos de projeto em arquitetura, pois é de interesse da pesquisa compreender os caminhos percorridos para alcançarmos o estágio atual dos processos de projeto em IBM.

A estrutura da tese está conformada por um conjunto de cinco capítulos cujas discussões, como mencionado anteriormente, estão empapadas de fundamentos teóricos derivados da cibernética e pensamento complexo, compreensões históricas e de experimentação prática, bem como de provocações propositivas de pesquisa e de práticas de BIM. O Capítulo 1, Cibernética, complexidade e a informatização do pensamento arquitetônico, de cunho histórico, constrói a primeira parte de nossa compreensão sistêmica e holística dos processos de projeto em BIM, articulando o desenvolvimento de metateorias e o desenvolvimento de processos de projeto em arquitetura, durante o período de emergência de uma perspectiva computacional na arquitetura. Considera influências das metateorias no pensamento arquitetônico, esforços de sistematização do pensamento arquitetônico e ações de participação comunitária que se apoiaram em bases informáticas para o desenvolvimento do processo comunicacional, que contribuíram para a informatização do pensamento arquitetônico. O Capítulo 2, Bases computacionais no processo de projeto: prática do BIM e indústria de software, dá continuidade às discussões e reflexões delineadas no primeiro capítulo e as complementa a partir da perspectiva computacional do BIM. Questiona e analisa o impacto que a indústria de *software* teve na prática computacional

da arquitetura, contribuindo para seu distanciamento de noções sistêmicas e cibernéticas, fundamentos teóricos que embasaram as formulações de BIM. O Capítulo 3, Discussões atuais: a prática profissional do BIM, se fundamenta no resgate histórico, discussões e reflexões de diversas naturezas realizadas nos capítulos 1 e 2. O foco desta terceira parte da compreensão do BIM está na sua prática profissional contemporânea (1990-2021). Procura traçar relações entre os entendimentos superficiais tão amplamente disseminados entre os profissionais, derivados das escolhas da indústria de *software*, e as dinâmicas e usos das potencialidades do BIM. Além disso, realiza uma leitura crítica da prática profissional, ensino e pesquisa em BIM, através das lentes teóricas da pesquisa. O Capítulo 4, Dos limites e das potencialidades: um debate ampliado do BIM, apresenta uma discussão ampliada do caráter exploratório da pesquisa de Doutorado e sua relação com o horizonte teórico examinado. Além da discussão do experimento realizado, que engloba tanto sua preparação, baseada no horizonte teórico abordado na pesquisa, quanto a discussão e reflexão de seus resultados, o capítulo também comporta a explanação sobre debates, grupos de discussão, entrevistas, enquetes, visitas técnicas e atividades no exterior realizadas ao longo da pesquisa. No Capítulo 5, Reaproximações: proposições, são traçadas proposições de rotinas, estratégias de superação de obstáculos, dinâmicas e formas de organização de processos de projeto em BIM. Estas proposições servirão para aumentar o estímulo das emergências em escritórios de pequeno e médio porte e, possivelmente, propiciar novas formas de produção de arquitetura. Também servirão para o aprofundamento futuro em outros aspectos, sejam eles técnicos, sociais ou mercadológicos, servindo de base para o desenvolvimento e implementação de novas interfaces e de novos experimentos.

#### **4.3. Capítulo 1: Informatização do conhecimento arquitetônico: metateorias, sistematização e processos de projeto**

O primeiro capítulo reconstitui o processo de informatização do pensamento arquitetônico, ocorrido de forma paralela e interdependente com diversos avanços científicos do século XX, tecendo articulações do horizonte teórico da pesquisa de Doutorado com o desenvolvimento de processos de projeto de arquitetura. As metateorias consideradas como horizonte teórico deste capítulo e da pesquisa em geral, além de se constituírem como um conjunto de fundamentos para a compreensão das formulações do BIM, fornecem poderosos instrumentos para análise dos processos de projeto em BIM, em função das inúmeras variáveis, condicionantes e elementos externos e não previstos que vão surgindo ao longo do desenvolvimento de projetos em BIM. A Teoria Geral de Sistemas, de Ludwig Von Bertalanffy (1976), Teoría Cibernética, de Norbert Wiener (1948), William Ross Ashby (1956) e Heinz Von Foerster (1974), Teoria da Conversação, de Gordon Pask (1976) e o Pensamento Complexo (2011), de

Edgar Morin, perpassam diversas áreas de formação, agregando às suas definições um caráter transdisciplinar, de entendimentos conjuntos e relacionais. O capítulo discute a importância desse processo de informatização para o campo dos processos de projeto em BIM sob a ótica das metateorias complexas, que fundamentaram uma visão colaborativa do uso de meios digitais através da Internet. Também discute a ampla influência das metateorias nos avanços do século XX e como suas premissas impregnaram o campo da computação e arquitetura, contribuindo para a construção de relações dialógicas entre os três campos e para o desenvolvimento do BIM.

O recorte temporal pressuposto para este capítulo enquadra-se no período compreendido entre os anos 1930 (pré-guerra) e 1989 (fim da guerra fria) e engloba, além dos avanços teóricos e tecnológicos da cibernética e arquitetura, os contextos socio-políticos-econômicos que impulsionaram as formulações do BIM. Uma *timeline* é apresentada como suporte para a ilustração dos paralelismos e produção de articulações entre os desenvolvimentos da cibernética e arquitetura que propiciaram as formulações do BIM. Destaca-se que o resgate histórico deste capítulo evita a mera justaposição de eventos históricos e preza pela construção de uma compreensão sistêmica do BIM, não somente articulando cibernética e arquitetura, até porque os paralelos são abundantes e já foram explorados por diversos autores (NEGROPONTE, 1975; HAQUE, 2006; DUBBERLY, PANGARO, 2009; GLANVILLE, 2007; 2009), além de relações apontadas pelo próprio Pask (1969), mas indagando sobre como a cibernética fundamentou e auxiliou o processo de informatização do pensamento arquitetônico. Por informatização nos referimos ao processo pelo qual, através do uso de tecnologias digitais, se traduzem processos, rotinas e dinâmicas em informação passível de ser organizada de forma a alimentar bases computacionais (ZUBOFF, 1988). Quer dizer, para a automatização de operações e produção de significados, informação que possui a capacidade de ser transmitida por meio de Tecnologias de Informação e Comunicação (ZUBOFF, 1994). Portanto, as indagações deste capítulo contribuem diretamente para o entendimento de que o BIM é um sintoma de décadas de aprimoramentos de sistematização e criação de bancos de dados relacionais do conhecimento arquitetônico, de ações de participação comunitária que se apoiaram em bases informáticas para o desenvolvimento do processo comunicacional e do reconhecimento de que conceitos cibernéticos e complexos são intrínsecos aos processos de projeto.

Trata da rede de conhecimentos e avanços teóricos e tecnológicos que propiciaram a criação de novos focos de conhecimento no campo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e, em específico, aqueles que influenciaram a formulação do BIM, constituindo-o como um campo de conhecimento. Para tanto, considera aportes dos panoramas sociais, políticos e econômicos do recorte temporal da pesquisa nos quais

se apresentaram demandas específicas para a cibernética, arquitetura e computação. Dois exemplos de marcos importantes nesse cenário de aportes são: a segunda guerra mundial, que desprende uma quantidade significativa de desenvolvimentos tecnológicos por meio do financiamento de pesquisas, muitas das quais se utilizaram da cibernética e contribuíram com seu desenvolvimento, e os períodos pós-guerra, que demandaram a reconstrução das cidades e a produção em massa de moradias para a reinserção de militares à sociedade.

Examinam-se experiências de projeto que se apoiaram em bases informáticas para o desenvolvimento do processo comunicacional e evidenciaram, embora implicitamente ou em nome de outros ideários, noções sistêmicas e cibernéticas. Este capítulo se utiliza desse exame para traçar relações com processos de gestão e comunicação que estariam, também, na origem das formulações de bases informáticas orientadas ao processo de projeto. Reconhecer estratégias de gestão da informação e comunicacionais para o desenvolvimento de processos de projeto, em experiências anteriores à consolidação do BIM, torna-se relevante para o entendimento de suas formulações, percursos e usos atuais. O capítulo vislumbra que, à medida que as teorias cibernéticas se difundiam entre diversos campos de conhecimento, a informática e avanços computacionais orientados ao campo da AEC iam tomando partido no cenário da prática profissional da arquitetura, ao mesmo tempo que o pensamento arquitetônico também avançava em direção a alcançar um estágio de sistematização suficiente para ser inserido em bases informáticas e, conseqüentemente, informatizado. Este processo paralelo e complementar teve um impacto nos processos de projeto e na prática profissional. Dinâmicas nas equipes de projeto foram repensadas em função dessa informatização e o interesse por ferramentas computacionais, que otimizassem as tarefas nos processos de projeto, aumentou. Este cenário de procura computacional por parte de escritórios de arquitetura, mais explícito a partir da segunda metade da década de 1980, indicou um vetor de crescimento que a indústria de *software* aproveitaria, com grande impacto na prática profissional. Também, atitudes e posições a respeito da relação arquiteto-máquina, muitas das quais se alastram até a atualidade, se produziram em função de interesses mercadológicos e adesão a movimentos e escolas de arquitetura. Mas estas são questões a serem abordadas no segundo e terceiro capítulo da tese.

É instigante questionar a origem das proposições atuais do BIM, se considerarmos que a produção de programas computacionais orientados ao campo da AEC obedecem a interesses da indústria de *software* ao mesmo tempo que se apropria de conhecimentos da arquitetura. No capítulo e na pesquisa em geral, reflete-se sobre quais conhecimentos do pensamento arquitetônico, que já possui a capacidade de ser informatizado, bem como conceitos sistêmicos e complexos reconhecidos como

fundamentos intrínsecos de seus processos, foram e vêm sendo realmente incorporados à suíte de programas de base BIM e como este quadro impacta a prática profissional. Por fim, este primeiro capítulo recolhe o tramado de reflexões produzidas pelas discussões estendidas neste amplo panorama e as prepara para serem complementadas pelas próximas duas partes (capítulos 2 e 3) que dão forma à compreensão sistêmica e holística do BIM que pretendemos elaborar na tese.

#### **4.4. Capítulo 2: Bases computacionais no processo de projeto: prática do BIM e indústria de *software***

O capítulo 2 dá continuidade às discussões e reflexões delineadas no primeiro capítulo e as complementa a partir da perspectiva computacional do BIM. Desde o início do século passado, a informática iniciou um contínuo e exponencial processo de desenvolvimento nos âmbitos militar e acadêmico, fomentando, entre outras coisas, o nascimento e consolidação da produção de *hardware* e *software*. Este capítulo identifica e documenta a evolução do pensamento computacional que influenciou e embasou a formulação e desenvolvimento do BIM e investiga relações entre agentes teóricos, tecnológicos e de processos de projeto ao longo de seis décadas (1930-1980). Embora o capítulo compartilhe o caráter histórico do capítulo 1, os aspectos teóricos estão fundamentados principalmente nas discussões que pautaram o primeiro capítulo, concedendo o foco para a computação, sua incorporação nos processos de projeto, implementação e uso na prática profissional. Assim, traça-se um paralelo entre avanços computacionais e bases informáticas de auxílio a processos de projeto desenvolvidos entre as décadas de 1930 e 1980, a fim de entender, por um lado, os antecedentes do aparato tecnológico de informática do BIM e, por outro, a prática profissional apoiada por essas bases informáticas para o desenvolvimento do processo de projeto e comunicacional.

O capítulo inicia com um exame das influências cibernéticas no desenvolvimento de bases computacionais, identificando programas gráficos orientados à arquitetura, pioneiros na exploração das potencialidades de bancos de dados, alimentados pelo pensamento arquitetônico sistematizado, para os processos de projeto. São consideradas as contribuições de universidades e grupos de pesquisa com interesse tanto nas potencialidades da informática aplicada na arquitetura quanto no desenvolvimento de bases informáticas orientadas à arquitetura, como *The Land Use and Built Form Studies* (LUBFS), *The Institute for Architecture and Urban Studies in New York* (IAUS), *The Center for Configurational Studies at the Open University*, *The Architecture Machine Group* (AMG), *Design Research Center* (DRC), MIT Media Lab, entre outros. Também são contemplados os interesses militares envolvidos na gênese e evolução do elo entre computação, metateorias e processos de projeto de arquitetura.

Projetos como DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) foram de notável relevância para programas orientados ao auxílio de processos de projeto, uma vez que financiou pesquisas que contribuíram no desenvolvimento do BIM, como as pesquisas de William J. Mitchell, *Computer Representation of Three Dimensional Structures for CAEADS*, que discorre sobre banco de dados, representação 3D de construções e linguagens de programação mais adequadas para a época; e Charles Eastman, *Exploration of the cognitive processes in design*, na qual "... descreve os resultados de um estudo exploratório de processos intuitivos na arquitetura e design de produtos [...], e oferece um modelo operativo de processos de projeto cognitivo..." (p. 3, tradução nossa).

O capítulo prossegue com uma análise das características computacionais (linguagens de programação, bancos de dados utilizados, *hardware*) dos programas desenvolvidos durante o recorte temporal, visando criar uma compreensão a respeito das direções que foram tomando os avanços em CAEADS (*Computer Aided Engineering and Architectural Design System*) até a década de 1980. Três instâncias paralelas se identificam nesse percurso, possibilitado pelas influências da cibernética e pelo fato do pensamento arquitetônico ter alcançado um estágio mínimo de informatização para ser utilizado em bases informáticas: i. exploração computacional advinda, em sua maioria, de pesquisadores com relações estreitas com o campo da cibernética e sistemas complexos; ii. incorporação e exploração da informática nas dinâmicas de escritórios de arquitetura, que também desenvolveram seus próprios sistemas CAD (CYTRYN, PARSONS, 1976); e iii. produção computacional motivada por interesses mercadológicos (indústria de *software*), cujo impacto se reflete na atualidade.

Questiona-se, então, o impacto que a indústria de *software* teve na prática computacional da arquitetura, contribuindo para seu distanciamento de noções sistêmicas e cibernéticas, fundamentos teóricos que embasaram as formulações de BIM. Os sistemas informáticos orientados ao objeto, desenvolvidos nos primeiros anos da computação gráfica, representavam, embora com limitações em função da demanda de recursos computacionais, conceitos sistêmicos e cibernéticos. No entanto, ocorreu um processo de distanciamento entre fundamentos teóricos e prática. O próprio significado do acrônimo CAD sofreu uma simplificação ao longo dos anos devido à indústria de *software*, como relata Filho (2009), "[...]o projeto de pesquisa chamado *Computer-Aided Design* (ROSS, 1961) acabou emprestando o nome tanto para o novo ramo da tecnologia de desenvolvimento de produtos como para as aplicações computacionais criadas para ele.", cujas funcionalidades eram muito semelhantes às apresentadas atualmente pelo BIM. Mas "a nascente indústria de *software* passou a se concentrar no aspecto que podia ser mais facilmente resolvido – a criação de desenhos no computador, por meio de primitivos geométricos (pontos, linhas, arcos)." (p. 8),

simplificando o nome para *Computer Aided Drafting*. Esta visão das potencialidades de bases informáticas, focada na automatização de representações 2D, se disseminou entre uma quantidade significativa de escolas e escritórios de arquitetura ao redor do mundo, influenciando, inclusive, a compreensão dos sistemas de descrição da informação (*Building Description Systems – BDS's*), que parece nunca ter chegado em um consenso sistêmico e holístico entre os profissionais, como formulado inicialmente.

O capítulo finaliza com uma discussão sobre dinâmicas participativas que se potencializam com a combinação da Internet e bases informáticas que já apoiavam o desenvolvimento do processo comunicacional e projetual. Neste ponto, aborda-se o conceito de colaboração sob a ótica da informatização, que sugere processos de gestão de informação já observados pela Cibernética de Primeira e Segunda Ordem, Teoria da Conversação e o Pensamento Complexo. Portanto, trata do início de uma tímida retomada dos fundamentos teóricos que, 20 anos atrás, originaram as formulações do BIM e contribuíram para sua consolidação como campo de conhecimento. Assim, o capítulo 2 complementa a compreensão sistêmica-holística do BIM que iniciamos no capítulo 1.

#### **4.5. Capítulo 3: Discussões atuais: a prática profissional do BIM**

O terceiro capítulo dá continuidade à construção da compreensão sistêmica-holística do BIM, fundamentando-se no resgate histórico, discussões e reflexões sobre o conjunto de articulações que deram origem às formulações do BIM, realizadas nos capítulos 1 e 2. O foco desta terceira parte da compreensão do BIM está na prática contemporânea do BIM (1990-2021), procurando traçar relações entre os entendimentos superficiais, tão amplamente disseminados entre profissionais, e as dinâmicas e usos das potencialidades do BIM. O BIM permite criar entendimentos que vão além de conhecimentos arquitetônicos e construtivos, uma vez que explicita as relações de interdependência existentes entre os vários subsistemas que compõem o sistema complexo "processo de projeto em BIM". No entanto, conforme afirmam Ruschel, Andrade e Morais (2013, p. 162), "o paradigma BIM vem sendo implantado de modo muito gradual e de forma pouco efetiva nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil". O ensino e a produção de conhecimentos sobre BIM, nas universidades públicas brasileiras, se encontra ainda em fases iniciais para conseguir formar profissionais capacitados que supram a demanda do mercado de trabalho. Isto impacta diretamente os escritórios de pequeno e médio porte, pois dependem significativamente do ensino e da produção de conhecimentos sobre BIM por parte de Universidades Públicas. São escritórios desse porte que enfrentam vários empecilhos para implementar BIM plenamente, seja por desconhecimento de suas funcionalidades, por falta de

profissionais capacitados ou por custos de aquisição tanto de *software* quanto de *hardware*.

Na prática profissional desses escritórios de pequeno e médio porte costumam se utilizar das ferramentas BIM de forma isolada, de modo que a compreensão sobre o BIM se sujeita a esses usos específicos. Manzione, Wyse, Sacks, Berlo e Melhado (2011) alertam que os profissionais buscam resolver problemas imediatos, como compatibilidade de versões sucessivas, minimização de retrabalho em caso de alterações e melhor visualização. Esta atitude deixa supor que muitos usuários de BIM não o percebem de maneira sistêmica, não entendendo-o como potencial organizador de informações e inter-relações em todo o ciclo de vida de um edifício, o qual envolve as fases de projeto (interações técnico-técnico e técnico-não-técnico), produção, construção, manutenção e eventual descarte. Os profissionais, ao não conhecerem as potencialidades e limitações do BIM, e por estarem limitados em termos de conhecimentos, recursos computacionais e custos, usualmente optam por aproveitar uma das partes do conjunto que conforma o entendimento do acrônimo BIM abordado nesta pesquisa, o aparato tecnológico de informática, tangenciando o conjunto de processos de projeto e produção específicos, assim como as metodologias e procedimentos de gestão, organização e acesso à informação. Estes usos e compreensões reduzem consideravelmente as potencialidades do BIM.

Mesmo que alguns profissionais se utilizem simultaneamente de várias potencialidades do BIM, é desta forma que cada potencialidade se torna uma compreensão diferente, dependente das utilidades computacionais e não de uma compreensão sistêmica. A comercialização de programas computacionais de auxílio ao desenho, a partir da década de 1980, pode ter sido um dos principais responsáveis por essas sucessivas simplificações que evidenciam propriedades operacionais e de aplicação imediata, inibindo as proposições sistêmicas que, em certo momento, fundamentaram o BIM. Empresas desenvolvedoras de *software* BIM proprietário vêm demonstrando condutas monopolizadoras no mercado. Oferecem, sob o rótulo de uma suite BIM de completa interoperabilidade, programas para suprir demandas específicas de cada disciplina. No entanto, muitas vezes, a interoperabilidade entre programas da mesma empresa é baixa e suas ferramentas não suprem todas as necessidades (FREITAS, 2014), obrigando os profissionais a usar programas proprietários de outras empresas, que oferecem ferramentas efetivas, mas de baixo nível de interoperabilidade com plataformas BIM. Isto implica, por sua vez, a fragmentação da compreensão global do projeto e a interação entre os atores que tomam parte do processo, uma vez que força o destaque de potencialidades imediatas de cada programa.

Dito isto e considerando que na prática profissional os conhecimentos sobre BIM são maioritariamente superficiais e pouco sistêmicos, é plausível se pensar na existência de

filtros que vêm simplificando e condicionando tais conhecimentos (SUCCAR, 2009). Três instâncias principais podem ser destacadas neste processo: i. instância da formulação teórica do BIM, sua concepção, postulados e prerrogativas; ii. instância das empresas desenvolvedoras de programas BIM que se apropriam das formulações teóricas e as reproduzem em uma versão lógica digital; e iii. instância dos usuários, os quais se apropriam das ferramentas BIM em base a suas necessidades e conhecimentos, que é o foco deste capítulo.

O processo de apropriação-reprodução da compreensão do BIM resulta em um esfrelamento de suas prerrogativas iniciais. A apropriação por parte das empresas desenvolvedoras de programas pode pressupor uma primeira seleção de prerrogativas e premissas a serem reproduzidas. Isto, por conta também de estratégias comerciais que priorizam mais algumas potencialidades que outras, em função, também, da demanda dos usuários. Assim, é possível que o que está sendo denominado atualmente como BIM seja uma distorção das prerrogativas formuladas inicialmente. Concomitantemente, os usuários se apropriam de formas particulares de tais reproduções distorcidas e criam uma prática do BIM que, no fim, pode estar distanciada de suas proposições teóricas iniciais. Os argumentos dos enunciados anteriores indicam, então, uma subutilização das ferramentas BIM e, por conseguinte, um uso parcial de suas potencialidades. Portanto, entende-se que também é necessário produzir conhecimentos a partir da exploração prática do BIM, aplicando conhecimentos teóricos e históricos e, assim, este capítulo completa a compreensão sistêmica-holística do BIM que construímos ao longo dos três primeiros capítulos.

#### **4.6. Capítulo 4: Dos limites e das potencialidades: um debate ampliado do BIM**

Este capítulo, o quarto, apresenta uma discussão ampliada do caráter exploratório da pesquisa de Doutorado e sua relação com o horizonte teórico examinado. Além da discussão do experimento realizado, que engloba tanto sua preparação, baseada no horizonte teórico abordado na pesquisa, quanto a discussão e reflexão de seus resultados, o capítulo também comporta uma explanação crítica sobre debates, grupos de discussão, entrevistas, enquetes, visitas técnicas e atividades no exterior realizadas ao longo da pesquisa.

O experimento tem como intuito a participação do pesquisador em um processo de projeto em BIM, no estado de São Paulo, proposto e delineado pelas análises e sínteses da própria pesquisa, em um escritório de arquitetura de pequeno ou médio porte que já tenha incorporado o BIM em sua prática. Neste processo de projeto em BIM espera-se: explorar o aparato tecnológico de informática, processos de projeto e produção específicos e metodologias e procedimentos de gestão; verificar conceitos e pressupostos teóricos estudados e formulados no processo de pesquisa; construir com

a equipe de projeto compreensões sistêmicas sobre o BIM; estimular e valorizar o fenômeno da emergência, segundo a formulação de Edgar Morin (2000). Através do experimento, busca-se também aproximar profissionais e academia, pois o experimento constitui, por excelência, um *locus* de práxis.

A análise dos processos e resultados do conjunto de atividades desenvolvidas, que procuraram auxiliar a criação da compreensão sistêmica-holística do BIM e a exploração de seus limites e potencialidades, será realizada por meio do método hermenêutico-dialético, envolvendo análise de conteúdo e análise do discurso. Isto auxiliará na articulação entre os resultados da pesquisa, a teoria e as interpretações do pesquisador, permitindo a verificação das questões da pesquisa com base em seus objetivos e hipóteses (MINAYO, 1992; MORAES; CARMO, 2006). Também irá propiciar trocas acadêmicas entre pesquisadores e interessados, interlocuções entre pares, discussões em grupo com parceiros e pesquisadores do Nomads.usp, como é prática comum do grupo. A interlocução não somente com o objeto da pesquisa, mas com o grupo Nomads.usp e com os demais pesquisadores é essencial para a consolidação de uma proposta ampla, que aborda as questões colocadas de maneira holística. Contar com outras abordagens em um mesmo projeto, portanto, abre espaço para a reflexão sobre o papel e as emergências decorrentes deste processo coletivo e colaborativo, refletindo nos trabalhos dos demais pesquisadores. Assim, as propostas possuem esse duplo olhar da contribuição do Nomads.usp à pesquisa e da pesquisa ao grupo, em um processo dialógico.

#### **4.7. Capítulo 5: Reaproximações: proposições**

A partir do horizonte teórico abordado, das experiências, do processo e resultado dos experimentos, serão traçadas proposições de rotinas, estratégias de superação de obstáculos, dinâmicas e formas de organização de processos de projeto em BIM. Estas proposições deverão servir para aumentar o estímulo das emergências em escritórios de pequeno e médio porte e, possivelmente, propiciar novas formas de produção de arquitetura. Também servirão para o aprofundamento futuro em outros aspectos, sejam eles técnicos, sociais ou mercadológicos, servindo de base para o desenvolvimento e implementação de novas interfaces e de novos experimentos. Além disso, o capítulo também realiza uma reflexão sobre os processos de pesquisa e métodos adotados. Assim, procura-se identificar as potencialidades da pesquisa desenvolvida, bem como os limites e barreiras encontradas, procurando nomear os impedimentos verificados e os facilitadores propostos para a criar compreensões sistêmicas-holísticas do BIM que fundamente um uso aprofundado e pleno de suas potencialidades em escritórios de pequeno e médio porte.

Após as reflexões sobre a prática, e a revisão das premissas e postulados teóricos, uma profunda e detalhada revisão será realizada, tanto sobre a fundamentação teórica revisada como sobre os processos e procedimentos. As hipóteses iniciais serão analisadas, verificando ou descartando sua validade, e em que grau. Neste momento, mais do que uma avaliação objetiva, serão realizadas novas conjecturas a partir do pensado e do experimentado, procurando aprofundar cada aspecto relevante dos processos de projeto em BIM, seja em termos da construção teórica, seja em aspectos metodológicos e ainda, procedimentos práticos, categorização e análise de dados, etc.

A partir da determinação dos limites, alcances e da discussão sobre o aspecto geral e os pontos principais das hipóteses, será realizada uma rediscussão dos princípios da pesquisa à luz dos resultados, e a conformação de eventuais cenários de aplicabilidade, além da abordagem dos objetivos específicos e em que aspectos estes foram alcançados ou não, e porquê. Também será realizada uma revisão do próprio processo, de forma que as conclusões e orientações posteriores possam ser precisamente localizadas e que permita que eventuais reproduções ou desenvolvimentos posteriores sejam desenvolvidos a partir de bases sólidas. Por fim, serão elencadas as proposições e estratégias com base nos objetivos e hipóteses da pesquisa, e outras questões emergentes durante o processo como um todo.

#### **4.8. Conclusões**

Após uma reflexão sobre todo o percurso da pesquisa, e após a verificação das hipóteses inicialmente colocadas, de forma positiva ou não, serão discutidas as contribuições da tese à temática em particular e à academia em geral. Também será traçado um panorama dentro do ponto de vista do Nomads.usp, localizando o trabalho nas realizações e linhas de pesquisa do grupo, e serão traçadas linhas para futuros questionamentos e hipóteses.

#### **4.9. Referências gerais da pesquisa**

ALEXANDER, C; ISHIKAWA, S; SILVERSTEIN, M. **A Pattern Language: Towns, Buildings, Constructions**. New York: Oxford University Press, 1977.

APPIO, J; FRIZON, N; CANOPF, L; MARCON, D; MADRUGA, B. Pesquisa Histórica como uma possibilidade à pesquisa em Estudos Organizacionais. **CIAIQ Investigación Cualitativa En Ciencias Sociales**, v. 3, p.342-350, 2017.

BARROS, J. As hipóteses nas Ciências Humanas: considerações sobre a natureza, funções e usos das hipóteses. **Sísifo: Revista de Ciências da Educação**, São Paulo, n. 7, p.151-162, 2008. Disponível em <http://sisifo.fpce.ul.pt>

BARROS, J. **O Projeto de Pesquisa em História: Da Escolha do Tema ao Quadro Teórico**. Petrópolis: Vozes. 2005

BARROS, J. As hipóteses nas Ciências Humanas: considerações sobre a natureza, funções e usos das hipóteses. **Sísifo: Revista de Ciências da Educação**, São Paulo, n. 7, p.151-162, 2008. Disponível em <http://sisifo.fpce.ul.pt>

BERGIN, M. **History of BIM**. [S.l.] 2011

BERTALANFFY, L. **Teoria General de los Sistemas**. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1976. 336 p.

BOUKARA, A; AZIZ, N. A Brief Introduction to Building Information Modeling (BIM) and its interoperability with TRNSYS. **Renewable Energy And Sustainable Development**, [S.l.], v. 1, p.126-130, abr. 2016.

BUCKLEY, W. **La sociología y la teoría moderna de los sistemas**. Buenos Aires: Amorrortu, 1970.

BURKE, P; BRIGGS, A. Uma história social da mídia: De Gutenberg à internet. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

CAIXETA, L. **Estudo crítico sobre o uso de ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM no ensino contemporâneo da arquitetura**. 2013. 175 f. Tese (Doutorado em arquitetura e urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CHECCUCCI, É. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s.l.], v. 10, p.019008-01900817, 26 fev. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653708>.

CHERMAYEFF, S; ALEXANDER, C. **Community and privacy: toward a new architecture of humanism**. Garden City: Doubleday, 1963. 236 p.

CORRÊA, F.; SANTOS, E. Ontologias na construção civil: uma alternativa para o problema de interoperabilidade com o uso do IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [s.l.], v. 9, n. 2, p.7-22, 3 dez. 2014. Universidade de São Paulo.

CYTRYN, A.; PARSONS, W. H. A system for computer assisted planning (Planning ADES). **The Proceedings Of The Thirteenth Design Automation Conference On Design Automation - Dac '76**, [S.L.], p. 134-140, 1976. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/800146.804806>.

DIAS, F.; TRAMONTANO, M. **BIM no Brasil: atores, tecnologia e questões**. 2015. 90 f. Relatório final de Iniciação Científica FAPESP. Nomads.usp, IAU-USP, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

DOSSICK, C. S; NEFF, G. Messy talk and clean technology: Communication, problem-solving and collaboration using building information modelling. **Engineering Project Organization Journal**, [s.l.], 83-93, 2011.

DUBBERLY, H.; PANGARO P. What is conversation, and how can we design for it? **Interactions**, v. 16, n. 4, jul/ago., p. 22-28, 2009.

EASTMAN, C. **Explorations of the cognitive processes in design**. Pensilvânia: Carnegie-mellon University, 1968. 103 p.

EASTMAN, C. **An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50. Carnegie-Mellon Univ.**, Pensilvânia, 1974. 23 p.

EASTMAN, C. The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. **AIA Journal**. 63. 1975.

EASTMAN, C.. General purpose building description systems. **Computer-Aided Design**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 17-26, jan. 1976. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-4485\(76\)90005-1](http://dx.doi.org/10.1016/0010-4485(76)90005-1)

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LISTON, K. **BIM handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: Hohn Willey & Sons, 2008.

ELIAS, N. **Sobre o tempo**. Rio de Janeiro. Jorge Zahar Ed. 1998

ENGELBART, D. **Augmenting Human Intellect**: A Conceptual Framework. Washington Dc: Stanford Research Institute, 1962. 144 p.

ENV. **History of ENV**. 2018. Disponível em: <https://env-team.com/insights/history-of-env/>. Acesso em: 09 abr. 2021.

FREITAS, J. **Metodologia BIM**: uma nova abordagem, uma nova esperança. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Centro de Competências de Ciências Exatas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Funchal, 2014. Cap. 3.

GALVÃO, T; PEREIRA, M. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.183-184, mar. 2014. Instituto Evandro Chagas. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742014000100018>.

GÁMEZ, F; SEVERINO, M; MÁRQUEZ, G. Introducción a la metodología BIM. In: **The Spanish Journal of BIM**. 14. p. 48-54, 2014.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. California: Elsevier Architectural Science Series. 1969.

GLANVILLE, R.; Try again: fail better: the cybernetics in design and the design in cybernetics. **Kybernetes**, v.36, n. 9-10, p. 1173-1206, 2007.

GLANVILLE, R. A. (Cybernetic) Musing: Design and Cybernetics. **Cybernetics and Human Knowing**. v. 16, n. 3-4, p. 175-186, 2009.

GOMES, R. A análise de dados em pesquisa qualitativa. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza (Org). **Pesquisa Social**. 23.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2004.

GODOI, C. Grupo de discussão como prática de pesquisa em estudos organizacionais. **Revista de Administração de Empresas**, [s.l.], v. 55, n. 6, p.632-644, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-759020150603>.

HABRAKEN, N. **De dragers en de mensen**: Het einde van de massawoningbouw. Eindhoven: Stichting Architecten Research, 1961. 131 p. (Publicado em inglês em 1972)

HAQUE, U. Arquitetura, interação e sistemas. **Arquitetura & Urbanismo**. São Paulo, n. 149, p. 68-71, ago. 2006;

HERBERT, G; DONCHIN, M. **The Collaborators**: Interactions in the Architectural Design Process. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2013

HEYLIGHEN, F. JOSLYN, F. Cybernetics and second-order cybernetics. In: MEYERS, R.A. (ed.) **Encyclopedia of Physical Science & Technology** (3rd ed.) New York: Academic Press, 2001.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge Press. 1984

HILLIER, B; HANSON, J; PEPONIS, J; Burdett. R. Space syntax, a different urban perspective, In: **The Architect's Journal**, p. 47-63, 1983.

IBRAHIM, N. H. Reviewing the evidence: use of digital collaboration technologies in major building and infrastructure projects. **ITcon**. [s.l.], V. 18, p. 40-63. fev. 2013.

INTERIOR design: Designer's utopia?. **Progressive Architecture**, Stamford, n. 7, p. 84-87, jul. 1971.

KASSEM, M; SUCCAR, B; DAWOOD, N. Building Information Modeling: Analyzing Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy. In: ISSA, R; OLBINA, S (ed.). **Building Information Modeling: applications and practices**. Applications and Practices. Reston: American Society Of Civil Engineers, 2015. Cap. 13. p. 329-371.

KAYNAK, E; LEWIS, A; ULLMANN, A. (Ed.). **Privatization and Entrepreneurship: The Managerial Challenge in Central and Eastern Europe**. New York: The Haworth Press, Inc., 1997. 400 p.

KITA, C. J.C.R. Licklider's vision for the IPTO. **Annals Of The History Of Computing, IEEE**. p.62-77, 2003. 10.1109/MAHC.2003.1226656.

KRIPKA, R; SCHELLER, M; BONOTTO, D. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa: conceitos e caracterização. **Revista de Investigaciones UNAD**, Bogotá, v. 14, n. 2, p.55-73, dez. 2015.

KYMMELL, W. **Building information Modeling** : Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. Nova York: McGraw Hill, 2008. 270 p.

JANUÁRIO, F. R. B.; PRATSCHKE, A. Pensar sistêmico na arquitetura: a questão da moradia segundo Cedric Price. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS, 2., 2006, Ribeirão Preto. **Visão Sistêmica para um mundo sustentável**. Ribeirão Preto, 2006.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas. 2003. 310 p.

LATIFFI, A.; BRAHIM, J; FATHI, M. The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition. **Applied Mechanics And Materials**, [s.l.], v. 567, p.625-630, jun. 2014. Trans Tech Publications, Ltd.. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.567.625>.

LICKLIDER, J. Man-Computer Symbiosis. **IRE Transactions On Human Factors In Electronics**, Massachusetts, v. 1, p.4-11, abr. 1960.

MACHADO, F; RUSCHEL, R; SCHEER, S. Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 4, p.359-384, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400202>.

MANZIONE, L.; WYSE M.; SACKS R.; BERLO L.; MELHADO S. B. Key performance indicators to analyze and improve management of information flow in the BIM design process. In: **CIB W78-W102 2011**: International Conference, 2011. Proceedings... Sophia Antipolis: CIB, 2011.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATOS, J. A perspectiva histórica: condições, perspectivas e a formação profissional do historiador. **Universidade Federal do Rio Grande (FURG)**, Rio Grande, 2015. Disponível em: <<http://www.sabercom.furg.br/bitstream/123456789/1744/1/Artigo%20o%20Of%20C3%ADcio%20do%20Historiador.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2021.

MÉNDEZ, A. La cibernética: gestación de una hiper-ciencia. **Revista del Centro de Investigación**, Mexico D.f., v. 6, n. 24, p.5-37, 2005. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342/34202401>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

MENEZES, A; VIANA, M; JUNIOR, M; PALHARES, S. A adequação (ou não) dos aplicativos BIM às teorias contemporâneas de ensino de projeto de edificações. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 2010, Bogotá, **Anais...** Bogotá: Universidad de Los Andes, 2010.

MENEZES, A. VIANA, M. JUNIOR, M. PALHARES, S. O impacto da tecnologia BIM no ensino de projetos de edificações. XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. **Anais...** In: COBENGE. Belém / PA: 2012

MINAYO, M. Fase de análise ou tratamento do material. In: MINAYO, M. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde:** pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo-rio de Janeiro: Hucitec-abrasco, 1992. Cap. 4. p. 197-249.

MILLER, W. R. Computer-aided space planning. **Proceedings Of The June 1970 Design Automation Workshop On Design Automation - Dac '70**, [S.L.], p. 28-34, 1970. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/800160.805109>.

MITCHELL, W. J.; OLIVERSON, M. **CERL-TP-86:** computer representation of three-dimensional structures for CAEADS. Champaign: Construction Engineering Research Laboratory, 1978.

MORAES, R; GALIAZZI, M. Análise discursiva textual: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência e Educação.** n 12, p.117-128. Bauru, 2006. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251019514009>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

MORIN, E. **Ciência com consciência.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

MORIN, E. **O método 1:** a natureza da natureza. Tradução de Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina. 2005.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo.** Tradução Eliane Lisboa. 4. ed. Porto Alegre. Sulina, 2011.

NEGROPONTE, N. **Soft Architecture Machines.** London: The Mit Press, 1975.

NOJIMOTO, C. **Construindo diálogos:** complexidade e emergência em processos de design. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). IAU-USP, Universidade de São Paulo, 2014.

NOJIMOTO, C; SOUZA, M; SOARES, J; TRAMONTANO, M. Thinking about systems collaboration aspects and local context in the design process based on parametric design and digital fabrication. In: **XIX CAADRIA International Conference of the Association of Computer-Aided Architectural Design Research in Asia**, Kyoto, 2014.

OXMAN, R. Digital design collaboration: From BIM to BKM – enhancing human creativity. In: SHEN, G; BRANDON, P; A BALDWIN, (Ed.). **Collaborative Construction Information Management.** Inglaterra: Spon Press, 2009. Cap. 6. p. 92-108.

PASK, G. The architectural relevance of cybernetics. **Architectural Design.** London. September. 1969.

PASK, G. **Conversation Theory:** Applications in Education and Epistemology. Ann Arbor: Elsevier Science Limited, 1976. 402 p.

PASK, G. The Limits of Togetherness. In: LAVINGTIN, S. (ed.) **Proceedings, Invited Keynote address to IFIP, World Congress in Tokyo and Melbourne.** Amsterdam, New York, Oxford: North Holland Pub. Co, 1980, p. 999-1010

PITA, J; TRAMONTANO, M. Building Information Modeling for Participatory Decision-making Processes. In: **37th eCAADe Conference and 23rd SIGraDi 2019.** Porto, 2019 v. 1. p. 283-292.

- PITA, J; TRAMONTANO, M; SOUSA, D. BIM em processos participativos de projeto. In: **9º Seminário Internacional Projetar**, Curitiba, 2019. v. 3. p. 237-250.
- QUEIROZ, D.; MOURA, A. Ciência da Informação: história, conceito e características. In: **Em Questão**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 25-42, ago/dez. 2015.
- RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M.; MORAIS, M. DE. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.
- SCHOUTEN, J. A.; HAANTJES, J. On the Theory of the Geometric Object. **Proceedings Of The London Mathematical Society**, [s.l.], v. 2-42, n. 1, p.356-376, 1937. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.356>.
- SCHULER, D. **Liberating Voices: A Pattern Language for Communication Revolution**. Massachusetts: Massachusetts Institute Of Technology, 2008. 604 p.
- SHELLEY, W. Narcotic of the Narrative. **Leonardo**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 252-255, jun. 2011. MIT Press - Journals. [http://dx.doi.org/10.1162/leon\\_a\\_00179](http://dx.doi.org/10.1162/leon_a_00179).
- SHANNON, C. E.; WAEVER, W. **A teoria matemática da comunicação**. Tradução de Orlando Agueda. São Paulo: DIFEL, 1975.
- SIGRADI 2018. **Writing the history of the present: Collaborative editing of the technopolitics timeline**. 2018. Disponível em: <http://www.sigradi2018.iau.usp.br/index.php/collaborative-technopolitics-timeline/>. Acesso em: 23 fev. 2020.
- SOUZA, F. WYSE, M. MELHADO, S. B. The Brazilian Design Manager Role and Responsibilities after the BIM Process Introduction. IN: CIB WBC 2013. **Proceedings...** Queensland: 2013
- SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.357-375, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- SUCCAR, B; SHER, W; WILLIAMS, A. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 35, p.174-189, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>
- SUTHERLAND, I. **Sketchpad, a man-machine graphical communication system**. 1963. 143 f. Tese (Doutorado), Massachusetts Institute Of Technology, Massachusetts, 1963.
- TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. **AIA**, AEC Bytes. 2008.
- TURING, A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. **Proceedings Of The London Mathematical Society**, [s.l.], v. 2-42, n. 1, p. 230-265, 1937. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>.
- WIENER, N. **Cibernética**, ou controle e comunicação no animal e na máquina. Tradução de Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Polígono e Universidade de São Paulo, 1948-1970.
- VANIER, D. J.; GRABINSKY, M. W. Integrated Computer-Aided Building Design Systems. In: **International colloquium of cib w78**, 3., 1986, Washington, 1986. p. 1-23.
- VON FOERSTER, H., et al (eds.). **Cybernetics of Cybernetics**, BCL Report 73.38, Biological Computer Laboratory, Dept. of Electrical Engineering, University of Illinois, Urbana, 1974.
- ZUBOFF, S. **In the age of the smart machine: the future of work and power**. New York: Basic Books, Inc., 1988. 487 p.

ZUBOFF, S. Automatizar/informatizar: as duas faces da tecnologia inteligente. **Rae-Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 80-91, nov./dez. 1994.

## 5. Capítulo 1

# Cibernética, complexidade e a informatização do pensamento arquitetônico

## 1. Introdução

Ao mesmo tempo que vem ampliando-se, a investigação e desenvolvimento em *Building Information Modeling* (BIM) parece ter abandonado aspectos essenciais e fundamentais de sua formulação, desde que se consolidou como campo de estudo, em meados da segunda metade do século XX. As ampliações tomaram rumos guiados pelos desenvolvimentos computacionais da segunda metade do século XX, em detrimento dos fundamentos cibernéticos das potencialidades que bases computacionais, com bases de dados relacionais, começavam a oferecer para os processos de projeto em arquitetura. As propostas de sistemas gerais de descrição da informação (EASTMAN, 1976), pensadas em ambientes acadêmicos sob óticas teóricas para apoiar computacionalmente o processo de projeto, fundamentando-se em premissas sistêmicas, passaram a se concentrar em aspectos que podiam ser mais facilmente resolvidos, como “a criação de desenhos no computador, por meio de primitivos geométricos (pontos, linhas, arcos).” (AYRES, 2009, p. 8). Este redirecionamento de interesses parece não ter ocorrido em função de caminhos suscitados pelas metateorias sistêmicas, mas sim pela nascente indústria de *software*. Apoiados em uma *timeline*<sup>2</sup> construída para auxiliar na compreensão do desenvolvimento do BIM, percebemos que, ao longo das últimas quatro décadas, os interesses mercadológicos da indústria de *hardware* e *software* vêm se desempenhando como filtros das premissas teóricas que inspiraram o desenvolvimento de sistemas de descrição da construção<sup>3</sup>. Este quadro se intensifica com a

---

<sup>2</sup> *Timeline* da pesquisa para auxiliar nas articulações apresentadas neste capítulo. Aberta à participação ativa do observador. Disponível em:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WAFe\\_R1c54aIVhgbU8ITZiF7g7GjMCEvtfcv7cvUROc/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WAFe_R1c54aIVhgbU8ITZiF7g7GjMCEvtfcv7cvUROc/edit?usp=sharing).

<sup>3</sup> O processo de desenvolvimento do BIM será tratado com mais profundidade no Capítulo 2: Bases computacionais no processo de projeto: prática do BIM e indústria de *software*, sob uma ótica computacional, aliada à articulação de desenvolvimentos dos processos de projeto em arquitetura, considerando a influência da indústria de *hardware* e *software*.

compulsiva especialização no campo da AEC (HERBERT, DONCHIN, 2013), que vem propiciando compreensões míopes do BIM, subutilização de suas potencialidades e distanciamento dos seus fundamentos teóricos<sup>4</sup>.

A conjuntura intelectual na qual o BIM foi formulado, entre as décadas de 1960 e 1970, estava permeada por desenvolvimentos computacionais e teóricos que foram impregnando os estudos em processos de projeto. Por um lado, já havia se passado um pouco mais de uma década desde a enunciação da Cibernética, principalmente, após a publicação do livro seminal “Cibernética: ou controle e comunicação no animal e na máquina”, do matemático e ciberneticista norte-americano Norbert Wiener (1948). Por outro lado, a informática também estava suficientemente avançada para prestar apoio aos processos de projeto. Novas linguagens de programação, avanços na computação gráfica e bancos de dados assomavam as vindouras potencialidades para os processos de projeto. Isto coincidiu, por sua vez, com o processo de sistematização, agora relacional, do pensamento arquitetônico que, até então, tinha como preocupação principal o registro da arquitetura produzida.

O pensamento arquitetônico ao qual nos referimos diz respeito àquele estruturado sob metodologias de projeto que envolvem rotinas e dinâmicas específicas da declaração e uso de informações de projeto, organizadas para alimentar bases computacionais. Como veremos adiante neste capítulo, é um pensamento arquitetônico filiado às visões de arquitetos como Christopher Alexander, Lucian Kroll, Nicolaas John Habraken, Yona Friedman ou grupos e movimentos como Archigram e Metabolistas, que sistematizaram processos de projeto através de pesquisas e experimentações. É este pensamento arquitetônico, cercado por esse complexo de visões, que percebemos ter atravessado por um processo de informatização, adquirindo a capacidade de ser auxiliado por bases computacionais

Nossa intenção se concentra em verificar a conjuntura histórica e intelectual em que se formulou o BIM, para podermos compreender a origem de suas premissas e fundamentos teóricos. Também procuramos desvendar caminhos de pesquisa que se abrem ao analisarmos os processos de projeto em BIM, à

---

<sup>4</sup> Estes aspectos serão discutidos e verificados cuidadosamente no Capítulo 3: Discussões atuais: a prática profissional do BIM.

luz de abordagens sistêmicas e complexas, uma vez que os fundamentos e premissas do BIM são, sim, sistêmicos. Porém distanciados das ênfases percebidas nos programas computacionais que dão suporte às atuais práticas profissionais. Esta intenção se expande ao compreendermos que as metateorias fornecem, também, poderosos instrumentos para análise dos processos de projeto em BIM, em função dos processos comunicacionais, das inúmeras variáveis, atores, condicionantes e elementos externos e não previstos que vão surgindo ao longo do desenvolvimento de projetos em BIM. Dispomo-nos, então, a realizar um exame ampliado do BIM, estruturado em um tripé teórico-conceitual composto por três grandes eixos de investigação, sendo eles um eixo histórico-cronológico, um eixo teórico-conceitual e um eixo sobre a prática do BIM. Para tanto, primeiro, construímos uma compreensão histórica e teoricamente holística do BIM, que nos permitirá realizar leituras através de lentes sistêmicas e complexas, para, posteriormente, revelar questões ainda inexploradas do BIM ou que foram ignoradas pela indústria de *software* mas que podem representar riquezas para os processos de projeto, aprofundar outras já exploradas superficialmente ou, ampliar o atual leque de potencialidades.

O entendimento que norteia a presente pesquisa é de que o acrônimo BIM refere-se, simultaneamente, a um aparato tecnológico de informática, um conjunto de processos de projeto e produção específicos, e uma metodologia e procedimentos de gestão, organização e acesso à informação. Com isso em mente, poderíamos pensar que, na medida em que o BIM possui a capacidade de lidar com conjuntos de camadas de relações de informações interdependentes de diversas ordens, também possui a valiosa capacidade de ilustrá-las explicitamente. O BIM plasma com precisão interdependências entre sistemas de símbolos que apoiam os processos comunicacionais usuário-programa e usuário-usuário, a responsividade e retroalimentação entre metadados e parâmetros do projeto e entre projetista e projeto, os fluxos da informação em constante produção pelos diversos atores, os sistemas de comunicação regidos pela transmissão da informação, bem como as emergências desse sistema complexo. Isto nos permite afirmar que uma abordagem complexa fornece as ferramentas necessárias para analisar o funcionamento de sistemas deste tipo, compostos por um tecido de interdependências retroativas, para identificar espaços abertos tanto a proposições, quanto a aprimoramentos.

Nosso exame teórico é realizado através do diálogo com postulados de ciberneticistas que, por um lado, contribuíram direta e indiretamente para com a formulação e desenvolvimento do BIM, especialmente nas décadas de 1960 e 1970, e que, por outro, fornecem ferramentas de observação e análise de sistemas complexos. Apresentamos, a seguir, um conjunto base de interlocutores que chamamos ao diálogo nesta pesquisa, lembrando que este conjunto não é estanque e está em constante expansão e atualização. Temos como ponto de partida a Cibernética de Primeira Ordem, que trata do estudo dos princípios de organização, controle e da comunicação entre elementos de um sistema, não preocupando-se tanto com aquilo em que consiste o sistema, mas em como ele funciona. Estabelecida como uma ciência de observação de sistemas, foi formulada pelo matemático norte-americano Norbert Wiener baseada nos conceitos de informação e retroalimentação (WIENER, 1948). É um dos frutos das experimentações e estudos acadêmico-militares que Wiener desenvolveu no período de pré-Segunda Guerra Mundial, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A Cibernética de Primeira Ordem fornece ferramentas para compreender o funcionamento de sistemas, como os processos de projeto em BIM, porém parcialmente, uma vez que não considera a agência do observador no sistema observado. A Cibernética de Segunda Ordem, por sua parte, o faz.

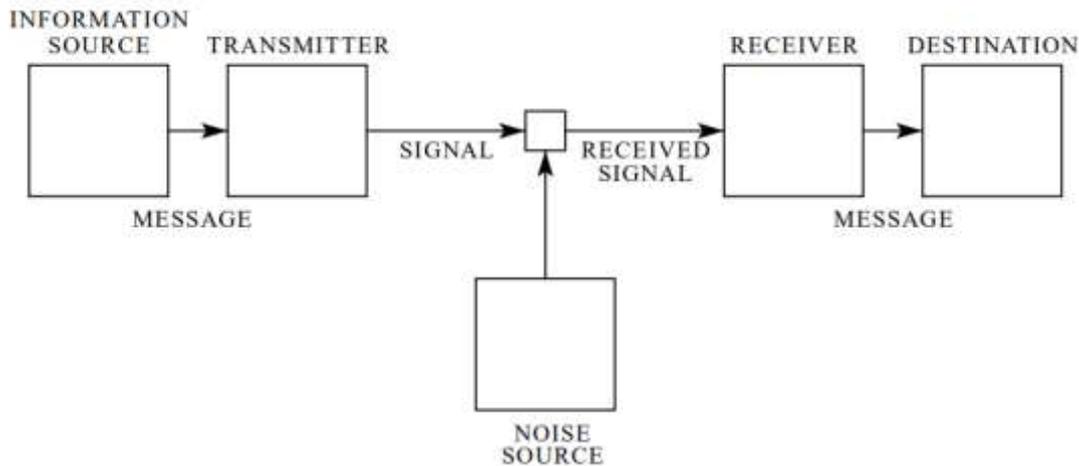
A Cibernética de Segunda Ordem, formulada pelo ciberneticista austríaco Heinz Von Foerster (1974), fundador do Laboratório de Computação Biológica (*Biological Computer Laboratory*) da Universidade de Illinois, consiste no “estudo dos sistemas em observação”. Trata-se da cibernética que considera o observador como parte do sistema observado, admitindo a interferência causada pela presença desse elemento à organização das partes. É uma ciência de ação, na qual mecanismos de comunicação e controle permitem que o sistema se reorienta ou reformule continuamente para alcançar seu objetivo primário, sem necessidade de ser guiado por um sistema externo. Uma vez que nosso sistema em observação são os processos de projeto em BIM, a Cibernética de Segunda Ordem nos mune de instrumentos para que possamos compreender nossa influência como observadores nesse sistema observado, inserindo-nos no ambiente pesquisado.

O ciberneticista inglês e professor da *Architectural Association School of Architecture*, Andrew Gordon Pask realizou valiosas contribuições para a cibernética e traçou relações com os processos de projeto (PASK, 1969). No que se refere às interações humanas e processos comunicativos, a Teoria Cibernética da Conversação, proposta por Pask (1976), considera que é através da conversação que fenômenos emergentes podem ser estimulados, pois ninguém sabe o que irá resultar de uma verdadeira conversação. A Teoria da Conversação se reflete amplamente na colaboração como sistema social, já que admite o diálogo aberto para a construção conjunta de conceitos e ideias pelos atores (NOJIMOTO, 2014). Como sublinha Pask (1980), a Teoria Cibernética da Conversação é uma teoria reflexiva que trata do compartilhamento de conceitos entre participantes, considerando que as interações sociais constituem o 'viver juntos', de modo que objetivos comuns e abordagens mais horizontais sejam possíveis. Ao permitir o compartilhamento de conceitos e a criação de objetivos comuns, e estimular o fenômeno das emergências, a conversação contribui com a auto-organização e retroalimentação do sistema.

Apoiamo-nos também na Teoria Geral de Sistemas que, conforme ressaltou seu autor, o biólogo teórico Ludwig Von Bertalanffy (1976, p. 37, tradução nossa), "é uma ciência geral da totalidade (...), uma disciplina aplicável às várias ciências empíricas", que estuda as relações entre as partes e entre o todo e as partes que o compõem. Um sistema se caracteriza pelo contínuo fluxo de *input* e *output* entre os componentes envolvidos, pela diferenciação entre as partes e a criação de ordem. A noção de sistema tem relevância para o estudo de situações complexas, nas quais diversas disciplinas estão envolvidas e são constantemente influenciadas pelo ambiente, como nos processos de projeto em BIM. Na definição de Bertalanffy, a Teoria Geral de Sistemas auxilia análises em um meio complexo e dinâmico, considerando inter-relações entre os subsistemas, assim como as interações com o supra sistema. Processos de projeto desenvolvidos em BIM podem ser interpretados nesta perspectiva, visto que diversas disciplinas estão em constante interação no desenvolvimento de um empreendimento, gerando novos *inputs* que interferem, tanto no projeto, quanto nas dinâmicas intrínsecas dos processos projeto, envolvendo a agência de atores técnicos e não-técnicos.

Como mencionado anteriormente, esta pesquisa aborda os processos de projeto em BIM como sistemas complexos, compostos por interdependências e inter-relações decorrentes do conjunto conformado por procedimentos, técnicas, conhecimentos, experiências, métodos, atores reunidos para projetar, compreensões sobre BIM, prática profissional, aquisição de *software* e *hardware*, interação entre atores técnicos e não-técnicos, transdisciplinaridade, interdependências, auto-organização dos sistemas, emergências. Corroborando Edgar Morin, antropólogo, sociólogo e filósofo francês, e um dos principais teóricos do campo de estudos da complexidade, para compreender um sistema, é preciso estudá-lo globalmente, contemplando as interdependências de seus subsistemas, uma vez que “há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis do todo, e há um tecido interdependente, interativo e retroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto.” (MORIN, 2000, p. 38). O BIM conta com a particularidade de complexizar o processo de projeto por lidar com as questões de controle, produção e fluxo de informação, aceitando a existência de posições e conhecimentos diversos dos atores em atuação nos processos. Visto através da lente do pensamento complexo, torna o processo de projeto “[...] um tecido de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas”, um “tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos” (MORIN, 2011, p. 13).

Outra metateoria que auxilia a melhor compreender os processos que ocorrem no desenvolvimento de processos de projeto em BIM é a Teoria Matemática da Comunicação (figura 1). Seus inícios datam da década de 1920, com o interesse de transmissão de informação, e se estabeleceu como teoria na década de 1940, graças às contribuições do matemático e ciberneticista estadunidense Claude E. Shannon. Ainda que esteja constituída como uma teoria essencialmente matemática, pois buscou logaritmicamente codificar a informação contida em uma mensagem “x” a ser transmitida, aporta conceitos relevantes para a compreensão das dinâmicas comunicacionais nos processos de projeto em BIM. Uma vez que a principal preocupação desta teoria é a transmissão de uma mensagem com a menor perda de informação, considerando o ruído no canal de transmissão. Shannon identificou cinco partes fundamentais que conformam o sistema comunicação: fonte de informação, transmissor, canal, receptor e destino (SHANNON, 1948), todas identificáveis nas dinâmicas que se prescrevem nos usos participativos e colaborativos do BIM.



**Fig. 1:** Diagrama de um sistema geral de comunicação. Fonte: SHANNON, 1948.

De fato, é importante destacar que o BIM também abraça intrinsecamente o sistema de comunicação e o coloca como pilar de sua premissa, até o momento, interdisciplinar: a reunião de todas as informações sobre um empreendimento e seu ciclo de vida em um único modelo tridimensional. A construção de compreensões comuns por parte de todos os atores técnicos e, também, não-técnicos está fortemente amparada por esta premissa. A comunicação é, portanto, um sistema essencial para o fluxo de informação entre as partes, que suporta, em grande medida, os demais processos que conformam o sistema complexo dos processos de projeto em BIM.

Esta argumentação nos leva a questionar em que medida tais aspectos teóricos são reconhecidos como intrínsecos ao sistema complexo dos processos de projeto em BIM, que envolve um aparato tecnológico de informática, conjuntos de processos de projeto e produção, metodologias e procedimentos de gestão, organização e acesso à informação. Também, se reconhecidos, em que medida têm se produzido compreensões sistêmicas sobre suas influências sobre o pensamento arquitetônico e as dinâmicas da prática profissional induzidas e impostas pelo BIM? Nesta linha de questionamentos, também se torna necessário indagar sobre as razões que estão por trás das escolhas realizadas pela indústria de *software* ao longo dos anos. Por exemplo, se o BIM é a configuração de um conglomerado de avanços teóricos, tecnológicos e de processos de projeto, por que as premissas que tratam de dinâmicas participativas e colaborativas são as menos aprimoradas no universo BIM (IBRAHIM, 2013)? É um questionamento interessante, uma vez que, a partir da

década de 1960, as metateorias fundamentaram a formulação de processos decisórios pensados para ocorrer entre atores interconectados via redes locais de bases computacionais, como: a proposta para um teatro cibernético (PASK, 1964; WERNER, 2018), em Londres, do ciberneticista Pask, ou o projeto Cybersyn (MINGLE, 2016), no Chile, do ciberneticista Stafford Beer. Também, a partir da década de 1960, a ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*), precursora da Intranet, avançou na constituição de redes de atores interconectados, ideia que anos mais tarde seria potencializada com o advento da Internet (ABBATE, 1994). Quer dizer, há aproximadamente sessenta anos, mesmo considerando as limitações de recursos computacionais, já eram realizadas explorações nesses âmbitos.

Muito provavelmente, na base dessas escolhas estão os benefícios e estratégias da indústria de *software* proprietário (ZHU, ZHOU, 2012) que, aproveitam e, ao mesmo tempo, induzem a especialização e fragmentação do conhecimento no campo da AEC. Esta posição da indústria diante do pensamento arquitetônico selecionado para ser informatizado e utilizado na produção de programas CAD e BIM pode ter obedecido à priorização de construção de suítes de programas específicos com baixo nível de interoperabilidade. Como salientam Zhu e Zhou (2012), esta é uma das estratégias que a indústria adota visando uma constante dependência dos usuários por provedores de *software* proprietário. Esta discussão merece um aprofundamento mais cuidadoso, que será realizado no segundo capítulo da tese. Com efeito, fomentou-se a multidisciplinaridade e os processos de projeto se viram truncados pela ineficiência do processo comunicacional (HERBERT, DONCHIN, 2013; POIRIER, FORGUES, STAUB-FRENCH, 2016). Como visto acima, embora esse processo comunicacional possa ser explicado e aprimorado, se abordado ciberneticamente, está sujeito à adequação dos canais de transmissão de informação<sup>5</sup>. A multidisciplinaridade, resultado da fragmentação do conhecimento, não implica interações interdependentes entre as disciplinas, tampouco objetivos comuns. Representa a mera coexistência de duas ou mais disciplinas mantendo cada uma seu caráter específico, sem intenção de se integrarem. Já a interdisciplinaridade integra teorias e métodos das disciplinas (GNAUR, SVIDT, THYGESSEN, 2012). Ainda

---

<sup>5</sup> Estes aspectos serão abordados e verificados nos Capítulos 3 e 4 da tese, apoiados nas experimentações práticas contempladas no cronograma de atividades da pesquisa.

que, nos últimos anos, a indústria tenha demonstrado um interesse por enfoques mais interdisciplinares, o esfarelamento das premissas sistêmicas que suas escolhas suscitaram teve um impacto significativamente desfavorável, tanto para a prática profissional, quanto para a pesquisa na área.

Se observarmos as dinâmicas das grandes empresas desenvolvedoras de programas e aplicativos, como, por exemplo, a Autodesk, perceberemos uma atitude monopolizadora em relação aos programas em circulação. Por conseguinte, cumpre o papel de crivo decisório sobre quais aspectos do pensamento arquitetônico e da cibernética entrarão a compor o conjunto de sistemas (processos e ferramentas) que identificarão o BIM na prática profissional. Autocad, Revit, Ecotect Analysis, por exemplo, entram na lista de programas adquiridos pela empresa e adaptados a seus padrões de *UX* e *UI Design* (*User Experience* e *User Interface*), canais de comunicação e armazenamento em nuvem. Por vezes, visando resolver problemas de interoperabilidade entre formatos de arquivo da mesma empresa, programas mais gerais, como o Revit, absorvem parcialmente premissas de outros programas mais específicos, como o Ecotect. Contudo, como corroboravam a revista *Progressive Architecture* (1971) e a *International Conference and Exhibition on Computers in Engineering and Building Design* (1974), há um repertório significativamente amplo de bases informáticas orientadas ao processo de projeto que, por um lado, contribuíram para informatização do pensamento arquitetônico, por outro, poderiam ter sido consideradas para ser incorporadas e aprimoradas dentro do universo BIM. Mas, quais teriam sido os fundamentos de seleção desse amplo repertório? Percebemos que a indústria de *software* se desempenha paralelamente como filtro tanto de premissas teóricas quanto de avanços computacionais.

Considerando este conjunto de apontamentos, que fazem parte da construção do entendimento do processo de informatização do pensamento arquitetônico, articulamos, a seguir, avanços teóricos e de processos de projeto que influenciaram a formulação e desenvolvimento do BIM. Compreender este processo de forma detalhada fundamentará as reflexões dos posteriores capítulos da tese. Também, auxiliará na reflexão de caminhos futuros do BIM.

## **2. Do nascente século XX: em direção à informatização**

O início do processo de informatização do pensamento arquitetônico, ao qual nos referimos no presente capítulo, remonta às décadas imediatamente posteriores à finalização da Primeira Guerra Mundial, e foi marcado pelos acontecimentos históricos e avanços tecnológicos que ocorreram paralelamente ao longo dos sessenta anos que definimos como nosso recorte temporal da abordagem histórica, de 1930 a 1989. Identificamos, inicialmente, quatro conjuntos principais de fenômenos interdependentes, essenciais para, através do auxílio de tecnologias digitais, iniciar um processo gradativo de automatização de rotinas de processos de projeto emoldurados dentro do pensamento arquitetônico mencionado na introdução. Em uma primeira instância, identificamos um movimento de documentação relacional do pensamento arquitetônico, diferente do registro arquitetônico que vinha carregando uma herança de caráter histórico e artístico. Uma segunda instância seria o percurso de articulações entre cibernética e pensamento arquitetônico, que se desdobrou em importantes avanços para os processos de projeto em arquitetura. Em uma terceira instância, o desenvolvimento de programas computacionais com bancos de dados, fundamentados nas metateorias e alimentados pelos resultados dos processos de documentação identificados na primeira instância. E, em uma quarta instância, a proposição e prática de dinâmicas participativas e colaborativas de processos projeto, mais abundantes a partir da segunda metade do século XX e apoiadas, em grande medida, pelos programas mencionados na terceira instância. Concentramo-nos, neste capítulo, nas duas primeiras instâncias.

## **2.1 Uma conjuntura intelectual em expansão**

Para compreender a conjuntura intelectual do início do século XX, é preciso considerar o paradigma anterior de extremização do pensamento racionalista, que nasce da interpretação e análise fragmentada do ser humano e do meio que o envolve. Boaventura de Sousa Santos o descreve como

um modelo global de racionalidade científica que admite variedade interna mas que se distingue e defende, por via de fronteiras ostensivas e ostensivamente policiadas, de duas formas de conhecimento não científico (e, portanto, irracional) potencialmente perturbadoras e intrusas: o senso comum e as chamadas humanidades ou estudos humanísticos (em que se

incluíram, entre outros, os estudos históricos, filológicos, jurídicos, literários, filosóficos e teológicos). (SANTOS, 2008, p. 21)

Ao mesmo tempo que houve uma ampla produção de conhecimentos embasados neste paradigma, nos séculos XVIII e XIX, gerou-se a palpitante necessidade de aprofundar no conhecimento produzido, o que permitiu ver a fragilidade dos pilares em que se fundavam (SANTOS, 2008). É a esse pensamento racionalista que os cientistas cibernéticos do século XX se contrapunham — em um processo que se estende até a atualidade —, marcando uma postura que se revelaria importante na segunda metade do século XX. O pensamento sistêmico, portanto, vai de encontro a esse paradigma de fragmentação, abandonando suas práticas reducionistas. A noção de sistemas, como defendida pelo biólogo austriaco Ludwig Von Bertalanffy (1968), apresenta o entendimento de um conjunto de partes em constante interação que buscam realizar atividades com a mesma finalidade. Esta nova abordagem integradora estaria propiciando a convergência entre os campos da ciência, abrindo a “possibilidade de ultrapassar a compartimentação instalada pela ciência tradicional, e a conseqüente dificuldade de comunicação entre os cientistas.” (VASCONCELLOS, 2006, p. 126).

É nesse pensamento que estão embasadas as visões ilustradas por expoentes científicos do início do século XX, que fertilizariam pensamentos holísticos sobre a ciência em geral. Com efeito, pensadores como Vannevar Bush, Warren Weaver, Norbert Wiener, Richard Buckminster Fuller, nascidos no final do século XIX, são um exemplo disso. Além de desenvolver teorias, como no caso de Wiener, orientaram pesquisadores que dariam continuidade e contribuiriam para sua disseminação e aplicação em diversos campos do conhecimento, como as ciências da computação e arquitetura

Claude E. Shannon, matemático, engenheiro eletrônico e criptógrafo estadunidense, foi assistente e orientando do engenheiro e professor estadunidense Vannevar Bush, que investiu seus esforços na organização de comissões militares para financiar a ciência e criar políticas de incentivo à pesquisa, nos Estados Unidos. Entretanto, enquanto Bush apontou proposições gerais sobre possíveis aprimoramentos no registro e indexação de informação, em função da ampla quantidade de conhecimentos científicos produzidos

durante a Segunda Grande Guerra (BUSH, 1945), Shannon, influenciado por Bush e trabalhando concomitantemente com Warren Weaver, aprofundou exaustivamente na codificação da informação para ser transmitida a um receptor, publicando, em 1948, a Teoria Matemática de Comunicação (SHANNON, WEAVER, 1975 [1948]). Shannon foi orientador da tese doutoral do arquiteto Ivan Sutherland (1963), desenvolvedor do Sketchpad e pioneiro da computação gráfica. Também, suas premissas sobre comunicação comporão, vinte anos depois, a fundamentação teórica da Teoria da Conversação (PASK, 1976). Como veremos adiante, a Teoria da Conversação do psicólogo Gordon Pask iria influenciar os processos de projeto de arquitetura e o desenvolvimento de programas computacionais para o auxílio de processos participativos (PRICE, 2001; NEGROPONTE, 1975). Pask, por sua vez, contribuiu para o desenvolvimento da Cibernética de Segunda Ordem, do ciberneticista austríaco Heinz Von Foerster.

Norbert Wiener, matemático estadunidense, pesquisou concomitantemente com o médico e fisiologista mexicano Arturo Rosenblueth, conseguindo estabelecer a relação entre sistemas fisiológicos e sistemas mecânicos (retroalimentação). Conforme aponta Méndez (2005, p. 25, tradução nossa), “considera-se que, graças a essa interação com Rosenblueth, Wiener concebeu o conceito de cibernética”. Anos mais tarde, após participar de diversas pesquisas e relacionar-se com importantes pesquisadores, como Heinz Von Foerster, John Von Neumann, Humberto Maturana, Francisco Varela, Gregory Bateson, Margaret Mead, entre outros, Wiener publica, em 1948, o livro “Cibernética: ou controle e comunicação no animal e na máquina”, efetivando um novo campo de pesquisa: o estudo da comunicação e da regulação nos sistemas. Com isso, consolida a Cibernética de Primeira Ordem, que trata do estudo dos princípios de organização, controle e da comunicação entre elementos de um sistema, não se preocupando tanto com em que consiste o sistema, mas como ele funciona, sendo, assim, uma ciência de observação de sistemas (WIENER, 1948). Este complexo de avanços e conexões teóricas, seriam as bases das reflexões publicadas, em 1977, pelo antropólogo, sociólogo e filósofo francês Edgar Morin sobre o Pensamento Complexo.

A partir deste ponto, nossa narrativa será guiada pelo processo de informatização do pensamento arquitetônico impregnado por conceitos que,

embora advenham do campo da cibernética e do pensamento complexo, são intrínsecos aos processos de projeto.

## **2.2 Organização relacional do pensamento arquitetônico: *before the Macy Conferences***

A informatização é o processo pelo qual, através do uso de tecnologias digitais, se traduzem processos, rotinas e dinâmicas em informação passível de ser organizada de forma a alimentar bases computacionais (ZUBOFF, 1988). Como mencionado em parágrafos anteriores, o processo de informatização, particularmente do pensamento arquitetônico, caracteriza-se por um conjunto de instâncias interdependentes. A primeira, que diz respeito ao movimento de documentação relacional do pensamento arquitetônico, é abordada a seguir.

O processo de documentação do pensamento arquitetônico, iniciado na primeira metade do século XX, demonstrou uma preocupação particular pela inter-relação na categorização dos dados, dispondo-os interdependentemente uns aos outros. O registro do pensamento arquitetônico passou a incorporar, implicitamente, uma nova vertente nas formas de organizar informação produzida sobre arquitetura, alinhada com a procura de rigor científico da época. Como lembra Tramontano (1998, p. 41), na década de 1930, a arquitetura havia se tornado uma ciência. Isto não significa que o registro de cunho histórico tenha cessado ou que a documentação fosse específica desse período, até porque foi preciso um longo percurso de produção e organização do conhecimento para alcançar este estágio, na história. Esse registro manifestava visões que, endereçadas ao encontro futuro com noções cibernéticas de uso de informação para o controle de sistemas, perceberam um campo de estudo no qual era necessário produzir informações padronizadas, que auxiliassem o processo de projeto e, ao mesmo tempo, o ensino de projeto. Essas premissas foram motivações fundamentais desse fenômeno, assentando, por sua vez, os primeiros bancos de dados que alimentariam bases computacionais orientadas à arquitetura.

Nas primeiras duas décadas do século XX, trabalhos reunindo simbologias de representação de arquitetura e engenharia foram desenvolvidos nesse âmbito, ainda com uma carga histórica significativa (FRENCH, 1911; FIELD, FRENCH, 1922). Em todo caso, assentaram as bases para a construção do sistema de símbolos de auxílio aos processos comunicacionais gráficos, que, cinco décadas

depois, começaria a ser inserido nos bancos de dados de programas de auxílio aos processos de projeto (EASTMAN, 1971). Grande parte do sistema de símbolos catalogado neste período se estabeleceu como base para o crescente estudo sobre padronização da arquitetura.

Corria a década de 1930, cenário de pós-guerra, grande depressão econômica, primeiras experimentações técnicas de edificações pré-fabricadas em concreto e metal, e inícios do percurso do que, duas décadas depois, se consolidaria como a cibernética. Enquanto, nos Estados Unidos, o matemático Norbert Wiener estabelecia a relação entre sistemas fisiológicos e mecânicos (retroalimentação), por meio de pesquisas conjuntas com o fisiologista mexicano Arturo Rosenblueth (MÉNDEZ, 2005), na Rússia, o arquiteto Richard Buckminster Fuller construía, em 1932, o segundo protótipo de suas explorações do projeto Dymaxion, o Dormitório Móvel Dymaxion (GUIMARÃES, 2019). Na Áustria, o biólogo Karl Ludwig Von Bertalanffy esboçava as noções de sistemas que seriam publicadas, em 1968, no livro “*General Systems Theory*” (BERTALANFFY, 1968). Ainda que pareçam eventos isolados no globo, obedecem a uma preocupação convergente de compreender o funcionamento de sistemas abertos.

A fundação da *Deutscher Werkbund*, em 1907, na Alemanha, visava aperfeiçoar a indústria de produtos utilitários, definindo-lhe “como principais objetivos o refinamento da mão-de-obra industrial, a otimização da produção e a melhoria da qualidade do produto final” (TRAMONTANO, 1993, p. 5). A arquitetura também se viu acolhida nessa visão de padronização, mesmo com algumas resistências. Este contexto de industrialização auxilia a compreender os esforços do arquiteto alemão Ernst Neufert em construir noções de padronização na produção de arquitetura (VOSSOUGHIAN, 2014). Os trabalhos de Neufert, particularmente aqueles publicados nas décadas de 1930 e 1940, coincidiam com a ideia do arquiteto alemão Walter Gropius de padronizar a produção da moradia. Não a casa estritamente, mas as partes que a comporiam (GROPIUS, 1972). Contudo, este enfoque de padronização da arquitetura não pertence especificamente aos interesses alemães. Assim como a publicação do livro “Arte de projetar em arquitetura” (*Bauentwurfslehre*), em 1936, por Neufert, situou-se em um contexto de padronização, também, nos Estados Unidos, ocorreu um processo semelhante, iniciado por interesses do *American Institute of Architects*

(AIA), em conjunto com o *Architectural Graphic Standards Task Force of the AIA*. No ano de 1932, foi publicada a primeira edição do *Architectural Graphic Standards* (RAMSEY, SLEEPER, 1932), uma versão atualizada do livro *Architectural Details*, publicado em 1924 (RAMSEY, SLEEPER, 1924), que continha um vasto conjunto de desenhos, tabelas e informações relacionadas à arquitetura e construção. O vice-presidente executivo do AIA, Norman L. Koonce (RAMSEY, SLEEPER, 1932), argumentou que tal padronização contribuiria para que cada membro da indústria da arquitetura se tornasse uma parte interessada da indústria. Este seria o início de um pensamento arquitetônico modular estadunidense. Assim como os trabalhos de Neufert, os trabalhos de Ramsey e Sleeper (1932) produziram um catálogo de informações padronizadas sobre arquitetura, abarcando, em detalhe, aspectos de projeto e construção.

A procura pela capacidade de lidar com uma maior quantidade de informações estava na base desses esforços de padronização. Como observou Neufert em *Bauordnungslehre* (1943), o uso estratégico de folhas de especificações e consequente padronização de contratos, documentos de construção e infraestruturas poderia ter um impacto positivo na forma de gerir a informação. Seguindo esta lógica, o arquiteto finlandês Alvar Aalto criou, em 1942, o Escritório de Normalização da Finlândia (*Finnish Standardization Office*), que visava, entre outras coisas, estabelecer uma base de dados de arquitetura que servisse de apoio a técnicos e não-técnicos. A oficina adotou fichas informativas (*RT-kartoteket*), que continham as informações sobre a construção (desenhos, métodos e definições construtivas). Quarenta e sete fichas informativas foram produzidas, impressas em folha A4, organizadas numericamente e armazenadas em pastas, para facilitar o acesso às informações, revisões e atualizações (VOSSOUGHIAN, 2014). Esta posição já suscitava semelhanças com as futuras dinâmicas ora induzidas, ora impostas pelo BIM. Lembrando a teoria de Aumento de Engelbart (1962) e os enunciados cibernéticos de Ashby (1956) e Wiener (1948), tal documentação e codificação da informação da construção auxiliou a transmissão de informação técnica entre as partes do sistema e deu suporte à sua auto-organização e auto-reprodução. Mesmo sem o apoio de tecnologias digitais, a dinâmica e compreensão do uso da informação da construção já supunha uma tímida ampliação da capacidade do arquiteto de manejar uma maior quantidade de informações de projeto (ENGELBART, 1962; ASHBY, 1956).

Estes estudos, realizados no Norte Global, estão na base das posteriores normas que acompanhariam a formulação de um pensamento modular em arquitetura e construção. A primeira edição da norma alemã sobre coordenação modular (DIN 4172) estava fortemente fundamentada nos trabalhos de Neufert, obedecendo ao sistema octamétrico (ROSSO, 1976). Uma versão ainda mais detalhada começou a ser desenvolvida em 1953, com a criação da Agência Europeia para a Produtividade (AEP), da qual faziam parte Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Grécia, Holanda, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suécia, Suíça e Turquia. Em 1957, os estudos e experimentações da AEP renderam, na votação pelo subcomitê TC-59 da *International Organization for Standardization* (ISO), a aprovação da adoção de normas ISO para a construção (ADÃO, BALDAUF, 2007; BUSSAT, 1963). Atualmente, esse conjunto de padronizações alimenta os bancos de dados de programas de base BIM, induzindo, também, certos parâmetros de projeto. No entanto, indica uma indústria de *software* voltada para os padrões e processos do Norte Global — assunto que será abordado com mais detalhe no segundo capítulo. Estas informações constataam que o processo de informatização do pensamento arquitetônico está, em grande medida, vinculado ao processo de documentação e padronização europeu e estadunidense, iniciado na década de 1930.

Na literatura especializada, poucas relações são traçadas entre este processo de produção de padrões em arquitetura com o processo de informatização do pensamento arquitetônico. Tampouco se reflete sobre a apropriação de tais padrões, ou sobre como foram inseridos em bancos de dados que alimentariam tecnologias digitais orientadas ao processo de projeto. A padronização teve um duplo impacto nos processos de projeto. Primeiro, evocou a necessidade de métodos e rigor científico na arquitetura, caminhando em direção oposta aos processos de projeto intuitivos, com ausência de dados declarados. Em termos do engenheiro galês John Chris Jones (1992 [1970]), tornando público o processo e decisões de projeto. Segundo, marcou o início de um processo que coincide com as premissas enunciadas pela psicóloga social e filósofa Shoshana Zuboff (1988) sobre produção e controle de informação: o processo de tradução de dinâmicas e conhecimentos de arquitetura e construção em informação passível de ser organizada e, logo, usada por tecnologias digitais.

A instância de documentação do pensamento arquitetônico atravessou o período da Segunda Guerra Mundial e ocorreu em paralelo à consolidação da cibernética como campo de estudo. O movimento de padronização coincidiu, cronologicamente, com o interesse de formular uma teoria geral que reunisse “princípios de informática, os últimos desenvolvimentos da neurofisiologia e uma combinação humanista de psiquiatria, antropologia e sociologia.” (PIAS, 2016, p. 11, tradução nossa). Este interesse se estabeleceu logo na primeira edição das *Macy Conferences*, a série de conferências organizadas pelos estadunidenses Frank Fremont-Smith e Lawrence K. Frank, entre 1946 e 1953. Nestas conferências, os eventos que pareciam isolados, como mencionamos anteriormente, começaram a convergir para elevar a cibernética ao nível de campo de estudo. Em 1948, no mesmo ano da quinta edição da *Macy Conferences*, o matemático Norbert Wiener publicou o livro seminal “Cibernética, ou controle e comunicação no animal e na máquina”. A publicação do trabalho de Wiener, ao mesmo tempo que marcou o estabelecimento de uma ciência da observação de sistemas, marcou o início da disseminação de suas premissas, expandindo-se para além das *Macy Conferences*. No mesmo ano, o matemático e engenheiro mecânico Claude E. Shannon publicou sua Teoria Matemática da Comunicação, imprimindo aportes significativos para o desenvolvimento da informática e, anos mais tarde, para o pensamento complexo (MORIN, 2011). E o arquiteto Buckminster Fuller ministrou, sob o conceito de sinergia, o primeiro *workshop* de verão que visava o primeiro teste prático para a construção de uma geodésica, no *Black Mountain College*, Estados Unidos (BLACK MOUNTAIN COLLEGE, 2019).

Corroborando Guimarães (2019, p. 49), os estudos e teorias no âmbito das experimentações do projeto Dymaxion, desenvolvidos por Buckminster Fuller entre 1927 e 1948, ocorreram “em um período anterior e paralelo à consolidação da Cibernética de Primeira ordem, e previamente à formulação da ciência das máquinas ideais de Ashby.” É importante notar que tais desenvolvimentos estavam apoiados nas premissas de autossuficiência, auto-organização e sinergia, similares aos conceitos cibernéticos de homeostase e retroalimentação (ASHBY, 1960; WIENER, 1948). Foi no último ano das experimentações do projeto Dymaxion que Fuller, por meio do livro de Wiener, teve contato com a nova ciência de observação de sistemas. Isto faz supor que o processo de documentação da primeira metade do século XX se desenvolveu com poucas

articulações com a cibernética. Até porque as ideias de Fuller contrastavam com as visões de racionalização e padronização da arquitetura que suscitava o movimento modernista alemão e, por conseguinte, estadunidense. No entanto, com a consolidação da cibernética, articulações com a arquitetura evidenciaram-se com mais nitidez. É nos entremeios dessas articulações que identificamos a segunda instância, o percurso de articulações entre cibernética e pensamento arquitetônico, influenciando, também, a documentação e padronização do pensamento arquitetônico.

Cabe ressaltar que, mesmo com a consolidação da cibernética, em 1948, o movimento de documentação e padronização do pensamento arquitetônico continuou sem articulações concretas com a cibernética. No entanto, houve, sim, uma influência da computacional no movimento, a digitalização das informações para alimentar sistemas de símbolos de programas de auxílio aos processos de projeto. Em 1968, foi publicada a primeira edição do livro *AJ metric handbook*, que seria, trinta e um anos depois, um dos primeiros catálogos digitais desses esforços de padronização. As informações do *AJ metric handbook*, republicado em 1999 como *Metric Handbook Planning and Design Data* (ADLER, 1999), seria a primeira versão disponibilizada em formato digital, com interoperabilidade com as primeiras versões do AutoCad.

Este quadro busca ilustrar a espiral de avanços teóricos e tecnológicos que instigavam questionamentos sobre a formulação do uso desse conjunto de conhecimentos nos processos de projeto, com o apoio de recursos computacionais. Este cenário de paralelismo cimentou as bases, primeiro, de um processo de mudança nos processos de projeto, segundo, de um processo de informatização do pensamento arquitetônico que se estenderia continuamente até a atualidade e, terceiro, do reconhecimento dos conceitos sistêmicos como intrínsecos aos processos de projeto.

### **3. Cibernética e processos de projeto**

Para entendermos o processo de informatização do pensamento arquitetônico, que conduziu à formulação e desenvolvimento do *Building Information Modeling* e aos processos de projeto que ele suscitaria, devemos compreender o cenário de paralelismos e interdependências de fenômenos da segunda metade do século XX. A cibernética, que então havia se consolidado e disseminado,

mostrava-se útil aos interesses militares do período pós-guerra, bem como aos processos de projeto de arquitetura e desenvolvimentos da computação. Enquanto a arquitetura se via impactada, particularmente, nos processos de projeto (PASK, 1969), a computação se utilizava das experimentações realizadas por Wiener e Rosenblueth (MÉNDEZ, 2005), Pask e Von Foerster (PASK, 1996), Bush e Shannon (BUSH, 1945), entre muitos outros.

No final da década de 1940 e começo da década de 1950, o cientista da computação estadunidense e líder do projeto *Advanced Research Projects Agency* (ARPA) Joseph Carl Robnett Licklider interessou-se pelo campo da Inteligência Artificial, colaborando com Wiener, Shannon e Engelbart. Com Wiener, estudou mecanismos de retroalimentação e circularidade. Com Shannon, discutiu aspectos da Teoria da Informação e, com Engelbart, fundaram o *Augmentation Research Center* (KITA, 2003). Licklider publicou, em 1960, o artigo *Man-Computer Symbiosis*, no qual apresentou ideias precursoras da computação interativa e da Internet, refletindo sobre uma relação complementar (simbiótica) entre humanos e computadores. O texto de Licklider marcou um ponto de referência para a interação homem-máquina por meio da visualização digital, sendo, nas seguintes duas décadas, amplamente citado por desenvolvedores de bases computacionais.

Houve um processo de transferência teórica da cibernética para a arquitetura, forças armadas e computação, construindo relações frutíferas entre os quatro âmbitos. Como veremos a seguir, foi a partir dessas articulações que se originaram pesquisas sobre sistemas computacionais de auxílio aos processos participativos/colaborativos de projeto que, com a “evolução do mercado de Computação, o *software* passou a ser identificado como algo de valor dentro da estratégia de algumas empresas” (KON, *et al.* 2012, p. 7). Isto estaria impulsionando o nascimento de uma indústria de *hardware* e *software* que se mostraria fortemente influente para a prática profissional de arquitetura. Ressaltamos que a construção dessa compreensão, na presente pesquisa, está em contínuo processo de revisão e atualização, em vista do vasto conjunto de fenômenos a serem considerados.

Sdegno (2016) traça uma articulação histórica curta mas cuidadosa dos processos de projeto, representação arquitetônica e computação, sem contemplar explicitamente influências metateóricas. No entanto, o resgate

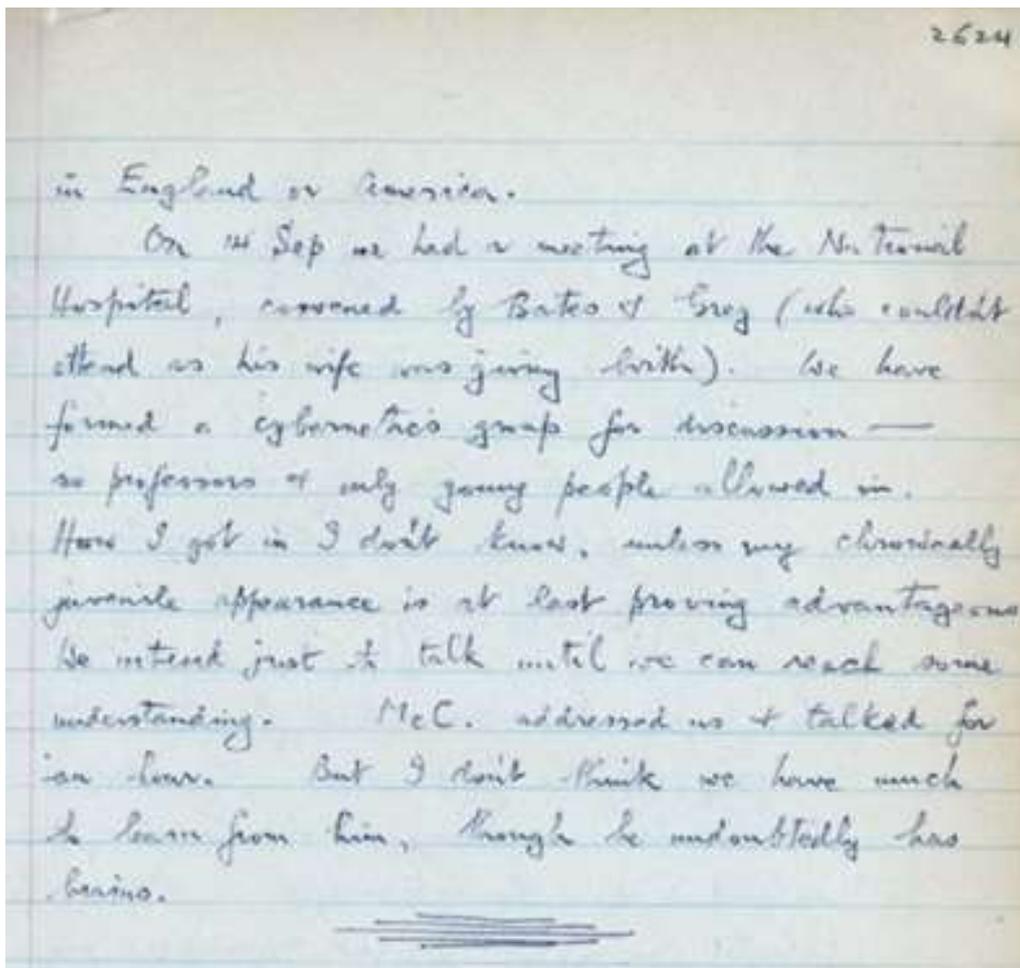
histórico realizado pelo autor indica concordâncias com as articulações que construímos nesta pesquisa e contribui para a verificação de informações levantadas. A concordância entre as articulações realizadas na presente pesquisa de doutorado com aquelas apontadas por Sdegno (2016), somadas às articulações entre cibernética e arquitetura assinaladas por Negroponte (1975), Haque (2006), Dubberly e Pangaro (2009; 2015), Glanville (2007; 2009) e Nojimoto (2014), podem ser utilizadas para interpretar que nossa intenção de compreender histórica e teoricamente os processos de projeto em BIM, para assim podê-los repensar, se torna válida. Uma vez que o BIM, processos de projeto participativos/colaborativos e processos de projeto auxiliados por tecnologias digitais emergiram e se alimentaram desse complexo de articulações.

### 3.1. Para além das Macy Conferences

No ano imediatamente posterior à publicação do trabalho de Wiener (1948), na Inglaterra, Ashby relatou em seu diário a conformação de um grupo de discussão sobre cibernética. Referia-se ao grupo que, logo, seria conhecido por Ratio Club (ASHBY, 1949, p. 2624). O Ratio Club foi fundado e organizado pelo neurologista inglês John Bates, incentivado, principalmente, pelo interesse em discutir a cibernética de forma aprofundada e inédita. Motivo pelo qual, ao estender o convite aos vinte e um membros do grupo<sup>6</sup>, exigia que suas premissas e trabalhos fossem ulteriores à publicação do texto de Wiener. Em certa medida, como ressaltam Husbands e Holland (2008), isto contribuiu na construção da relevância histórica do grupo. Os encontros organizados no marco da cibernética britânica tiveram lugar entre os anos de 1949 e 1958, período que coincidiu com os primeiros anos de experimentação de Pask. Neste período, Pask se encontrava engajado no desenvolvimento de dispositivos responsivos com fortes influências artísticas: o *MusicColour Machine*, em 1953, o *Self-Adaptive Keyboard Instructor - SAKI*, em 1956 (PASK, 1969).

---

<sup>6</sup> W. Ross Ashby, Horace Barlow, John Bates, George Dawson, Thomas Gold, I. J. (Jack) Good, W. E. Hick, Victor Little, Donald Mackay, Turner McLardy, Pat Merton, John Pringle, William Rushton, Harold Shipton, D. A. Sholl, Eliot Slater, Alan Turing, Albert Uttley, W. Grey Walter, John Westcot, Philip M. Woodward (HUSBANDS, HOLLAND, 2008).



**Fig. 2:** Extrato do diário de William Ross Ashby, sobre o Ratio Club. Fonte: ASHBY, 1949. Disponível em: <http://www.rossashby.info/journal/page/2623.html>. Acesso em: 23 Set. 2021.

É importante considerarmos os percursos que a cibernética foi trilhando na primeira década após sua consolidação, não somente no continente americano, mas também na Europa. Os encontros da Macy Conferences e do Ratio Club coincidiram entre os anos de 1949 (primeiras reuniões do Ratio Club) e 1953 (último ano da Macy conferences), compartilhando avanços e influenciando-se mutuamente. No entanto, como pondera Westermann (2019), o movimento cibernético britânico<sup>7</sup> difere substancialmente do norte-americano em função dos esforços de Gordon Pask em fomentar ativamente articulações entre cibernética e arte. É pertinente notar que, além da arte, Pask também desempenharia um papel importante na articulação da cibernética com a arquitetura, em mais de uma maneira: na produção de arquitetura sob a visão de dispositivos responsivos

<sup>7</sup> Denominado livremente assim por Husbands e Holland (2008, p. 91).

(PASK, 1964), nos processos de projeto (PASK, 1969), na formulação de sistemas computacionais de auxílio aos processos de projeto (NEGROPONTE, 1975).

Era a década de 1950, período de expansão econômica pós-guerra (1950-1973) em um contexto de Guerra Fria (1947-1991). A cibernética foi ganhando cada vez mais adeptos no continente europeu, além do grupo britânico. Na França, em 1951, o Centro Nacional de Investigações Científicas (*Centre National de la Recherche Scientifique*) organizou a primeira conferência dedicada “à comparação entre “máquinas de calcular e pensamento humano”. Participaram também os principais designers americanos, ingleses e franceses dos primeiros computadores eletrônicos.” (BRETON, 1984, p. 155, tradução nossa<sup>8</sup>). Na União Soviética, como descrevem Mindell, Segal e Gerovitch (2002), se publicaria, em 1955, o primeiro artigo com uma abordagem positiva acerca da cibernética (SOBOLEV, KITOV, LYAPUNOV, 1955), dois anos depois da tergiversada tradução para o russo da Teoria Matemática da Comunicação, de Shannon (1948) (com alterações conceituais, demonstrando uma resistência à relevância da cibernética<sup>9 10</sup>).

---

<sup>8</sup> Do original em francês: *Le premier colloque qui réunira tous les grands noms de la cybernétique est organisé par le CNRS à Paris en janvier 1951. Il est consacré à la comparaison entre «les machines à calculer et la pensée humaine ». A ce colloque participent également les principaux concepteurs américains, anglais et français des premiers calculateurs électroniques.*

<sup>9</sup> “Deve-se notar que, até recentemente, em nossa literatura popular, havia uma interpretação errônea da cibernética, supressão de trabalhos sobre cibernética e até mesmo desconhecimento de realizações práticas nesta área. A cibernética era chamada apenas de pseudociência idealista.” (SOBOLEV, KITOV, LYAPUNOV, 1955, n. p. tradução nossa). Do original em russo: *Необходимо отметить, что до последнего времени в нашей популярной литературе имело место неправильное толкование кибернетики, замалчивание работ по кибернетике, игнорирование даже практических достижений в этой области. Кибернетику называли не иначе, как идеалистической пженаукой.*

<sup>10</sup> “O editor russo substituiu o título original de Shannon pelo russo “The Statistical Theory of Electrical Signal Transmission” e retirou do trabalho as palavras “informação”, “comunicação” e “matemática” inteiramente, colocando “entropia” entre aspas, e substituiu “dados” por “informações” em todo o texto. O editor assegurou ao leitor (e ao censor) que o conceito de “entropia” de Shannon não tinha nada a ver com entropia física e era chamado assim apenas com base na “semelhança puramente superficial de fórmulas matemáticas”. Assim, o editor evitou cuidadosamente as conotações antropomórficas das palavras “informação” e “comunicação” e ao mesmo tempo distanciou o uso do termo “entropia” no texto de suas polêmicas discussões em física e biologia. Tentando evitar qualquer referência às ligações entre a teoria da informação e a linguística, o cauteloso editor até removeu toda a terceira seção do artigo de Shannon, aquela que tratava da análise estatística da linguagem natural. O editor traçou uma linha nítida entre o que chamou de tentativas ideologicamente deficientes e pseudocientíficas de “transferir as regras da comunicação por rádio para fenômenos biológicos

Em vista dessas particularidades de aderência e reconhecimento da relevância da cibernética para as ciências, na América do Norte e Europa, podemos supor que a discussão tardia das premissas cibernéticas pode ter implicado em impactos pouco favoráveis no desenvolvimento computacional do leste europeu. Dotamos esta afirmação de um caráter hipotético que deverá subsistir à comprovação, pois, pelos motivos mencionados acima, tem se mostrado desafiadora a consulta a fontes primárias e secundárias sobre articulações entre cibernética, desenvolvimento computacional e processos de projeto no período da União Soviética. Cabe destacar que esta é uma indagação pertinente para a compreensão do processo de informatização do pensamento arquitetônico, uma vez que, como defendemos nesta pesquisa, a cibernética está na base desse processo, bem como do desenvolvimento computacional suscitado pelas explorações de dispositivos responsivos, de retroalimentação e controle de informação.

Por esta razão, consideramos, também, as influências e relações das formulações teóricas e computacionais que levaram ao desenvolvimento do programa Archicad, na Hungria soviética. De fato, podemos supor que o Archicad (assim como os programas de base BIM desenvolvidos no ocidente europeu e na América do Norte), através da indústria de *software*, contribuiu para o processo de informatização e a configuração de dinâmicas específicas de processos de projeto na prática profissional da arquitetura. Ao configurarmos nossa lente para o contexto nacional brasileiro, poderemos observar que o Archicad é o segundo programa de base BIM mais utilizado no desenvolvimento de projetos arquitetônicos residenciais e comerciais, depois do Revit<sup>11</sup> (STEHLING, ARANTES, 2014; CBIC, 2016). O que poderia indicar uma indução de dinâmicas de processos de projeto herdadas da gênese das bases computacionais soviéticas orientadas à arquitetura<sup>12</sup>.

---

e psicológicos" e a teoria estatística, praticamente útil e firmemente científica da transmissão de sinais elétricos." (MINDELL, SEGAL, GEROVITCH, 2002, p. 66, tradução nossa).

<sup>11</sup> "Nas empresas de projetos arquitetônicos residenciais e comerciais predominam os softwares Revit (53,1%) e ArchiCAD (21,9%)" (STEHLING, ARANTES, 2014, p. 36).

<sup>12</sup> Este aspecto será verificado no Capítulo 3: Discussões atuais: a prática profissional do BIM, ao discutirmos os processos de projeto em BIM na prática profissional contemporânea, promovendo associações entre informações dos Capítulos 1 e 2.

Nos Estados Unidos, as formulações de bases computacionais, derivadas de indagações essencialmente cibernéticas, datam do final da década de 1930, como as propostas do Memex<sup>13</sup> apresentadas por Bush, em 1939, desenvolvidas concomitantemente com Shannon (BARNET, 2008). No que se refere às formulações de bases computacionais orientadas à arquitetura, os sistemas Sketchpad (SUTHERLAND, 1963)<sup>14</sup>, BDS (EASTMAN, 1969; 1970) e URBAN2 e 5 (NEGROPONTE, 1970), também advindos de aportes e indagações cibernéticas, datam da década de 1960, assim como as formulações dos sistemas desenvolvidos pelo *Applied Research of Cambridge Limited* (ARC)<sup>15</sup>, na Inglaterra. No entanto, no leste europeu, o Radar CH (Archicad 1.0) data do início da década de 1980. Cabe destacar que o Radar CH, desenvolvido pelo físico húngaro Gabor Bojar, utilizou-se, em um primeiro momento, da computação soviética e, posteriormente, da estadunidense, ainda que ilegalmente (BOJÁR, 2007; KAYNAK, LEWIS, ULLMANN, 1997)<sup>16</sup>. Embora a articulação entre cibernética, o desenvolvimento do Radar CH e programas de auxílio aos processos de projeto da União Soviética ainda não esteja claramente evidenciada na pesquisa, acreditamos que a atitude relutante da União Soviética diante da cibernética atrasou o desenvolvimento de tais bases computacionais.

Dubberley e Pangaro (2015) realizaram um cuidadoso cruzamento entre cibernética, computação, contracultura e design, identificando e ilustrando uma ampla trama de articulações de suas interdependências (figura 3). Nossa intenção avança, similarmente, em direção ao trabalho realizado por esses autores. No entanto, buscamos, nos próximos itens, relacionar cibernética e desenvolvimentos de processos de projeto influenciados e auxiliados por tecnologias digitais.

---

<sup>13</sup> “Dispositivo eletromecânico projetado na década de 1930 para proporcionar fácil acesso à informação armazenada relacionalmente em microfilmes” (BARNET, 2008, tradução nossa).

<sup>14</sup> Sob a orientação do matemático e ciberneticista estadunidense Claude E. Shannon (SUTHERLAND, 1963).

<sup>15</sup> DHSS Harness System, OXSYS for Oxford Method, Building Design System (BDS), General Drafting System (GDS), Graphic Design System (GDS).

<sup>16</sup> Este aspecto será melhor detalhado no Capítulo 2 -, ao abordarmos o desenvolvimento dos programas computacionais de auxílio aos processos de projeto.



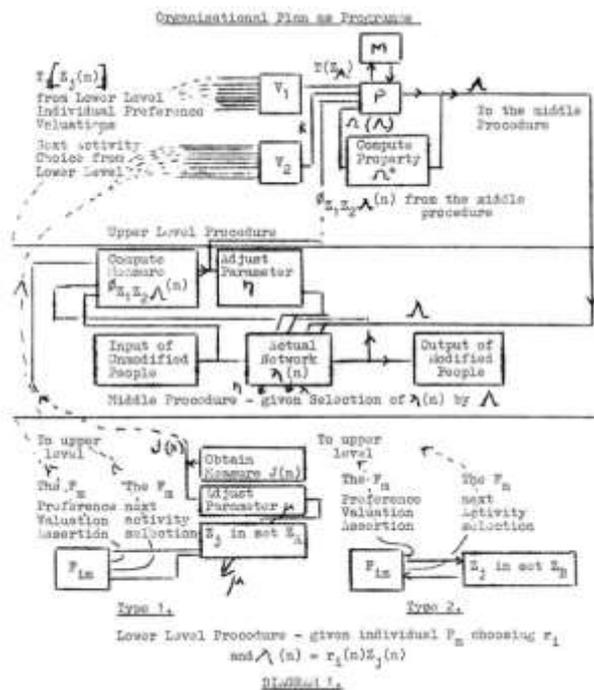
ferramentas computacionais próprias. Até onde se tem registros, o escritório desenvolveu dois sistemas computacionais: o primeiro, voltado para a automatização e agilização da representação de projetos, o Man-Mac Machine, programa computacional de desenho com banco de dados; e o segundo, voltado para auxiliar o processo de projeto, o Planning ADES, sistema computacional de auxílio ao planejamento e projeção de espaços (INTERIOR... 1971; CYTRYN, PARSONS, 1976).

O desenvolvimento destes programas e a mudança nas rotinas da prática profissional deste escritório em particular ocorreram exclusivamente, primeiro, pelo contato direto com a cibernética e, segundo, pelo contato com tecnologia desenvolvida a partir de premissas cibernéticas. O caso do escritório SLS - Environetics nos proporciona, ainda que superficialmente, uma rápida visão da influência da cibernética na prática profissional de arquitetura. O escritório assume explicitamente tal influência. No entanto, o tramado de conexões entre cibernética, desenvolvimento computacional e processos de projeto, que suscitaram a informatização do pensamento arquitetônico e os processos de projeto em BIM, são mais imbricadas. Elas consistem em um complexo de conexões, influências e concordância de visões sobre a produção da arquitetura em uma época de avanços computacionais.

No item anterior, mencionamos a importante contribuição dos esforços do ciberneticista inglês Gordon Pask para a singularidade do movimento cibernético britânico. Na ampla lista de aportes cibernéticos de Pask, temos especial interesse por aqueles que nasceram da conexão intrínseca entre cibernética e arquitetura, vigentes ainda hoje. O arquiteto inglês Cedric Price (2001) lembra que os primeiros contatos de Pask com arquitetos ocorreram quando foi convidado a participar do projeto do *Fun Palace*, de Joan Littlewood, em 1960. Neste mesmo ano, Pask passaria a compor o corpo docente da *Architectural Association School of Architecture* (AA), em Londres, até o ano de 1990. A contribuição de Pask para o design do *Fun Palace*, segundo Price (2001), foi inestimável, aportando soluções executivas, mas, principalmente, cibernéticas, que determinariam o programa e dimensões do projeto. Para Pask (1969), os arquitetos foram os primeiros projetistas de sistemas dinâmicos, empurrados a se interessarem cada vez mais pelas propriedades organizativas dos sistemas projetados, o desenvolvimento, comunicação e controle. Esta argumentação de

Pask sobre a relação entre cibernética e arquitetura se aloja nas conjecturas da Teoria Cibernética da Conversação (PASK, 1976) que, em consonância com a Cibernética de Segunda Ordem, publicada em 1974 pelo ciberneticista Heinz Von Foerster, considera a influência do observador nos sistemas cibernéticos.

A concepção de Pask a respeito da influência do observador sobre o sistema observado coincide com as compreensões do grupo de arquitetos Archigram, criado em 1961, acerca da arquitetura como um sistema que está em constante interação com seu observador. Conforme ressalta o arquiteto e professor de história Simon Sadler, o Archigram “promovia a arquitetura como uma situação de serviços complexa, dispersa, completada somente pela participação ativa do observador, em um entorno cibernético em pleno funcionamento [...]” (2005, p. 113, tradução nossa). Tanto Pask, quanto Archigram, assumiam uma visão de relevância sobre as potencialidades que as tecnologias digitais poderiam ter na observação de sistemas complexos, fossem eles processos de projeto, unidades arquitetônicas ou cidades<sup>18</sup>.



**Fig. 4:** Diagrama cibernético do programa arquitetônico do Fun Palace, por Gordon Pask. Fonte: MATHEWS, 2006.

<sup>18</sup> Dennis Crompton, em *Computer City*, descreveu a cidade como uma rede de fluxos de tráfego, mercadorias, pessoas e, acima de tudo, informações (CROMPTON, 1964).

É importante notar o pioneirismo computacional orientado à arquitetura de Pask e Archigram. Por um lado, os trabalhos de Pask promoviam uma transferência e aplicação teórica da cibernética para a arquitetura, ocorrendo diretamente, sem ruídos no canal de transmissão (SHANNON, 1948), na medida em que Pask discutia a cibernética em si. Ou seja, era o próprio ciberneticista que, aplicando a teoria ao campo da arquitetura, desenvolvia bases computacionais de auxílio aos processos de projeto, ao mesmo tempo em que refletia sobre os processos e os teorizava. Poderíamos dizer que é a cibernética retroalimentando e auto-organizando-se. As contribuições de Pask para o *Fun Palace* caracterizaram-se nesse sentido. Pask traduziu processos e dinâmicas de interação entre usuários e sistema de controle do *Fun Palace* em informação passível de ser organizada, declarando-a em diagramas para estabelecer estratégias de reconfiguração espacial, fornecendo uma “matriz espaço-temporal operativa de uma arquitetura virtual” (MATHEWS, 2006, p. 45, tradução nossa). Por outro lado, Archigram realizava analogias diretas ao computador e seu funcionamento, fazendo alusão a uma arquitetura de *plug-ins* e conexões, aliada a uma abordagem sistêmica, que controlaria "cem ou mil coisas diferentes, todas acontecendo ao mesmo tempo" (SADLER, 2005, p. 20, tradução nossa).

No processo computacional, o que é chamado de *hardware* é a máquina, o instrumento sólido e rígido. O que é chamado de *software* são os instrumentos leves, móveis e intercambiáveis, ou seja, os múltiplos programas que possibilitam desenvolver e criar inúmeros trabalhos nos mais variados setores. Na Plug-in City, o que são chamados de *softwares* são as unidades arquitetônicas, que no caso são móveis e intercambiáveis. O que é chamado de *hardware* é a estrutura fixa da cidade, o suporte de apoio onde são conectadas as unidades arquitetônicas. (ROUILLARD, 1994 apud SILVA, 2004).

Essa proposta de edifícios residenciais do Plug-in City estaria referindo-se a cápsulas unitárias portáteis de concreto armado, que poderiam ser plugadas em cidades também vistas como maquinarias projetadas para a fácil conexão e desconexão das cápsulas (SILVA, 2004). Similarmente às propostas do Archigram, os Metabolistas Japoneses propuseram, a partir de 1959, desenvolver e adaptar megaestruturas de encaixe nas quais "as células vivas, como na obra de Kisho Kurokawa, seriam reduzidas a casulos pré-fabricados

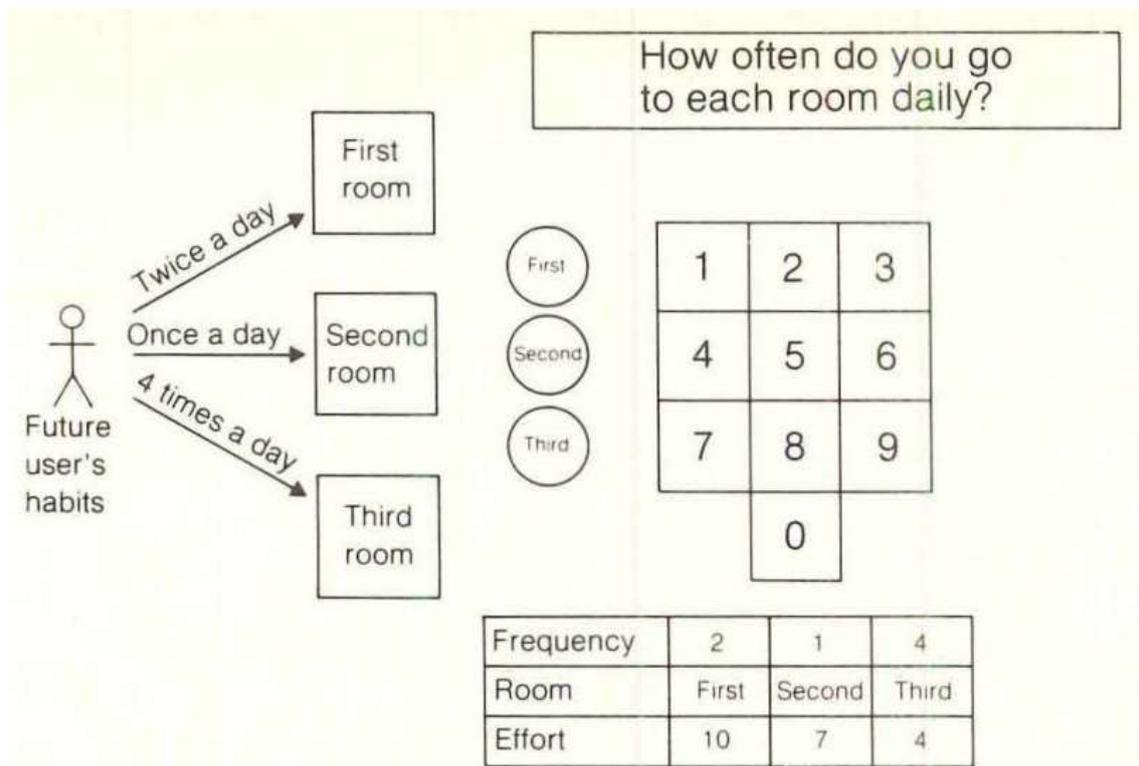
presos a enormes arranha-céus helicoidais." (FRAMPTON, 2003, p. 344). Este cenário de proposição e desenvolvimento de megaestruturas dispostas para a conexão de cápsulas ocorreu, também, em paralelo às propostas enunciadas pelo arquiteto franco-húngaro Yona Friedman sobre organização do espaço urbano por meio de megaestruturas espaciais (MIYASAKA, 2011).

Reunimos aqui o grupo Archigram, o movimento dos Metabolistas e o arquiteto Yona Friedman em função, primeiro, de compartilharem a conjuntura histórica do pós-Segunda Guerra em que se encontrava a reconstrução e planejamento das cidades e, segundo, das similaridades em suas abordagens participativas nos processos de projeto e uso de tecnologias digitais. Estas similaridades derivaram das significativas influências da Teoria Geral de Sistemas (VON BERTALANFFY, 1976) e o campo da cibernética para a "emergência de um raciocínio improvisacional na arquitetura e em projetos de espaços, objetos, infraestrutura e até mesmo cidades." (ROCHA, 2015, p. 108). Segundo Silva (2004), a proposta das casas cápsulas desenvolvidas por Archigram também possuíam características flexíveis, estando compostas por elementos menores e articulados, que permitiam os moradores reconfigurá-las, em um processo dinâmico. Os moradores podiam selecionar suas preferências de um catálogo de peças e equipamentos arquitetônicos, "de acordo com a sua necessidade e o seu gosto pessoal, seguindo a lógica do "faça você mesmo". (SILVA, 2004, n. p.). Cabe ressaltar que este é um dos vários *layers* sob os quais podem-se analisar as contribuições do Archigram. No relacionado ao movimento Metabolista, podem se encontrar

traços de uma abertura participativa e de valorização individual manifesta no desejo de oferecer, através destes métodos sistemáticos, a possibilidade de que cada indivíduo pudesse criar sua própria habitação de acordo com o seu gosto e capacidade econômica. (ROCHA, [s.d.] *online*).

Yona Friedman, por sua vez, aponta para a necessidade de abrir espaços de expressão para os indivíduos, ao mesmo tempo que estes devem ser informados dos riscos e implicações que suas escolhas poderiam acarretar (FRIEDMAN, 1971). Friedman visava desenhar processos que evitassem o ruído na transmissão da informação, para não comprometer a recepção da mensagem enviada (FRIEDMAN, 1973). De fato, como podemos constatar no minucioso

estudo realizado por Miyasaka (2011) sobre este primeiro conjunto de referentes históricos e teóricos de processos de projeto, Friedman foi quem mais aprofundou-se nas dinâmicas participativas. De acordo com Veloso e Pratschke (2013), o arquiteto franco-húngaro investigou o projeto de arquitetura como um processo informacional "que estimulasse a diversidade do comportamento humano e de novos tipos de organização social." (p. 354).



**Fig. 5:** Diagrama de tradução dos modos de vida e uso dos ambientes da habitação - *Flatwriter*.  
Fonte: FRIEDMAN, 1971.

O arquiteto belga Lucien Kroll e o arquiteto holandês John Habraken conformam um segundo conjunto de arquitetos que marcaram os estudos e explorações sobre processos de projeto que, parafraseando Morin (2011), estimulam e estão abertos às emergências. A abordagem de Kroll em relação aos processos participativos parte da procura de diretrizes de projeto que, por meio da observação do cotidiano das comunidades, as preocupações sejam contempladas conforme são identificadas, ao invés de designar prioridades aos problemas. Conforme descreve Milgron (2008),

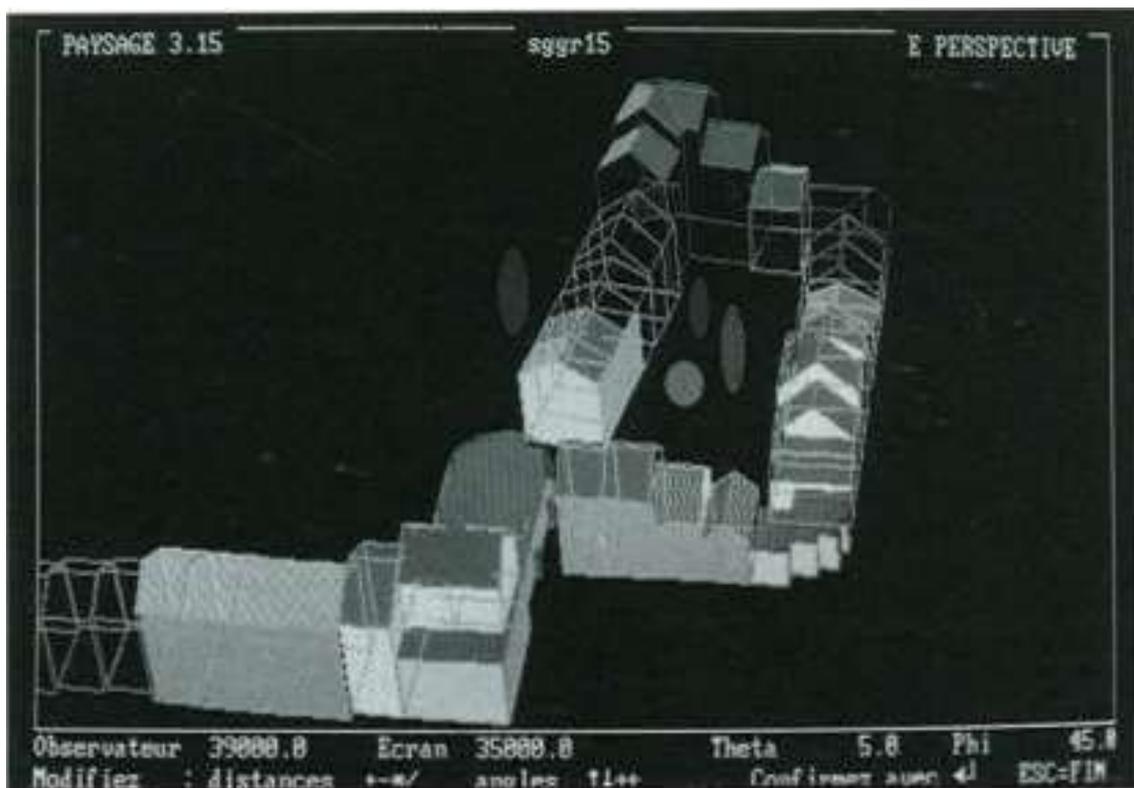
Kroll sugere que a configuração dos espaços urbanos deve adaptar-se para atender às necessidades mutáveis das

comunidades dinâmicas e reconhece que o design é uma parte integral dos processos de habitação que devem involucrar todos os moradores urbanos. (p. 265, tradução nossa).

Kroll afirma que sua busca se baseia em fomentar o desenvolvimento de autonomias sociais auto-organizadas a partir da desordem, enquanto convida a escapar do que ele chama de torpeza arquitetônica que carece de questionamentos básicos. Os processos de projeto de Kroll podem ser considerados abertos às emergências e imprevisibilidade das situações específicas de projeto. Assim o ressalta ele:

Em Cergy-Pontoise, aguardamos ver como os próprios habitantes projetariam suas moradias. Conseguimos organizar um nível considerável de desordem (complexidade). [...] Em Haarlem, alojamos as famílias holandesas em frente a um jardim ao longo da beira de um canal. Em poucos meses haviam transformado por completo o jardim e sua relação com a água, porque uma vez que os habitantes se instalam, rapidamente se orientam e começam a organizar as coisas de maneira espontânea para agradar a si. (KROLL, 1994, p. 400, tradução nossa).

Além de ser um assíduo crítico da arquitetura e do movimento modernista, Kroll também se destacou no uso e produção de programas computacionais para desenvolver técnicas que permitissem às pessoas projetarem seus próprios espaços. No Capítulo 2, aprofundaremos os aspectos computacionais e operacionais das tecnologias digitais desenvolvidas no escritório de Kroll.



**Fig. 6:** Paysage - programa computacional de auxílio ao processo de projeto desenvolvido pelo escritório Lucien Kroll, em 1981. Fonte: KROLL, 1994.

Na Holanda, o arquiteto John Habraken publicou o livro *De dragers en de mensen*<sup>19</sup> (HABRAKEN, 1961), no qual apresentou uma alternativa radical à construção de moradias em massa, constituindo-se como uns dos pioneiros do movimento da arquitetura participativa. Habraken é considerado um forte opositor ao que ele denomina como *mass housing*, caracterizado pela repetição uniformizante. Assim como Kroll, Habraken lapida a produção de espaços de habitar idênticos. O arquiteto holandês responde a essa situação da produção da arquitetura do momento de pós-Segunda Guerra com o conceito de *supports*. Conforme ele ressalta, o conceito de *supports* soluciona o problema das esferas de poder, atribuindo o planejamento geral e a regra ao arquiteto, reservando o espaço doméstico para o habitante, restabelecendo assim a relação natural (HABRAKEN, 1961). Embora Habraken pouco contemplasse o uso de tecnologias digitais quando da publicação de seu texto, em 1961, trinta e cinco anos depois, em 1996, apresentaria para o MIT seu relatório contendo uma

---

<sup>19</sup> O livro foi publicado em inglês sob o título de "Supports: An Alternative to Mass Housing", em 1972.

reflexão da prática profissional da arquitetura, envolvendo, agora sim, a influência de tecnologias digitais (HABRAKEN, 1996). Ao mesmo tempo que nota uma desviação do papel do tradicional do arquiteto, demonstra claros indícios de uma prática informatizada.

“É, no entanto, de Alexander a contribuição mais incisiva para a informatização de processos de projeto visando a inclusão dos habitantes.” (TRAMONTANO, TRUJILLO, 2019, p. 3). Em *The Architecture Relevance of Cybernetics* (1969), Gordon Pask apontou para o fato de que a cibernética abstrata pode ser também interpretada como uma teoria arquitetônica global, e destaca os desenvolvimentos cibernéticos dos arquitetos Christopher Alexander e Nicholas Negroponte. Pask complementa, "Alexander, preocupado pela lógica da forma, rastreia conceitos essencialmente cibernéticos [...] estou ansioso por seguir o desenvolvimento pragmático das ideias cibernéticas e vê-las emergir na história da arquitetura moderna." (PASK, 1969, p. 76, tradução nossa). Antes de registrar, mapear, 250 padrões do comportamento humano no ambiente construído, à maneira de parâmetros de projeto e organização, em *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*<sup>20</sup> (ALEXANDER, 1977), Alexander desenvolveu uma série de estudos que visavam lidar com a complexidade das forças que estariam envolvidas nos ambientes urbanos. Em *Community and Privacy: Toward a New Architecture of Humanism* (1963), Alexander, junto com Serge Chermayeff, tentaram descrever a estrutura de um organismo urbano utilizando-se de bases computacionais. No clássico ensaio *A city is not a tree* (1965), dá ênfase a duas questões fundamentais.

A primeira, é que a cidade constitui um sistema complexo, e que toda tentativa de entendê-la demanda uma abordagem sistêmica, sob pena de se perder seu maior tesouro: a "pátina da vida" que só se constrói organicamente, ao longo do tempo, pela ação de seus habitantes. A segunda, são os riscos de que, por basear-se em conhecimentos técnico-científicos como garantia de sua racionalidade, o planejamento urbano moderno concentre excessivamente poder de decisão nas mãos de projetistas, planejadores, administradores urbanos e incorporadores imobiliários, acabando por ignorar, no processo, a cidade real, os

---

<sup>20</sup> Publicado no mesmo ano da publicação do primeiro volume de *La Méthode* (MORIN, 1977)

modos de vida e as aspirações — em geral conflitantes — de seus habitantes.” (TRAMONTANO, PITA, SOUSA, 2020, p. 55).

Inicialmente, as pesquisas de Alexander aproximaram-se das proposições da Teoria da Informação, Teoria dos Sistemas e da Cibernética. Procurando uma abordagem quantitativa sobre o projeto, ele defendia que qualquer elemento que possa ser projetado era um problema a ser resolvido metodicamente como um sistema. “Utilizando o computador, o projetista define uma modelagem matemática do comportamento do problema, criando uma hierarquia de diversos subsistemas com forte interação entre as forças” (VELOSO, 2012, p. 497). Habraken (1972) considera que, ao apresentar cada padrão como uma solução a um problema, a argumentação de Alexander adquire um teor determinista desnecessário para processos de projeto participativos. Contudo, Alexander desempenhou um papel crucial no processo de informatização do pensamento arquitetônico. Assim como Pask para o *Fun Palace* (MATHEWS, 2006), Alexander declarou dinâmicas do comportamento humano e organizou de maneira relacional, produzindo um catálogo de informações passíveis de serem pensadas através de tecnologias digitais.

Nossa intenção em reunir as premissas cibernéticas, proposições e desenvolvimentos em arquitetura de Gordon Pask, Archigram, Metabolistas, Yona Friedman, Christopher Alexander, Lucien Kroll e John Habraken, em uma mesma sequência cognitiva-investigativa baseia-se no interesse pelas contribuições para os processos de projeto que estes suscitaram e suas contribuições para o processo de informatização do pensamento arquitetônico. Podemos compreender os aportes teóricos e metodológicos deste conjunto referencial sob uma ótica cibernética e complexa. Identificamos como denominador comum a observação, organização e controle ativo de sistemas dinâmicos, como os processos de projeto abertos à interação das partes. Também percebe-se a busca por estruturas organizacionais não-hierárquicas apoiadas em processos de conversação, visando o estímulo de emergências e reorganização dos sistemas. Tramontano, Pita e Sousa (2020) ressaltam que os trabalhos de Kroll e Alexander “foram precursores da introdução do pensamento algorítmico em arquitetura, e ajudaram a construir procedimentos que, mais tarde, seriam úteis à concepção dos atuais programas paramétricos, em especial

aqueles de base BIM” (p. 55). Consideramos pertinente alojar, também, os trabalhos de Yona Friedman dentro desse grupo de precursores.

### **3.3. Do nascente desenvolvimento de bases computacionais orientadas à arquitetura**

Nas primeiras décadas do século XX, cientistas da computação, muitos certamente influenciados pelos postulados do engenheiro e professor estadunidense Vannevar Bush (1945), adentraram em reflexões sobre a computação. Abrangiam desde proposições hipotéticas de sistemas de informática para a solução de problemas específicos, até conjecturas de futuras pesquisas e aplicações da computação em vários âmbitos do conhecimento. Douglas Engelbart, engenheiro norte-americano, visionário e entusiasta dos computadores, alinhado às premissas do trabalho *An Introduction to Cybernetics* (ASHBY, 1956), apresentou, ainda em 1962, o conceito de inteligência aumentada em rede. Para introduzir o conceito, Engelbart utilizou-se da ilustração de um processo de projeto apoiado por um sistema computacional, o *clerk*, como denominou o programa hipotético. Nas páginas iniciais de seu relatório de pesquisa *Augmenting Human Intellect*, preparado para a *Air Force Office of Scientific Research*, Engelbart aponta:

Ignorando a representação na tela, o arquiteto começa a inserir uma série de especificações e dados sobre um piso de laje de seis polegadas, paredes de concreto de doze polegadas de altura e assim por diante. Quando o arquiteto finalizar, a cena revisada aparecerá na tela, a estrutura está tomando forma. Examina, ajusta, faz uma pausa longa o suficiente para pedir informações do manual ou catálogo do "clerk" e reajusta. Frequentemente lembra das listas de especificações e considerações do "clerk" para se referir a elas, modificá-las ou acrescentá-las. Essas listas crescem em uma estrutura cada vez mais detalhada e interligada, que representa o pensamento amadurecido por trás do design. (ENGELBART, 1962, p. 5, tradução nossa)

Chama a atenção a visão proposta por Engelbart, pois, além de sua compreensão cibernética aplicada ao processo de projeto, nessas páginas introdutórias, ele descreveu com significativa precisão aquelas que seriam, oito anos mais tarde, as primeiras bases informáticas de dados relacionais

experimentais orientadas ao processo projeto. A visão de Engelbart era uma visão sobre um arquiteto do futuro que, segundo o neurologista e criador do homeostato, William Ross Ashby (1956), ampliaria sua inteligência com o auxílio da computação. Mas também era uma visão sobre um processo de projeto baseado no uso de bancos de dados interdependentes, que têm relação direta com um sistema de símbolos que apoia o processo comunicacional e interação homem-máquina. Visões similares às de Engelbart foram o epicentro da discussão da reunião entre o *Computer Applications Group* e a Divisão de Design do Departamento de Engenharia Mecânica do MIT, em 1959, descrita por Coons (1963). Nela, abordaram a possibilidade de utilizar a computação de maneira mais explícita no desenvolvimento de processos de projeto, considerando desde as etapas de concepção até a construção do edifício. O professor Steven Anson Coons, pioneiro da computação gráfica e cientista da computação do Departamento de Engenharia Mecânica do MIT, descreveu que, nessa reunião, delinearam um sistema que reunisse “o homem e a máquina em um complexo cooperativo íntimo, uma combinação que usaria os poderes criativos e imaginativos do homem e os poderes analíticos e computacionais da máquina” (COONS, 1963, p. 300, tradução nossa). Uma vez publicado o texto de Engelbart (1962), Coons, juntamente com a equipe do professor e cientista da computação estadunidense Douglas T. Ross, incorporaram seus postulados às propostas do projeto de pesquisa *Computer-Aided Design*<sup>21 22</sup>, coordenado por Ross. Tendo por objetivo primeiro a aplicação de conceitos e técnicas de processamento de dados para o design de peças mecânicas e desenvolvimento de sistemas de programação automática para máquinas-ferramentas controladas numericamente (ROSS, 1961; ROSS, RODRIGUEZ, 1963), o projeto de pesquisa se consolidou como referência para várias investigações na área, como as pesquisas de doutorado de Ivan Sutherland (Sketchpad, 1963) e do arquiteto

---

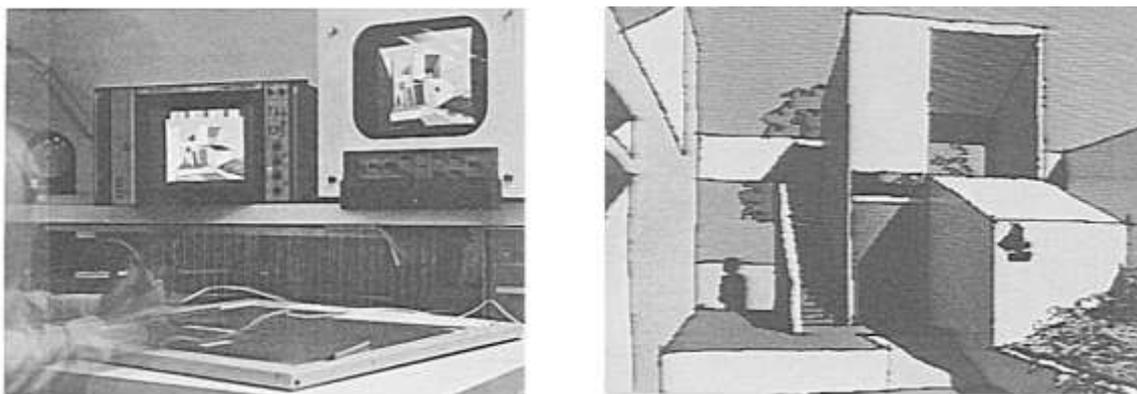
<sup>21</sup> CAD: Projeto de pesquisa desenvolvido pelo *Computer Applications Group (Electronic Systems Laboratory)*, do Departamento de Engenharia Elétrica, MIT), em cooperação com a *Graphics Division* (Departamento de Engenharia Mecânica, MIT), e patrocinado pela Divisão de Métodos de Fabricação do Comando de Material Aéreo da USAF (Força Aérea dos Estados Unidos) (ROSS, 1961).

<sup>22</sup> Ver relatório final do projeto de pesquisa, disponível em: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/755/FR-0351-19563962.pdf.txt?sequence=2>.

Acesso em: 12 Jun. 2021.

estadunidense Charles M. Eastman (1968), que se tornaria um dos autores pioneiros no campo do BIM.

Eastman, publicou, em 1970, uma análise de processos de projeto intuitivos apoiados em bases informáticas (EASTMAN, 1970) e, um ano depois, apresentou o *General Space Planner* (GSP) (EASTMAN, 1971): uma base computacional que, nos termos de Ashby e Engelbart, ampliaria a capacidade dos projetistas de desenvolver atividades do processo de projeto. Também, em meados da década de 1970, o grupo de pesquisa *Architecture Machine Group* (AMG), fundado pelos arquitetos Nicholas Negroponte e Leon Groisser, em 1967, deu início ao projeto de pesquisa “*Architecture-by-Yourself: An Experiment with Computer Graphics for House Design*”<sup>23</sup>. Por meio da pesquisa de gráficos por computador, o projeto procurava desenvolver sistemas que auxiliassem atores não-técnicos a projetar suas próprias casas e apartamentos (WEINZAPFEL, NEGROPONTE, 1976).



**Fig. 7:** Sistema desenvolvido no âmbito do projeto de pesquisa *Architecture-by-Yourself: An Experiment with Computer Graphics for House Design*. Fonte: WEINZAPFEL, NEGROPONTE, 1976.

Por esta mesma época, na Inglaterra, dois grupos de pesquisa se consolidavam como referências na pesquisa de modelos e sistemas de descrição da informação. Sob a coordenação do arquiteto inglês Sir John Leslie Martin e influenciado pelo livro da filósofa inglesa Mary Hesse (1966), o grupo *Land Use and Built Form Studies* (LUBFS) desenvolveu o conceito de modelagem aplicada à arquitetura, que seria utilizado como marco de pesquisa e ensino no

---

<sup>23</sup> O projeto de pesquisa inspirou-se no trabalho do arquiteto húngaro Yona Friedman (FRIEDMAN, 1971).

Departamento de Arquitetura da Universidade de Cambridge (ROCHA, 2004; HAWKES, 2017). Já o grupo de pesquisa *Applied Research of Cambridge* (ARC), coordenado pelos arquitetos Paul Richens e Edward Hoskins, engajou-se no que seria um processo contínuo de desenvolvimento de bases computacionais orientadas ao processo de projeto, similares àquela descrita por Engelbart, em 1962. Inicialmente, desenvolveram três sistemas para apoiar o processo de projeto dos edifícios do *Department of Health and Social Security* e, em específico, do *Harness Hospital*: i. SHEP - *Simulated Hospital Evaluation Program*, ii. HAPA - *Hospital Assembly Program Automatic*, e iii. TRAM - *Traffic and Activity Model*<sup>24</sup>.

Os sistemas computacionais estadunidenses de auxílio ao processo de projeto, que começaram a surgir nas décadas de 1960 e 1970, desenvolveram-se em estreita relação com a Teoria Cibernética (WIENER, 1948), Teoria Matemática da Comunicação (SHANNON, 1948), fundamentais para o desenvolvimento da computação e da Internet, e Teoria da Conversação (PASK, 1976). Podemos supor que, em certa medida, foi em decorrência de financiamentos de instituições, que tiveram contato com a cibernética, criadas por interesses militares, como *Advanced Research Projects Agency* (ARPA)<sup>25</sup>, *Air Force Office of Scientific Research*<sup>26</sup>, *Army Engineer Division*, *Construction Engineering Research Laboratory* (CERL)<sup>27</sup>. Como consta no relatório de pesquisa *Computer Aided Engineering and Architectural Design System* (CAEADS) (1979), desenvolvido pelo escritório Daniel, Mann, Johnson & Mendenhall (DMJM) para o CERL, e financiado pela *Army Engineer Division*, os avanços apresentados sobre sistemas computacionais de auxílio ao processo de projeto para construção militar receberam aportes de um amplo conjunto de pesquisadores. Filiados a outros grupos de pesquisa e universidades, estes pesquisadores também desenvolveram pesquisas encomendadas por instituições militares, como os arquitetos Charles M. Eastman, William J. Mitchell, Robert Stults e Nicholas Negroponte. Isto indicaria a construção de uma rede de conhecimentos

---

<sup>24</sup> Ver também: *Descriptive Databases in Some Design/Manufacturing Environments* (HOSKINS, 1979).

<sup>25</sup> Ver: *Explorations of the Cognitive Processes in Design* (EASTMAN, 1968).

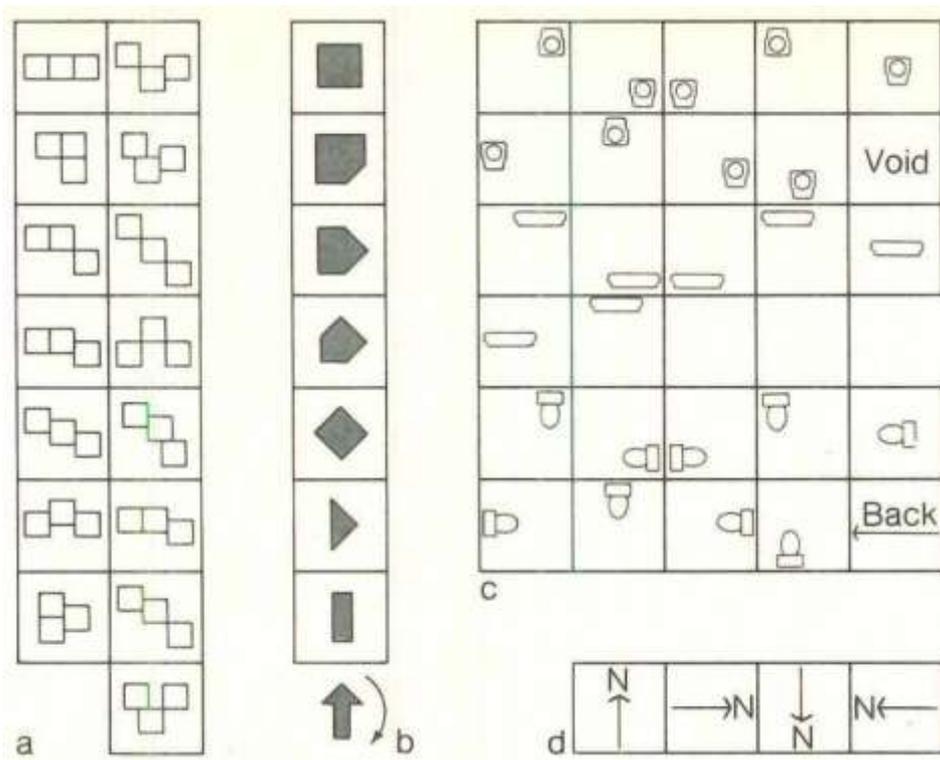
<sup>26</sup> Ver: *Augmenting Human Intellect: a Conceptual Framework* (ENGELBART, (1962).

<sup>27</sup> Ver: *Computer Representation of Three Dimensional Structures for CAEADS* (MITCHELL, OLIVERSON, 1978)

sobre tecnologias digitais orientadas ao processo de projeto retroalimentada por pesquisas de cunho acadêmico.

Os trabalhos de Eastman, em particular aqueles publicados nas décadas de 1960 e 1970, demonstram um diálogo constante com comunicações de pesquisadores que, interessados no comportamento humano e no funcionamento do cérebro, aproximaram-se da cibernética. Como lembra Eastman (1970), seu enfoque se baseou “[...] no trabalho de Newell, Shaw, Simon, Hunt e muitos outros que utilizam conceitos de processamento de informação para estudar a formação de conceitos e resolução de problemas.” (p. 23, tradução nossa). Isto é, os sistemas computacionais desenvolvidos por Eastman foram, com efeito, experimentações motivadas por questionamentos advindos das teorias que encontravam-se em desenvolvimento nesse contexto intelectual e social dos Estados Unidos. A influência teórica de Negroponte deriva da Teoria da Conversação de Gordon Pask (1976) e os processos de projeto participativos de Friedman. Em meio a uma série de publicações sobre conversação, Pask escreveu o texto *Artificial Intelligence*, em 1972, que seria publicado como introdução a um capítulo de *Soft Architecture Machines* (1975). Este artigo foi desenvolvido para contribuir com a ideação e desenvolvimento de sistemas computacionais que auxiliassem os processos de projeto. (VELOSO, 2014, p. 385)

Os processos de projeto e os sistemas computacionais de auxílio ao processo de projeto do continente europeu, embora tenham se desenvolvido de maneira menos concentrada no território e com influências militares menos nítidas que os estadunidenses, beneficiaram-se, particularmente, dos aportes sistêmicos e cibernéticos do ciberneticista inglês Gordon Pask (PASK, 1976), bem como das proposições do Archigram e Lucien Kroll. Além disso, noções de participação cidadã na tomada de decisões de projeto, advindas do estruturalismo (ROCHA, 2004), também contribuíram para a formulação de bases computacionais que, ademais de descrever as informações da construção, auxiliassem processos participativos de projeto. Nesse âmbito, o arquiteto franco-húngaro Yona Friedman, precursor de processos participativos apoiados por computação gráfica, concebeu o sistema computacional *Flatwriter*, que visava dotar os atores não-técnicos de ferramentas para selecionar e imprimir as preferências de sua futura habitação (FRIEDMAN, 1971).



**Fig. 8:** Diagrama de opções do *Flatwriter*. Fonte: FRIEDMAN,1971.

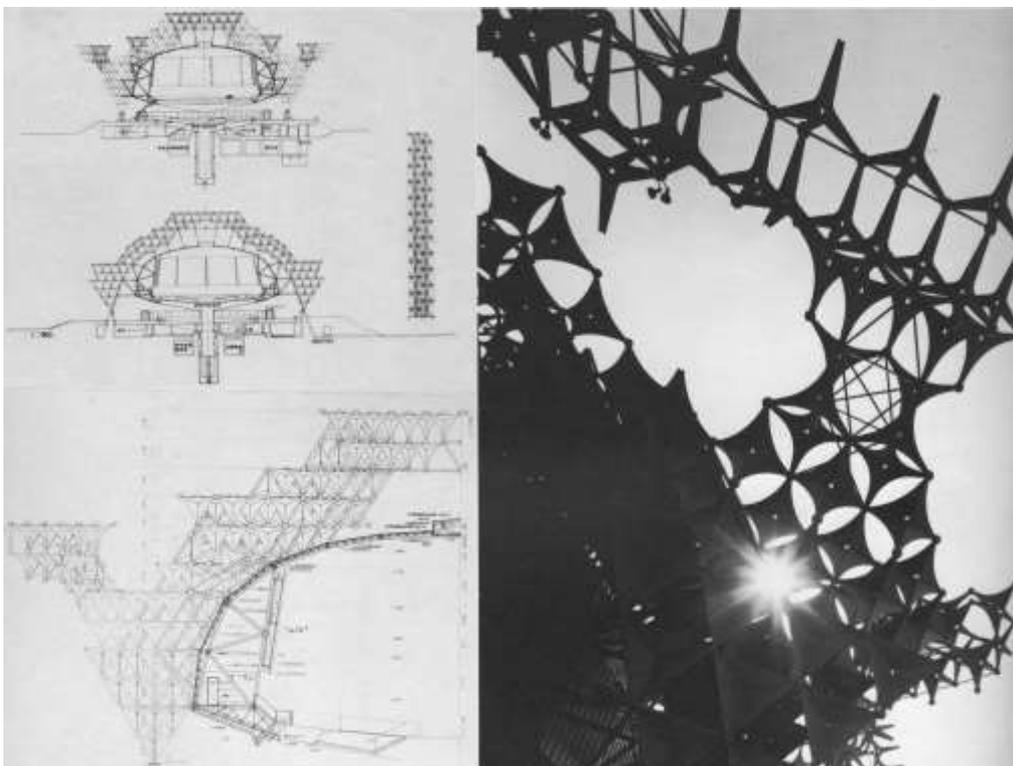
Apesar do sistema não ter alcançado a fase de desenvolvimento, sua proposta foi apresentada na Exposição Mundial de Osaka, no Japão, em 1970, e influenciou uma grande quantidade de formulações de sistemas computacionais, como o URBAN5. Nota-se que, na mesma exposição, o arquiteto metabolista Kisho Kurokawa apresentou o projeto *Toshiba Ihi Pavillion*, para o qual “os cálculos estruturais foram feitos com o auxílio de um computador, que determinou as localizações das coordenadas tridimensionais e os locais onde as unidades seriam utilizadas.” (KUROKAWA, 1977, p. 128, tradução nossa).

Revistas da área de Arquitetura também cumpriram um importante papel na disseminação de avanços tecnológicos que retroalimentariam as formulações e desenvolvimentos do BIM. A revista estadunidense *Progressive Architecture*<sup>28</sup> (1920-1995), do campo de arquitetura, design e desenho, construiu uma valiosa coleção de trabalhos pioneiros sobre sistemas computacionais orientados à arquitetura e, especificamente, ao processo de projeto. Destacamos as edições do ano de 1971, nas quais foram publicados influentes trabalhos sobre

<sup>28</sup> Ver: *Progressive Architecture* (1971).

processos de projeto participativo, como o *Flatwriter* (FRIEDMAN, 1971), e sistemas computacionais com bases de dados relacionais desenvolvidos por escritórios de arquitetura (INTERIOR... 1971). Também, nesta década, em Londres, a revista *Computer Aided Design* inaugurou a *International Conference and Exhibition on Computers in Engineering and Building Design* (1974), um evento que serviu de plataforma de discussão para o crescente grupo de profissionais envolvidos com *computer-aided building design* (CABD).

Reunimos, neste item, um conjunto de conexões entre cibernética e o panorama da gênese do desenvolvimento de bases computacionais orientadas à arquitetura, pretendendo verificar os fundamentos teóricos das formulações do BIM, como nos casos de Eastman, Negro ponte, Sutherland e Friedman. Certamente, ao mesmo tempo que o final da década de 1960 e começo da década 1970 marcaram o início de um longo processo de desenvolvimentos e aprimoramentos computacionais, marcaram o nascimento da indústria de *software*. Há um amplo conjunto de bases computacionais que se desdobraram dessas primeiras formulações de Eastman, Negro ponte, Sutherland e Friedman. Um resgate histórico e debate desses desdobramentos computacionais será realizado no Capítulo 2.



**Fig. 9:** Toshiba Ihi Pavilion, Expo 70, 1970. Fonte: Adaptado de KUROKAWA, 1977.

#### 4 Conclusões parciais

Quando se trata das origens do *Building Information Modeling* (BIM), parece haver um vasto desdobramento de abordagens possíveis. Sejam de cunho prático, computacional ou etimológico, elas demonstram que, no campo de estudo do BIM, também persiste a característica da fragmentação do conhecimento. Também, quando se trata da fundamentação teórica do BIM, constata-se, na literatura especializada, uma lacuna no uso de teorias sistêmicas que, ao mesmo tempo em que estão na base de suas formulações, fornecem ferramentas de controle e compreensão de dinâmicas apoiadas por bancos de dados e tecnologias digitais. No que diz respeito aos processos de projeto que o BIM suscita, as abordagens parecem priorizar aspectos técnicos. Com efeito, há lacunas que devem ser preenchidas e verificadas.

Como produzir compreensões holísticas sobre o BIM? À luz de quais teorias podem ser analisadas e fundamentadas as premissas do BIM? Em que medida os processos de projeto se moldaram ao BIM ou em que medida contribuíram para seu desenvolvimento? Que pensamento arquitetônico possuía a capacidade de ser informatizado? Estes questionamentos nos levaram a observar o BIM como a configuração de um conglomerado de avanços metateóricos, computacionais e de processos de projeto, derivada de um processo de mais de cinquenta anos de informatização do pensamento arquitetônico. Procuramos, neste capítulo, responder a estas indagações de forma preliminar, para que as próximas etapas e experimentos previstos na pesquisa possam conter questões claras a serem respondidas e premissas de onde se partir.

Algumas considerações relacionadas a estas indagações podem ser elaboradas, entretanto. Embora a documentação relacional produzida pelo movimento arquitetônico modular estadunidense e europeu, anterior à consolidação da cibernética, carecesse de uma visão computacional, pode ser considerada como uma versão simplificada, porém útil, do conhecimento produzido nas décadas de 1960 e 1970, em relação ao comportamento humano no ambiente construído. Seria esse registro, das décadas de 1930 e 1940, que alimentaria as primeiras bases computacionais de auxílio ao processo de projeto, incluídas aquelas de base BIM. O processo de informatização do pensamento arquitetônico é de longa data e perpassou distintos momentos da arquitetura. Deriva de uma mudança de

paradigma na visão da produção de conhecimentos, que caminharia em direção à consolidação de uma nova ciência de observação de sistemas.

Uma vez consolidada a cibernética, a informatização do pensamento arquitetônico tornou-se nítida, foi munida de ferramentas e começaram a se destacar seus primeiros expoentes. A cibernética ganhou mais adeptos no continente europeu, em especial, na Inglaterra e França, nascendo outras maneiras de abordar os processos de projeto e a produção da arquitetura em si. Isto contribuiu para que as décadas de 1960 e 1970, se estabeleceram como cenário de teorização e avanços cibernéticos e de processos de projeto abertos, assim como de exploração de produção arquitetônica. O grupo Archigram, o movimento dos Metabolistas e o arquiteto franco-hungaro Yona Friedman, ao propiciarem situações de escolha e personalização do espaço projetado, compartilham premissas e visões cibernéticas relacionadas à admissão da influência da participação ativa do observador. Também têm em comum a característica de contemplarem o uso de tecnologias digitais e de informação, no entanto, em níveis e escalas diferentes. Archigram, por meio da arquitetura, faz um chamado à reflexão de uma sociedade interconectada que se utiliza de tecnologias de informação e comunicação. Certamente, Archigram pouco aprofundou nas implicações computacionais de suas propostas futuristas, mas sim provocaria questionamentos sobre o uso dados para produzir e gerenciar tais organismos. Os Metabolistas, por sua vez, pareciam ter uma visão mais amadurecida acerca das tecnologias ocidentais. Kurokawa, por exemplo, defendia a ideia de que as tecnologias "são apenas facilidades e estímulos para o homem se empenhar em construir uma sociedade mais diversificada." (KUROKAWA, 1977, p. 27, tradução nossa). Podemos supor que o uso de tecnologias digitais de Kurokawa se encontra embasado nesse pensamento. Encontramos que os Metabolistas se utilizaram de bases computacionais tanto nos processos de projeto quanto nos edifícios<sup>29</sup> em si. Friedman, também, contemplando o uso de bases computacionais de auxílio aos de, desenhava processos de projeto com foco na participação, bem como estímulo e aceitação de emergências.

---

<sup>29</sup> Projeto *Discotheque Space Capsule*, desenvolvido em 1968. "A iluminação do teto, em três cores, e a música, são controladas por um computador. [...] As luzes do teto são um minicomputador." (KUROKAWA, 1977, p. 95, tradução nossa)

Compreendemos que o processo de informatização do pensamento arquitetônico, apesar de apresentar uma dependência estrita ao uso de tecnologias digitais, admite aportes de organização da informação não computacionais. Isto é, o processo de informatização é um processo de tradução de dinâmicas, conhecimentos de arquitetura e construção e comportamento humano no ambiente construído em informações passíveis de serem organizadas e, logo, usadas por tecnologias digitais. Portanto, esforços encaminhados à tradução de processos em informações declaradas e dispostas para alimentarem bancos de dados de bases computacionais são tão necessários quanto os esforços por introduzir o pensamento algorítmico-computacional nos processos de projeto. Pask, Kroll, Alexander e Friedman, graças a visões cibernéticas de observação, controle e organização de sistemas, atuaram em ambas esferas, paralelamente. Por outro lado, autores como Neufert, Ramsey e Sleeper, atuaram somente na esfera de tradução e declaração de informações. Pontuamos, em todo caso, que a informatização do pensamento arquitetônico que levou, entre outros avanços, aos processos de projeto em BIM, nutriu-se principalmente, mas não apenas, dos aportes cibernéticos e de processos de projeto de Pask, Archigram, Metabolistas, Friedman, Kroll, Habraken e Alexander, e de padronização de Neufert, Ramsey e Sleeper.

Identificamos articulações claras entre cibernética e processos de projeto que instigaram e fundamentaram teoricamente proposições de bases computacionais orientadas aos processos de projeto. Isto constata nossa hipótese de que a formulações do BIM são cibernéticas e que, portanto, o estudo e exploração do BIM deve realizar-se sob uma perspectiva metateórica. O próximo passo nesta linha investigativa diz respeito à compreensão do processo de distanciamento entre o desenvolvimento computacional e seus fundamentos cibernéticos, que será realizado no Capítulo 2. No que diz respeito aos grupos de pesquisa ingleses que desenvolveram programas computacionais orientados à arquitetura, ainda é necessário verificar a existência de relações e/ou articulações com a cibernética.

Camadas de informações de diversas ordens são tratadas neste capítulo. Ao se tratar de um resgate histórico com vistas à compreensão de fenômenos atuais, podemos adicionar novas camadas de informação ou chamar ao diálogo mais

autores para enriquecer o tramado de conexões. Este capítulo se estende como uma base fértil de novas indagações, podendo ser sobre BIM ou conexões específicas que foram traçadas ao longo da argumentação. Por exemplo, podemos acrescentar ao movimento de documentação e processo de informatização do pensamento arquitetônico os trabalhos realizados pelo arquiteto israelense Baruch Givoni, na Califórnia, cujos resultados foram publicados, pela primeira vez, no livro *Man, climate and architecture* (1969). Este novo *input* de pesquisa estaria gerando, de fato, uma reorganização no tramado de articulações. Programas computacionais de análise climática se desenvolveram com base na carta psicrométrica e estudos de Givoni, contribuindo, também, para a informatização do pensamento arquitetônico. Como mencionamos nos primeiros parágrafos deste capítulo, muito provavelmente, a indústria de *software* proprietário orientado à arquitetura incorporou os aportes de Givoni no universo BIM. A verificação destas conjecturas será realizada no Capítulo 2, no qual iremos identificar e documentar a evolução do pensamento computacional que influenciou e embasou a formulação e desenvolvimento do BIM, investigando relações entre agentes teóricos, tecnológicos e de processos de projeto ao longo de seis décadas (1930-1980), considerando, também, a prática profissional de arquitetura desse período.

Há, também, o questionamento de por que os processos de projeto em BIM se distanciaram de dinâmicas organizacionais e comunicacionais que se alojam nas metateorias, evitando o surgimento de emergências? Pretendemos, no Capítulo 2, compreender os percursos dos desenvolvimentos de bases computacionais de auxílio aos processos de projeto, identificando o gradativo distanciamento metateórico dos avanços computacionais no campo e, por conseguinte, da prática profissional.

A prática profissional contemporânea do BIM, herdada do complexo de conexões derivado do processo de informatização do pensamento arquitetônico, abordado neste capítulo, será discutida no Capítulo 3. Conforme vimos neste capítulo, a discussão e estudo da cibernética, ou a falta de tal, configura-se um fator crucial para o avanço computacional e sua associação com outras áreas de conhecimento. Sublinhamos a particularidade da possível influência do contexto soviético para o desenvolvimento de programas computacionais.

Aprofundaremos nessa linha no Capítulo 2, resgatando o desenvolvimento computacional que levou ao que o BIM é atualmente; e no Capítulo 3, analisando rotinas e dinâmicas de projeto, por vezes suscitadas e por vezes impostas tanto pelo BIM quanto pelos desenvolvimentos computacionais e de processos de projeto do Norte Global.

No item 3, chamamos a atenção para a pertinência de compreender histórica e teoricamente os processos de projeto em BIM, para repensá-los e explorá-los à luz das metateorias. Separamos o Capítulo 4 para levar a cabo uma discussão ampliada sobre explorações práticas em processos de projeto em BIM, entrevistas, visitas técnicas e seminários de pesquisa; e o Capítulo 5 para traçar proposições de rotinas, estratégias de superação de obstáculos, dinâmicas e formas de organização de processos de projeto em BIM. Estas proposições deverão servir para aumentar o estímulo das emergências em escritórios de pequeno e médio porte e, possivelmente, propiciar novas formas de produção de arquitetura.

A presente pesquisa se aloja nos esforços de compreender, de maneira sistêmica e complexa, primeiro, os fenômenos envolvidos na formulação e desenvolvimento do BIM, e segundo, o sistema complexo Processos de Projeto em BIM. Parafraseando Vasconsellos (2006), indo de encontro à dificuldade de comunicação entre os cientistas, instaurada pela ciência tradicional. O estudo sobre processos de projeto em BIM parece estar, até o momento, contornado por pesquisa histórica do desenvolvimento computacional de programas CAD e BIM, pesquisas sobre cibernética e design e pesquisas acerca de processos de projeto. Constatamos, neste capítulo, que os processos de projeto em BIM são, na verdade, um nodo de conexões dentro do complexo tramado de avanços não apenas metateóricos, computacionais e de processos de projeto, mas também de contextos sociais, econômicos e políticos. A este respeito, contemplaremos as influências desses contextos na medida em que o escopo da pesquisa o permita.

Sob o ponto de vista dos fundamentos teóricos que sustentem a leitura feita, é necessário que, através da prática e dos experimentos, se verifique, além da constituição do sistema complexo teorizado, eventuais emergências que possam contribuir para o aprimoramento e para novas abordagens da própria teoria e das análises realizadas até aqui, em um processo circular de retroalimentação.

Por fim, este capítulo buscou realizar uma ampla discussão sobre a história, fundamentos teóricos do BIM e processos de projeto passíveis de serem informatizados. Justifica-se a abordagem histórica pelas compreensões variadas e, em muitos casos, superficiais sobre o BIM, difundidas entre os profissionais de arquitetura. Também, pela dificuldade percebida que a literatura especializada tem em construir consensos sobre os fundamentos do BIM. O arcabouço teórico e histórico elaborado neste capítulo está em constante atualização e se constitui fundamental para o desenvolvimento das próximas etapas de pesquisa e produção dos próximos capítulos.

## Referências

ABBATE, J. E. **From ARPANET to Internet: a history of ARPA-sponsored computer networks, 1966-1988.** 1994. 111 f. Tese (Doutorado) - University Of Pennsylvania, Filadélfia, 1994.

ADÃO, H.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada.** Porto Alegre: ANTAC, 2007. 72 P.

ADLER, D. (ed.). **Metric Handbook: planning and design data.** 2. ed. Oxford: Architectural Press, 1999. 784 p.

ALEXANDER, C. A city is not a tree. **Architectural Forum**, v. 122, n. 1, p. 58-62, Abr. 1965. Disponível em: <https://bit.ly/30k5wXo>. Acesso em: 09 nov. 2021.

ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M.; JACOBSON, M.; FIKSDAHL-KING, I.; ANGEL, S. **A Pattern Language: Towns, Buildings, Constructions.** New York: Oxford University Press, 1977.

ASHBY, W. R. **The W. Ross Ashby Digital Archive: Ashby's journal, 1928-1972.** v. 11, p. 2624, London, 1949, 7189 p.

ASHBY, W. R. Design for an Intelligence-Amplifier. **Automata Studies. (Am-34)**, [S.L.], p. 215-234, 31 dez. 1956. Princeton University Press. <http://dx.doi.org/10.1515/9781400882618-011>.

ASHBY, W. R. **Design for a Brain: The origin of adaptive behaviour.** Second Edition Revised. ed. London: Chapman and Hall, 1960.

AYRES, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** 2009. 254 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BARNET, B. The Technical Evolution of Vannevar Bush's Memex. **Digital Humanities Quarterly**, [S.L.], v. 2, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/2/1/000015/000015.html#>. Acesso em: 20 Out. 2021.

BLACK MOUNTAIN COLLEGE. Buckminster Fuller. **Black Mountain College Project**, 2019. Disponível em: <http://www.blackmountaincollegeproject.org/Biographies/FULLER%20BUCKMINSTER%20BIO/FULLER%20BUCKMINSTER.htm>. Acesso em: 4 Out. 2020.

BOJÁR, G. The Gaphisoft Story: Hungarian Perestroika from an Entrepreneur's Perspective. Budapest: Manager Könyvkiadó, 2007, 311 p.

BRETON, P. La cybernétique et les ingénieurs: Dans les années cinquante. **Culture Technique**, [S.L.], n. 12, p. 154-161, 1984.

- BUSH, V. As we may think. **The Atlantic Monthly**, [S.L.], p. 112-124, jul. 1945.
- BUSSAT, P. **Die Modulordnung im Hochbau**. Stuttgart: Karl Krämer, 1963.
- CAPRA, F. **O tao da física**: um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental. São Paulo: Cultrix, 2000.
- CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Coletânea Implementação de BIM para Construtoras e Incorporadoras - Building Information Modeling**. v. 1, Brasília, 2016.
- CHERMAYEFF, S.; ALEXANDER, C. **Community and Privacy**: toward a new architecture of humanism. New York: Doubleday, 1963. 260 p.
- CROMPTON, D. Computer City: A synthesised metropolis with electronic changeability, **Magazine Archigram**, London, n. 5, 1964
- CYTRYN, A.; PARSONS, W. H. A system for computer assisted planning (Planning ADES). **The Proceedings Of The Thirteenth Design Automation Conference On Design Automation - Dac '76**, [S.L.], p. 134-140, 1976. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/800146.804806>.
- COONS, S. A.. An outline of the requirements for a computer-aided design system. In: SPRING JOINT COMPUTER CONFERENCE, 1963, Cambridge. **Proceedings of the May 21-23, 1963, spring joint computer conference**. 1963: Afips '63 (Spring), 1963. p. 299-304.
- DMJM. **Computer Aided Engineering and Architectural Design System (CEAEADS)**. Illinois: U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory, 1979.
- DUBBERLY, H.; PANGARO P. What is conversation, and how can we design for it? **Interactions**, v. 16, n. 4, jul/ago., p. 22-28, 2009.
- DUBBERLY, H.; PANGARO P. How Cybernetics Connects Computing, Counterculture, and Design. In: **Hippie Modernism: The Struggle for Utopia**, Minneapolis, MN: Walker Art Center, 2015,
- EASTMAN, C. **Explorations of the cognitive processes in design**. Pensilvânia: Carnegie-mellon University, 1968. 103 p.
- EASTMAN, C. M. Cognitive Processes and Ill-Defined Problems: a case study from design. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1., 1969, Washington. **IJCAI'69: Proceedings of the 1st international joint conference on Artificial intelligence**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1969. p. 669-690.
- EASTMAN, C. M. On the analysis of intuitive design processes. In: MOORE, G T (ed.). **Emerging Methods in Environmental Design and Planning**. Cambridge: The Mit Press, 1970. p. 21-37.

EASTMAN, C. M. GSP: a system for computer assisted space planning. **Proceedings Of The June 1971 Design Automation Workshop On Design Automation - Dac '71**, [S.L.], p. 208-220, jul. 1971. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/800158.805073>.

EASTMAN, C. M. General purpose building description systems. **Computer-Aided Design**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 17-26, jan. 1976. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-4485\(76\)90005-1](http://dx.doi.org/10.1016/0010-4485(76)90005-1)

ENGELBART, D. **Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework**. Washington Dc: Stanford Research Institute, 1962. 144 p.

ENV. **History of ENV**. 2018. Disponível em: <https://env-team.com/insights/history-of-env/>. Acesso em: 09 Abr. 2021.

FIELD, W. B.; FRENCH, T. E. **Architectural drawing**. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc, 1922.

FRAMPTON, K. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

FRENCH, T. E. **A manual of engineering drawing for students and draftsmen**. New York: New York, McGraw-Hill Book Co., 1911.

FRIEDMAN, Y. The Flatwriter: choice by computer. **Progressive Architecture**, Stamford, p. 98-101, mar. 1971. Mensal. Disponível em: <https://usmodernist.org/PA/PA-1971-03.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2021.

FRIEDMAN, Y. **Hacia una arquitectura científica**. Madrid: Alianza Editorial, 1973, 204 p.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. California: Elsevier Architectural Science Series. 1969.

GLANVILLE, R.; Try again: fail better: the cybernetics in design and the design in cybernetics. **Kybernetes**, v.36, n. 9-10, p. 1173-1206, 2007.

GLANVILLE, R. A. (Cybernetic) Musing: Design and Cybernetics. **Cybernetics and Human Knowing**. v. 16, n. 3-4, p. 175-186, 2009.

GNAUR, D.; SVIDT, K.; THYGESEN, M. Building Interdisciplinary Collaboration Skills through a Digital Building Project. **SEFI 40th Annual Conference: Engineering Education 2020: meet the future: Conference proceedings Brussels: European Society for Engineering Education**. Thessaloniki, 23-26 set. 2012

GROPIUS, W. **Bauhaus: nova arquitetura**. São Paulo, Ed. Perspectiva, 1972. p. 193.

GUIMARÃES, M. **Cibernética em Ação**: arquitetura vista através dos ecossistemas. 2019. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

HABRAKEN, J. **De dragers en de mensen**: Het einde van de massawoningbouw. Eindhoven: Stichting Architecten Research, 1961. 131 p. (Publicado em inglês em 1972).

HABRAKEN, J. **Tools of the Trade**: thematic aspects of designing. Cambridge: The Mit Press, 1996. 43 p.

HAQUE, U. Arquitetura, interação e sistemas. **Arquitetura & Urbanismo**. São Paulo, n. 149, p. 68-71, ago. 2006;

HAWKES, D. Bridging the cultures: architecture, models and computers in 1960s cambridge. **Interdisciplinary Science Reviews**, [S.L.], v. 42, n. 1-2, p. 144-157, 3 abr. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03080188.2017.1297160>.

HERBERT, G.; DONCHIN, M. **The Collaborators**: Interactions in the Architectural Design Process. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2013. p. 262

HESSE, M. **Models and Analogies in Science**. Indiana: University of Notre Dame Press, 1966

HOSKINS, E. M. Descriptive Databases in Some Design/Manufacturing Environments. **DAC '79: Proceedings of the 16th Design Automation Conference**. 1979. p. 421–436. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/800292.811750>. Acesso em: 01 Nov. 2021.

HUSBANDS, P.; HOLLAND, O. The Ratio Club: a hub of british cybernetics. In: HUSBANDS, P.; HOLLAND, O.; WHEELER, M. (ed.). **The Mechanical Mind in History**. London: The Mit Press, 2008. Cap. 6. p. 91-148.

IBRAHIM, N. Reviewing the evidence: use of digital collaboration technologies in major building and infrastructure projects. **ITcon**. [s.l.], V. 18, p. 40-63. fev. 2013.

INTERIOR design: Designer's utopia?. **Progressive Architecture**, Stamford, n. 7, p. 84-87, jul. 1971.

INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON COMPUTERS IN ENGINEERING AND BUILDING DESIGN, 1974, London: Computer Aided Design, 1974.

JONES, J. C. **Design Methods**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992. 370 p.

KAYNAK, E; LEWIS, A; ULLMANN, A. (Ed.). **Privatization and Entrepreneurship**: The Managerial Challenge in Central and Eastern Europe. New York: The Haworth Press, Inc., 1997. 400 p.

KITA, C. J. C. R. Licklider's vision for the IPTO. **Annals Of The History Of Computing, IEEE**. p. 62-77, 2003. 10.1109/MAHC.2003.1226656.

KON, F.; LAGO, N.; MEIRELLES, P.; SABINO, V. Software Livre e Propriedade Intelectual: aspectos jurídicos, licenças e modelos de negócio. In: JAI - XXXI JORNADAS DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA, 31., 2012, Curitiba. **Computação e Inovação: ampliando fronteiras para solução de desafios no Brasil**. Curitiba: SBC, 2012.

KROLL, L. The Voice of Libertarian Socialism. In: VAN TOORN, R.; BOUMAN, O. **The Invisible in Architecture**. Academy Editions & Ernst And Sohn, 1994. p. 396-403.

KUROKAWA, K. **Metabolism in Architecture**. London: Studio Vista, 1977, 208 p.

LICKLIDER, J. Man-Computer Symbiosis. **IRE Transactions On Human Factors In Electronics**, Massachusetts, v. 1, p. 4-11, abr. 1960.

MATHEWS, S. The Fun Palace as Virtual Architecture: cedric price and the practices of indeterminacy. **Journal Of Architectural Education**, [S. L.], v. 59, n. 3, p. 39-48, jun. 2006.

MÉNDEZ, A. La cibernética: gestación de una hiper-ciencia. **Revista del Centro de Investigación**, México D.F., v. 6, n. 24, p. 5-37, 2005.

MILGROM, R. Lucien Kroll: design, difference, everyday life. In: GOONEWARDENA, K.; KIPFER, S.; MILGROM, R.; SCHMID, C. **Space, difference, everyday life**: Reading Henri Lefebvre. New York, London: Routledge: Taylor & Francis Group, 2008. p. 264-281.

MINDELL, D.; SEGAL, J.; GEROVITCH, S. Cybernetics and Information Theory in the United States, France and the Soviet Union: cybernetics and information theory in the united states, france, and the soviet union. In: WALKER, Mark (ed.). **Science and Ideology**: a comparative history. London: Routledge, 2003. Cap. 4. p. 66-96.

MINGLE, K. Project Cybersyn. **99% Invisible**, 2016. Disponível em: <https://99percentinvisible.org/episode/project-cybersyn/>. Acesso em: 12 Nov. 2021.

MITCHELL, W. J.; OLIVERSON, M. **Computer Representation of Three Dimensional Structures for CAEADS**. Cambridge: Construction Engineering Research Laboratory - CERL, 1978.

MIYASAKA, E. L. **RE:VISÃO**: habitat nos anos 1960. 2011. 312 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

MORIN, E. **La méthode I**. La nature de la nature Paris: Seuil, 1977.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. 4. ed. Porto Alegre. Sulina, 2011.

NEGROPONTE, N. **The Architecture Machine**. London: The Mit Press, 1970.

- NEGROPONTE, N. **Soft Architecture Machines**. London: The Mit Press, 1975.
- NEUFERT, E. **Bauentwurfslehre**. Berlín: Friedr.Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 1936.
- NEUFERT, E.; SPEER, A. **Bauordnungslehre**. Berlín: Volk Und Reich Verlag, 1943.
- NOJIMOTO, C. **Construindo diálogos: complexidade e emergência em processos de design**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). IAU-USP, Universidade de São Paulo, 2014.
- PASK, G. **Proposal for a cybernetic theatre**. Londres, 1964.
- PASK, G. The architectural relevance of cybernetics. **Architectural Design**. London. September. 1969.
- PASK, G. **Conversation Theory: Applications in Education and Epistemology**. Ann Arbor: Elsevier Science Limited, 1976. 402 p.
- PASK, G. The Limits of Togetherness. In: LAVINGTIN, S. (ed.) **Proceedings, Invited Keynote address to IFIP, World Congress in Tokyo and Melbourne**. Amsterdam, New York, Oxford: North Holland Pub. Co, 1980, p. 999-1010
- PASK, G. Heinz Von Foerster's Self Organization, the Progenitor of Conversation and Interaction Theories. **System Research**, London, v. 13, n. 3, p. 349-362, jul. 1996.
- PIAS, C. (ed.). **Cybernetics - The Macy Conferences 1946-1953: the complete transactions**. Zurich: Diaphanes, 2016. 736 p.
- POIRIER, E.; FORGUES, D.; STAUB-FRENCH, S. Collaboration through innovation: implications for expertise in the AIC sector. **Construction Management and Economics**. Informa UK Limited. [s.l.], v. 34, n. 11, p.769- 789, 12 jul. 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2016.1206660>
- PRICE, C. Gordon Pask. **Kybernetes**, [S. L.], v. 30, n. 5-6, p. 819-820, jul. 2001.
- PROGRESSIVE ARCHITECTURE**. Stamford: Reinhold Publication, mar. 1971. Mensal.
- RAMSEY, C. G.; SLEEPER, H. R. **Architectural Details**. Newjersey: John Wiley & Sons, Inc., 1924.
- RAMSEY, C. G.; SLEEPER, H. R. **Architectural Graphic Standards**. Newjersey: John Wiley & Sons, Inc., 1932.
- ROCHA, A. J. M. **Architecture Theory 1960-1980: emergence of a computational perspective**. 2004. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arrquitetura, Departamento de Arquitetura, Massachusetts Institute Of Technology, Cambridge, 2004.
- ROCHA, B. M. **Complexidade e Improvisação em Arquitetura**. 2015. 256 f. Tese (Doutorado - Design e Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAUUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ROCHA, B. M. **Movimento Metabolista**. Disponível em: [https://www.territorios.org/teoria/H\\_C\\_metabolistas.html](https://www.territorios.org/teoria/H_C_metabolistas.html). Acesso em: 09 jul. 2021.

ROSS, D. T. Computer-aided design. **Communications Of The Acm**, [S.L.], v. 4, n. 5, p. 235, maio 1961. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/366532.366554>.

ROSS, D. T.; RODRIGUEZ, J. E. Theoretical foundations of the computer-aided design system. In: **Spring Joint Computer Conference**, 1963, Detroit. 1963, 305-322. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1461551.1461589>. Acessado em: 12 out. 2021

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAU-USP, 1976.

ROUILLARD, D. Archigram. In: DETHIER, J. (org.) **La Ville**: art et architecture en Europe, 1870-1993. Paris: Éditions du Centre Pompidou. 1994, p. 428.

SADLER, S. **Archigram**: architecture without architecture. London: The Mit Press, 2005. 253 p.

SANTOS, B. S. **Um Discurso sobre as Ciências**. Porto: Afrontamento, 2008.

SDEGNO, A. Computer Aided Architecture: origini e sviluppo. **Disegnarecon**. L'Aquila, v. 9, n. 16, p. 4.1-4.6, 2016.

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 379-423, jul. 1948. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.

SHANNON, C. E.; WAEVER, W. **A teoria matemática da comunicação**. Tradução de Orlando Agueda. São Paulo: DIFEL, 1975 [1948].

SILVA, M. S. K. Redescobrimo a arquitetura do Archigram. **Arquitextos**, São Paulo, ano 04, n. 048.05, Vitruvius, maio 2004 Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.048/585>. Acesso em: 13 Jun. 2021.

SOBOLEV, S.; KITOV, A.; LYAPUNOV, A. O primeiro artigo positivo na URSS sobre cibernética: as principais características da cibernética. **Voprosy Filosofii**, Moscou, n. 4, [S.L.] ago. 1955. Disponível em: <http://www.kitov-anatoly.ru/naucnye-trudy/izbrannye-naucnye-trudy-anatolia-ivanovica-v-pdf/pervaa-pozitivnaa-stata-o-kibernetike>. Acesso em: 26 Out. 2021.

STEHLING, Miguel Pereira; ARANTES, Eduardo Marques. Análise do processo de implantação de BIM em empresas de projetos industriais e arquitetônicos em Belo Horizonte. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n.1, p. 35-44, jan./jun. 2014.

SUTHERLAND, I. **Sketchpad, a man-machine graphical communication system**. 1963. 143 f. Tese (Doutorado), Massachusetts Institute Of Technology, Massachusetts, 1963.

TRAMONTANO, M. **Espaços domésticos flexíveis**: Notas sobre a produção da primeira geração de modernistas brasileiros. 1993. São Paulo: FAU-USP, 1993. 210mmX297mm. 15 p. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/site/livraria/livraria.html>. Acessado em: 9 set. 2021

TRAMONTANO, M. **Paris, São Paulo, Tokyo**: novos modos de vida, novos espaços de morar. 399 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

TRAMONTANO, M. C.; TRUJILLO, J. C. Compartilhando decisões: plataformas online para participação cidadã. In: PROJETAR, 9., 2019, Curitiba. **Arquitetura e cidade: privilégios, conflitos e possibilidades**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2019. v. 2, p. 1-9.

TRAMONTANO, M.; PITA, J.; SOUSA, D. Building Information Modelling em processos decisórios participativos. **Revista Design & Tecnologia**, Porto Alegre, v. 10, n. 21, p. 54-69, 2020.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico**: novo paradigma da ciência. 7. ed. Campinas: Papyrus, 2006.

VELOSO, P. Christopher Alexander e o dilema do espaço (in)formado. In: PROCEEDINGS OF THE XVII CONFERENCE OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS. 2012, Fortaleza. **Forma informação**. Fortaleza:Blucher Design Proceedings, 2012, p. 495-499

VELOSO, P L A.; PRATSCHKE, A. Uma Arqueologia de Diagramas Cibernéticos. In: PROCEEDINGS OF THE XVII CONFERENCE OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS. 2013, São Paulo. **Knowledge-based Design**. São Paulo: Blucher Design Proceedings, 2014. p. 353-356.

VELOSO, P. L. A. Cybernetic Diagrams: design strategies for an open game. **International Journal Of Architectural Computing**, [S. L.], v. 12, n. 4, p. 379-397, dez. 2014.

VON BERTALANFFY, L. **General System Theory**: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, Inc., 1968. 153 p.

VON BERTALANFFY, L. **Teoria General de los Sistemas**. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1976. 336 p.

VON FOERSTER, H., et al (eds.). **Cybernetics of Cybernetics**, BCL Report 73.38, Biological Computer Laboratory, Dept. of Electrical Engineering, University of Illinois, Urbana, 1974.

VOSSOUGHIAN, N. Standardization Reconsidered: normierung in and after ernst neufert's bauentwurfslehre (1936). **Grey Room**, [S.L.], v. 54, p. 34-55, jan. 2014. MIT Press - Journals. [http://dx.doi.org/10.1162/grey\\_a\\_00125](http://dx.doi.org/10.1162/grey_a_00125).

WEINZAPFEL, G.; NEGROPONTE, N. Architecture-by-yourself. **Acm Siggraph Computer Graphics**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 74-78, ago. 1976. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/965143.563290>.

WERNER, L. C. Gordon Pask's 'Cybernetic Theatre': beyond tinkering with architecture. In: Convention of the Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour (AISB 2018), 2018, Liverpool. **Symposium on Cybernetic Serendipity Reimagined**. Liverpool, 2018. p. 44-48.

WESTERMANN, C. A Poetics of Designing. In: FISCHER, T.; HERR, C. M. (ed.). **Design Cybernetics: navigating the new**. Delft: Springer, Cham, 2019. p. 233-245.

WIENER, N. **Cibernética**, ou controle e comunicação no animal e na máquina. Tradução de Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Polígono., EDUSP, 1948-1970.

ZHU, K. X.; ZHOU, Z. Z. Research Note—Lock-In Strategy in Software Competition: open-source software vs. proprietary software. **Information Systems Research**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 536-545, jun. 2012. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). <http://dx.doi.org/10.1287/isre.1110.0358>.

ZUBOFF, S. **In the age of the smart machine: the future of work and power**. New York: Basic Books, Inc., 1988. 487 p.