

FOTO: INGE MORATH | RUE VISCONTI | PARIS | 1954

ISABELLA ELOY CAVALCANTI

CITY
PARTY
FERN





UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO - MDU

Isabella Eloy Cavalcanti

City Pattern: código paramétrico para tradução computacional de *patterns* da obra de Christopher Alexander relativos à forma e vida urbana

Recife

2020

Isabella Eloy Cavalcanti

City Pattern: código paramétrico para tradução computacional de *patterns* da obra de Christopher Alexander relativos à forma e vida urbana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU), da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do Título de mestre em Desenvolvimento Urbano

Área de concentração: Desenvolvimento Urbano.

Orientadora: Professora Doutora Letícia Teixeira Mendes.

Coorientador: Professor Doutor Mauro Normando Macêdo Barros Filho.

Recife

2020

Catalogação na fonte
Bibliotecária Nathália Sena, CRB-4/1719

C376c

Cavalcanti, Isabella Eloy

City Pattern: código paramétrico para tradução computacional de patterns da obra de Christopher Alexander relativos à forma e vida urbana / Isabella Eloy Cavalcanti. – Recife, 2020.
191f.: il.

Orientadora: Leticia Teixeira Mendes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Urbano, 2020.

Inclui referências e apêndices.

1. Forma urbana. 2. Metodologia de projeto. 3. Urban design.
4. Christopher Alexander. 5. Lógica paramétrica. I. Mendes, Leticia Teixeira (Orientadora). II. Título.

711.4 CDD (22. ed.)

UFPE (CAC 2021-09)

Isabella Eloy Cavalcanti

City Pattern: código paramétrico para tradução computacional de *patterns* da obra de Christopher Alexander relativos à forma e vida urbana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU), da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do Título de mestre em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 25/11/2020

BANCA EXAMINADORA

Professora Doutora Leticia Teixeira Mendes (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Professor Doutor Mauro Normando Macêdo Barros Filho (Coorientador)

Universidade Federal de Campina Grande

Professor Doutor Max Lira Veras Xavier Andrade (Examinador interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Professor Doutor Luiz Manuel do Eirado Amorim (Examinador interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Professora Doutora Maria Gabriela Caffarena Celani (Examinador externa)

Universidade Estadual de Campinas

Dedico esta dissertação ao meu avô **Jessé S. Cavalcanti** (*in memoriam*). Serei sempre grata pelos 24 anos que pude desfrutar de sua generosidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, pelo cuidado, suporte e orientação em toda minha vida.

Aos meus orientadores que foram não somente essenciais na construção desta pesquisa, como no meu amadurecimento como profissional e pessoa. Obrigada **Leticia Teixeira Mendes** por cada minuto dado a mim; pelas preciosíssimas orientações, conversas e experiências didáticas compartilhadas. Sua generosidade, delicadeza e cuidado marcaram minha vida desde a primeira reunião. Obrigada **Mauro N.M Barros Filho** pelo apoio acadêmico e profissional nesses mais de três anos; pelas maravilhosas orientações em mais um trabalho; e por ser um grande exemplo de mentor e pesquisador.

Aos meus **pais e irmãos** por serem sempre meu lugar de paz, amor e segurança. Sei que minha alegria em terminar esta pesquisa é compartilhada e sentida no coração de cada um de vocês.

Especificamente agradeço a minha irmã **Emanuella Eloy Cavalcanti** por cada momento compartilhado na minha estadia em Recife, por cada bilhetinho de “Boa semana sista, te cuida e qualquer coisa me chama” deixado na minha geladeira. Você é um grande presente de Deus para mim.

Aos meus **melhores amigos** por cada mensagem, risada e por dividir fardo nesses mais de 10 anos de amizade constante, pura e verdadeira.

Este trabalho foi feito com apoio do **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** do Brasil.

RESUMO

Há séculos o desenvolvimento humano tem estado cada vez mais atrelado ao desenvolvimento das cidades. Hoje elas são, e muito provavelmente continuarão sendo, o principal local de morada do Homem na Terra. Apesar dessa importância, após a Segunda Revolução Industrial e mais ainda no Pós Segunda Guerra Mundial – com a disseminação dos princípios do Movimento Moderno – a qualidade de vida nos ambientes urbanos caiu significativamente. A qualidade que advém de aspectos culturais, ambientais, políticas relações interpessoais, econômicas e de vida em comunidade é, cada vez mais, influenciada pela forma urbana edificada da cidade. Christopher Alexander , matemático, arquiteto e urbanista, reconheceu, desde meados do século passado, a relação entre materialidade e vivência urbana. Na obra ‘*A Pattern Language*’ (Uma linguagem de padrões) de 1977, o autor e sua equipe descrevem uma série de situações que consideram esses dois elementos. Apesar da necessidade de estudar aspectos da vida urbana na proposição de projetos, arquitetônicos e urbanos, essa relação não é comumente considerada, principalmente pela complexidade que existe nas variáveis formais que materializam a cidade como densidade, forma urbana edificada, entre outros. Reconhecendo tal complexidade e a falta de bases experimentais para relacionar tais elementos que compõem o espaço urbano, essa pesquisa de mestrado tem como objetivo geral contribuir para a discussão sobre processos projetuais que alteram a forma urbana e que consideram aspectos imateriais do urbano que interagem com a materialidade, como, por exemplo, a relação edificação e transeunte, sob o ponto de vista da inserção de recursos computacionais, especificamente relacionados à lógica paramétrica, traduzindo uma importante base teórica e para experimentações no processo de tomada de decisão. Essa contribuição tem inicialmente um caráter teórico, a partir de seções discursivas sobre (i) forma e vida urbanas, (ii) obra de Christopher Alexander, especificamente a segunda teoria do autor e (iii) projeto digital. A presente pesquisa propôs o desenvolvimento de um código paramétrico que relaciona o que foi discutido através de princípios presentes em ‘*A Pattern Language*’(1977) e que pode ser utilizado como base experimental no processo projetual. Com o intuito de apontar a validade da otimização computacional dos princípios de Alexander, estes foram demonstrados em soluções projetuais contemporâneas. Por fim, notou-se que para além de instrumento, a tecnologia computacional, especificamente a paramétrica, pode ser utilizada não apenas como otimização de cálculos ou simulações de fácil alteração, mas como instrumento para atualizar e tornar visível princípios teóricos e consagrados para o uso em projetos urbanos.

Palavras-chave: Forma urbana. Metodologia de projeto. *Urban design*. Christopher Alexander. Lógica paramétrica.

ABSTRACT

For centuries, human development has been linked to the development of cities. Today they are, and most likely will continue to be, our primary place of residence on Earth. Despite this importance, after the Second Industrial Revolution and even more so after the Second World War - with the dissemination of the principles of the Modern Movement - the quality of life in urban environments fell significantly. The quality that comes from cultural, environmental, political, relationships, promotion and community life is increasingly influenced by the built urban form of the city. Christopher Alexander, mathematician, architect and urbanist, has recognized, since the history of the last century, the relationship between materiality and urban living. In the 1977 'A Pattern Language', the author and his team describe a series of situations that consider these two elements. Even if it's clear the necessity of study aspects of urban life in architectural and urban projects, oftentimes it is not considered, mainly due to the complexity of variables that materialize the city, like density and built urban form. Recognizing such complexity and the lack of experimental bases to relate such elements, this master's research aims to contribute to the discussion of project processes that change the urban form and that considers immaterial aspects of the urban that interact with the materiality, such as, the building and passerby relationship from the point of view of the insertion of computational resources, specifically related to parametric logic, translating an important theoretical basis and for experimentation in the decision-making process. This contribution has a theoretical character, based on (i) urban form and urban life, (ii) Christopher Alexander's work, specifically his second theory and (iii) digital design. This research proposed the development of a parametric code that relates what was discussed through the principles present in 'A Pattern Language' (1977) and what could be used as an experimental basis in the design process. In order to point out the validation of the computational optimization of the Alexander principles, these were demonstrated in contemporary design solutions. Finally, it was noted that in addition to being an instrument, computational technology, specifically a parametric one, can be used as an instrument to update and make visible theoretical and important principles for use in urban projects.

Keywords: Urban form. Design methodology. Urban design. Christopher Alexander. Parametric logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Croqui Richard Rogers Lyon, França.....	21
Figura 2 –	Esquema da estrutura de um <i>pattern</i> (ALEXANDER <i>et al.</i> 1977).....	22
Figura 3 –	Estrutura da pesquisa.....	29
Figura 4 –	Estrutura do capítulo 2.....	32
Figura 5 –	Exemplo da “destruição da escala humana”.....	34
Figura 6 –	Interações e experiências sensoriais compartilhadas no ambiente urbano.	39
Figura 7 –	Contato face a face.....	40
Figura 8 –	Cidade e seus barulhos, cheiros e calor refletidos nas calçadas quentes....	42
Figura 9 –	Atividade humana interagindo com o ambiente físico e as conexões que formam o urbano.....	48
Figura 10 –	Exemplo de edifício aberto ao ambiente da cidade.....	51
Figura 11 –	Espaço urbano saudável para a vida.....	54
Figura 12 –	<i>All-of-a-piece Urban Design:</i> Battery park city – NY, USA.....	55
Figura 13 –	Quadro resumo dos quatro tipos de <i>Design</i> urbano, Lang (2006).....	56
Figura 14 –	Grupos de trabalho.....	57
Figura 15 –	<i>Functionmixer – software</i> desenvolvido pelo escritório MVRDV.....	58
Figura 16 –	<i>Masterplan</i> do projeto e capa da obra <i>Houses generated by patterns</i> (1969).....	60
Figura 17 –	Trilogia da segunda teoria defendida por Christopher Alexander.....	63
Figura 18 –	Imagen do campus da Universidade de Oregon que põe <i>patterns</i> em prática.....	64
Figura 19 –	<i>Pattern 25: Access to water</i>	69
Figura 20 –	<i>Patterns</i> de acordo com os assuntos.....	70
Figura 21 –	Planejamento atual e vizinhanças.....	72
Figura 22 –	Esquema da estrutura do capítulo sobre Projeto Digital.....	76
Figura 23 –	Transmissão de sinais segundo a Teoria da Informação.....	77
Figura 24 –	Composição visual de um sistema em direção a um objetivo (Teoria dos Sistemas).....	78
Figura 25 –	Gerações dos métodos de projeto.....	81
Figura 26 –	Representações usadas no Modelo CAD Descritivo.....	84
Figura 27 –	Exemplo de definição e coordenadas de referência para escaneamento....	84

Figura 28 –	Exemplo de modelo para estudo de ventilação natural no espaço urbano.	85
Figura 29 –	Experimentos para formação de uma estrutura de segunda pele de um edifício.....	86
Figura 30 –	<i>Improvisational Code</i> por Filipe Afonso. Exemplo de Modelo Evolucionário.....	88
Figura 31 –	Prefeitura de Londres, Inglaterra – <i>Foster and Partners</i> . Exemplo de uso de modelo de simulação baseada no desempenho.....	89
Figura 32 –	<i>Background</i> histórico.....	91
Figura 33 –	<i>City plugin – Archigram</i>	92
Figura 34 –	Projeto paramétrico, Estádio N. Arq.Luigi Moretti.....	93
Figura 35 –	Desenhos da concepção projetual – <i>One north masterplan</i> (ZHA).....	97
Figura 36 –	Imagens do modelo do <i>One North masterplan</i> (ZHA).....	97
Figura 37 –	Implementação experimental de componentes generativos (<i>CityMaker</i>)..	99
Figura 38 –	Interface do <i>cluster</i> do APF.....	100
Figura 39 –	Cenário criado a partir do código desenvolvido por Cavalcanti (2018)....	100
Figura 40 –	<i>Cluster</i> “Construção da edificação” em funcionamento.....	101
Figura 41 –	Estrutura do Capítulo 4.....	107
Figura 42 –	Metodologia geral do <i>Design research</i>	110
Figura 43 –	Principais autores da fundamentação teórica de acordo com os eixos temáticos.....	112
Figura 44 –	Esquema genérico de construção de códigos paramétricos.....	114
Figura 45 –	Estrutura do Capítulo 5.....	117
Figura 46 –	Estrutura de um programa computacional.....	118
Figura 47 –	Exemplo de <i>pattern</i> de gestão – <i>Pattern 58 Carnival</i>	120
Figura 48 –	Primeira escolha dos <i>patterns</i>	121
Figura 49 –	Ficha de análise primária de viabilidade.....	121
Figura 50 –	Quadro resumo de análise dos <i>patterns</i> escolhidos.....	122
Figura 51 –	Representação da conexão entre os <i>patterns</i>	125
Figura 52 –	<i>Patterns</i> com maior quantidade de conexões.....	126
Figura 53 –	Escalas de conexão entre os <i>patterns</i>	127
Figura 54 –	<i>City Pattern: patterns</i> âncora e resumo das escalas.....	127
Figura 55 –	Primeiras ideias de possíveis estruturas do sistema.....	128
Figura 56 –	Descrição das escalas.....	129

Figura 57 –	<i>Pattern #109 Long thin house</i>	130
Figura 58 –	<i>City Pattern</i> : estrutura da escala 1.....	131
Figura 59 –	<i>Pattern #38 Moradias em fita</i>	131
Figura 60 –	<i>City Pattern</i> : estrutura da escala 2.....	132
Figura 61 –	<i>Pattern #29 Anéis de densidade</i>	133
Figura 62 –	<i>City Pattern</i> : estrutura da escala 3.....	133
Figura 63 –	<i>City Pattern</i> : estrutura resumo do sistema.....	134
Figura 64 –	Funcionamento básico dos comandos da modelagem paramétrica no <i>plug-in Grasshopper</i>	135
Figura 65 –	Componente <i>Number slider</i>	136
Figura 66 –	<i>Inputs</i> do <i>City Pattern</i>	137
Figura 67 –	Tipos de dados manipuláveis.....	138
Figura 68 –	<i>Outputs</i> presentes no <i>City Pattern</i>	138
Figura 69 –	Representação do DAG.....	141
Figura 70 –	Tópicos do Capítulo 6.....	143
Figura 71 –	Esquema de organização geral do código.....	144
Figura 72 –	Núcleo de solução do <i>pattern #109</i>	145
Figura 73 –	Maiores distâncias calculadas e fornecidas pelo código.....	146
Figura 74 –	Núcleo de solução do <i>pattern #21</i>	147
Figura 75 –	Relação entre altura e área de solo, <i>pattern #96</i>	147
Figura 76 –	Gráfico de variação de gabarito, resultante da escala 1.....	148
Figura 77 –	<i>Pattern #95 configuração para complexo de edifícios</i>	148
Figura 78 –	Problema identificado pelo <i>pattern #95</i>	149
Figura 79 –	Janelas para a rua.....	150
Figura 80 –	<i>Pattern #164</i> , criando contato e vida urbana a partir da forma do edifício.....	150
Figura 81 –	Esquema resumo dos parâmetros da Escala 1.....	151
Figura 82 –	<i>Gap House</i> , Pitman Tozer Architects.....	152
Figura 83 –	Planta baixa do primeiro piso, <i>Gap House</i> - Pitman Tozer Architects.....	153
Figura 84 –	Corte lateral, <i>Gap House</i> - Pitman Tozer Architects.....	153
Figura 85 –	Típica organização de edificações em fita segundo o <i>pattern #38</i>	154
Figura 86 –	Novas possibilidades de moradias em fita, <i>pattern #38</i>	155
Figura 87 –	Tipos propostos para disposição das edificações.....	155

Figura 88 –	Parâmetros principais do modo linear de distribuição.....	156
Figura 89 –	Principais parâmetros do modo <i>offset</i>	157
Figura 90 –	Principais parâmetros do modo hexagonal.....	158
Figura 91 –	Exemplo edificações agrupadas, seguindo o <i>pattern</i> #37.....	159
Figura 92 –	Núcleo de solução apresentado pelo <i>pattern</i> #67.....	159
Figura 93 –	Destaque dos espaços vazios gerado pelo código.....	160
Figura 94 –	Habitações em processo de expansão, Quinta Monroy – ELEMENTAL..	161
Figura 95 –	Planta baixa zoneada do projeto Quinta Monroy, Elemental.....	162
Figura 96 –	Esquema de anéis concêntricos do <i>pattern</i> #29.....	163
Figura 97 –	Visualização computacional do <i>pattern</i> ‘#29 Anéis de densidade’	164
Figura 98 –	Anéis de densidade com múltiplos recortes urbanos.....	165
Figura 99 –	<i>Pattern</i> #67 Área externa coletiva e áreas geradas automaticamente.....	165
Figura 100 –	Esquema de localização do centro de atividades local.....	166
Figura 101 –	Bandeja de escolha da escala 3.....	167
Figura 102 –	Diferença entre espaços externos negativos e positivos.....	167
Figura 103 –	Transformar espaços negativos em positivos.....	168
Figura 104 –	Visualização <i>City Pattern</i> dos espaços não edificados.....	169
Figura 105 –	Ilustração PDI, São Paulo.....	169
Figura 106 –	Indicação de área de influência dos eixos de transporte, PDI – São Paulo.....	171
Figura 107 –	Centralidade polares e lineares, PDI - São Paulo.....	171

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA.....;	16
1.1.1	A Forma Urbana.....	18
1.1.2	Uma Linguagem De Padrões – Christopher Alexander.....	21
1.1.3	O Projeto Digital.....	24
1.2	OBJETIVOS.....	27
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	27
2	A LINGUAGEM DE PADRÕES DA FORMA URBANA: MATERIALIDADE E IMATERIALIDADE DA CIDADE.....	31
2.1	BREVE HISTÓRICO	32
2.1.1	A forma.....	36
2.1.2	A vida urbana.....	38
2.1.3	Considerações sobre forma e vida urbanas.....	41
2.2	O DESIGN URBANO	44
2.2.1	O futuro	44
2.2.2	A edificação	48
2.2.3	<i>Design</i> urbano.....	52
2.3	CHRISTOPHER ALEXANDER.....	59
2.3.1	Obras e relevância.....	61
2.3.2	<i>A Pattern Language</i>	66
2.4	CONCLUSÕES SOBRE O CAPÍTULO 2.....	71
3	PROJETO DIGITAL: TECNOLOGIA PARAMÉTRICA COMO BASE EXPERIMENTAL.....	76
3.1	EMERGÊNCIA DA TECNOLOGIA COMPUTACIONAL NO PROJETO.....	76
3.1.1	Movimento dos Métodos.....	76
3.1.2	Modelos de projeto digital.....	82
3.2	URBANISMO PARAMÉTRICO.....	90
3.2.1	<i>Design</i> paramétrico.....	90
3.2.2	Geração formal e otimização de processos urbanos.....	95

3.2.3	Inserção tecnológica no urbanismo tradicional.....	102
3.3	CONCLUSÕES SOBRE O CAPÍTULO 3.....	104
4	METODOLOGIA.....	107
4.1	FASE 1: EMBASAMENTO TEÓRICO E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA...	111
4.2	FASE 2: DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO METODOLÓGICO.....	112
4.3	FASE 3:DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PRÁTICO.....	113
5	CITY PATTERN: METODOLOGIA DE CRIAÇÃO DO CÓDIGO PARAMÉTRICO PARA SIMULAÇÃO DE FORMA URBANA EDIFICADA.....	116
5.1	LINGUAGEM NATURAL: CONSTRUÇÃO TEÓRICA DO SISTEMA.....	118
5.1.1	Seleção dos <i>patterns</i>.....	119
5.1.2	Conexões entre <i>patterns</i>.....	123
5.1.3	Construção do sistema	127
5.2	LINGUAGEM FORMAL: CONSTRUÇÃO DO CÓDIGO.....	134
5.2.1	<i>Grasshopper</i>: software para programação visual.....	135
5.2.2	Objetivos do <i>City Pattern</i>.....	136
5.2.3	Dados: <i>Inputs e outputs</i>.....	137
5.2.4	Funcionamento do <i>City Pattern</i>.....	139
6	CITY PATTERN: FUNCIONAMENTO E APLICAÇÃO DO CÓDIGO..	143
6.1	FORMATO DA EDIFICAÇÃO.....	145
6.2	DISPOSIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES.....	153
6.2.1	Modo Linear.....	156
6.2.2	Modo Offset.....	156
6.2.3	Modo Hexagonal.....	157
6.3	DISTRIBUIÇÃO DE DENSIDADES CONSTRUTIVAS.....	162
7	CONCLUSÕES.....	174
	REFERÊNCIAS.....	178
	APÊNDICE A – CÓDIGO CITY PATTERN VERSÃO 1.....	190
	APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DO CÓDIGO CITY PATTERN.....	191

FOTO: FERDINANDO SCIARRA | FLORENÇA | SEM DATA



1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

O único ponto de partida possível para a apreciação de possibilidades futuras é a cidade como ela existe atualmente. Saudável ou decadente, eficiente ou esbanjadora, bela ou feia, tornou-se e continuará a ser o principal ambiente do Homem na Terra. (JACKSON, 1972, p.34)

A forma da cidade é sempre a forma de um tempo da cidade, e existem muitos tempos na forma da cidade (ROSSI, 1995). Ela é também a parte do mundo que o Homem altera diretamente, que pode projetar novas formas e propor soluções para problemas sociais existentes ou que são provocados pela materialidade do urbano.

Reconhecendo a necessidade atual para solução de diversos problemas urbanos – tais como a falta de segurança pública, vitalidade e mobilidade urbanas – pode-se concordar com Jones [1966 (1962), p.148] ao apontar que temos apenas duas opções na tentativa de alcançar os padrões estabelecidos pelos projetos urbanos - de sucesso - do passado: tornar as nossas cidades como eram há mil anos, mais “simples” e “descomplicadas” no que se refere à quantidade e intensidade de fluxos – o que é quase impossível – ou aceitarmos as complexidades do mundo ao nosso redor e buscar sistemas de decisões mais poderosos para basear a tomada de decisão em projetos urbanos.

As decisões que alteram a formas da cidade necessitam estar cada vez mais embasadas. Jacobs [1993 (1961)] afirmava que as cidades eram imensos laboratórios de tentativa e erro, fracasso e sucesso. Nesses laboratórios, o planejamento deveria aprender e corrigir os erros a partir das experiências, entretanto, ela afirmava que muitos profissionais ignoravam o estudo do sucesso e do fracasso na vida real e eram guiados por princípios derivados apenas da aparência desses espaços.

Atualmente, mais de cinco décadas depois do que foi dito por Jacobs, sabe-se que as condições de degradação contínua do meio ambiente e uso desenfreado dos recursos naturais, tratar a cidade como um laboratório de tentativa e erro sem fim é uma atitude irresponsável e com sérias consequências. A fim de contribuir com esse processo de experimentações no processo de projeto buscando diminuir as consequências negativas e ao mesmo tempo possibilitar a conexão de diversos aspectos da cidade, a inserção da tecnologia computacional é um dos principais focos dessa pesquisa.

Um exemplo dessa inserção é o processo destacado por Kolarevic (2003, p.3): em vez de modelar uma forma externa, o projetista articula uma lógica generativa interna que produz

automaticamente uma série de possibilidades a partir das quais o mesmo pode escolher a proposição formal adequada para cada situação.

As possibilidades de inserção computacional no processo projetual são diversas. Não apenas por terem a capacidade de permear muitas etapas projetuais, desde a análise da situação atual até o processo de produção arquitetônica (fabricação digital), como por também existirem diferentes tipos de tecnologias com potencial de serem integradas a esse processo (*design paramétrico, generativo, de desempenho, entre outros*).

Nesse sentido, apesar do expoente desenvolvimento tecnológico que possibilitou o seu surgimento, o processo de inserção computacional na tomada de decisão em projetos urbanos só alcançará resultados positivos se os princípios projetuais levados à ferramenta computacional forem adequados para solucionar – ou diminuir - os problemas existentes. A inserção computacional é uma estratégia – potencialmente poderosa– nas mãos dos projetistas e daqueles que têm poder de mudar a realidade das cidades. Esta tem a capacidade de alterar não apenas a instrumentalidade do processo, mas contribuir para a mudança do fluxo projetual, tornando-o mais aberto e claro.

A partir da maior clareza no processo de projeto, abre-se também a possibilidade de agregar maiores contribuições de outros profissionais e de outras ferramentas, o que potencializa as chances de alcançar melhores resultados. Como afirma Watanabe (2002, p.9 – tradução livre da autora) “os computadores são melhores que os cérebros humanos para tarefas como resolver quebra-cabeças complexos. Por outro lado, eles não podem imaginar coisas que nunca existiram”. Não se objetiva assim, propor uma substituição do projetista pela máquina, mas investigar possibilidades de sua inserção no processo projetivo, algo que já vem acontecendo por décadas.

A tecnologia não vai criar, a partir do nada, uma solução para os problemas projetuais, mas ela é capaz de auxiliar a busca de soluções dos problemas urbanos a partir da existência de uma base teórica sólida. Tratando-se especificamente neste trabalho, de problemas urbanos relacionados à forma da cidade.

A forma da cidade por si só não é um problema, mas como essa forma edificada é capaz de afetar negativamente aspectos da vida urbana, sim. Para o estudo dessa relação, foi escolhida como base principal as obras da segunda teoria de Christopher Alexander, publicada na década de 1970, mais especificamente o seu livro ‘*A Pattern Language*’, de 1977.

Na descrição da obra supracitada, Alexander *et al.*(1977) afirmam desejar que os princípios ali presentes - relacionados ao planejamento de cidades, edificação e processo construtivo - substituam ideias e práticas da época em prol de uma melhora da cidade como um

todo. Os *patterns* descritos por eles são situações que ocorrem repetidamente – alguns mais claramente e mais aplicáveis em determinadas realidades do que outros. Após a descrição, o autor descreve o núcleo ou o começo da possível solução para esse problema. É necessário enfatizar que essas soluções não são receitas prontas, mas passíveis de serem adaptáveis a diferentes realidades assim como suas soluções, algo que os autores apontam em diversos momentos.

Cientes da relevância dos assuntos discutidos por Alexander *et al.*, da situação atual das cidades e dos vários problemas existentes relacionados à relação entre aspectos materiais e imateriais, essa pesquisa parte da necessidade de maiores investigações sobre as contribuições de tecnologias recentes no processo projetual em escala urbana, especificamente na criação de bases experimentais para tomada de decisão.

A importância que a obra de Alexander assume na historiografia arquitetônica e urbanística prova-se pela quantidade de investigações que tomam como referência não apenas seus princípios como também a interessante estrutura metodológica desenvolvida por Alexander e sua equipe. Pode-se citar trabalhos como os de Vaz (2011), Kühn e Herzog (1991), Leibovich *et al.* (2020), Ozel (2007), Griffin *et al.* (2020) ao exemplificar diferentes maneiras de inserir as obras do autor em projetos e no ensino da arquitetura e urbanismo contemporâneo.

Na presente pesquisa essas bases experimentais são criadas através da tradução para a linguagem computacional de princípios norteadores e diretrizes para projeto, relacionando a base teórica mencionada com os fundamentos de projeto digital.

1.1.1 A Forma Urbana

Segundo Ledrut (1977, p.36 – tradução livre da autora) “a cidade é um sistema de distribuição de pessoas (locais de trabalho, residência, entre outros) e um sistema de movimentos (canais e fluxos de pessoas, coisas e informação)”. Esse sistema possui uma interface imaterial e uma material: os aspectos imateriais são mais difíceis de serem quantificados e notavelmente alterados uma vez que encontram-se presentes na vivência e na experiência do urbano, já a expressão material (edificações, infraestruturas e vazios) pode - e deve - ser modificada em prol da vida urbana mais democrática e saudável. Enfatiza-se que apesar de ser um processo dialético entre materialidade e imaterialidade da cidade, muitas vezes a forma construída não tem sido pensada considerando seus fortes impactos na qualidade de vida urbana.

Se Ledrut (1977) definia a cidade como a junção de dois sistemas, Kostof (1991) aponta a cidade como um amálgama de edifícios e pessoas. São ambientes habitados dos quais os rituais diários – o mundano e o encenado – derivam sua validade. No artefato urbano e suas mutações são condensadas as continuidades de tempo e lugar. Segundo ele, a cidade é o memorial máximo de nossas lutas e glórias: é onde o orgulho do passado é colocado em exibição.

Nesse sentido, o Urbanismo, como saber e como técnica da organização e da racionalização das aglomerações humanas, deve buscar para as cidades um meio de vida coletivo e privado, bem como uma organização de volumes e estruturas espaciais (LEDRUT, 1977) que forneçam condições de vida adequadas. É nesse último ponto (organização de volumes e estruturas espaciais e seus efeitos nos aspectos imateriais) que esta pesquisa se concentra suas experimentações.

Rossi [1995 (1966)] afirmava que:

A forma da cidade corresponde à **maneira como se organiza e se articula a sua arquitetura**. Entendendo por ‘arquitetura da cidade’ dois aspectos: Uma manufatura ou obra de engenharia e de arquitetura maior ou menor, mais ou menos complexa, que cresce no tempo e, igualmente, os fatos urbanos caracterizados por uma arquitetura própria e por uma forma própria. Este é também o ponto de vista mais correto para afrontar o problema da forma urbana, porque é **através da arquitetura da cidade que melhor se pode definir e caracterizar o espaço urbano** (ROSSI, 1995, p.59 – negrito da autora).

Por meio dessa citação, é possível perceber que a forma urbana edificada – a arquitetura da cidade – é considerada pelo autor como o aspecto da forma urbana que mais caracteriza o espaço urbano. Além disso, Moughtin (2007) destava que ela é a expressão física da cultura e, como tal, está diretamente relacionada à satisfação do usuário e, em última análise, à participação pública no processo de *design*. Logo, necessita ser considerada e trabalhada de uma maneira profunda, uma vez que afeta diretamente a construção do espaço urbano.

Jacobs (1993, p.231- tradução livre da autora) afirmava que áreas de cidades ou cidades inteiras “são consideradas fracassadas não tanto pelo que elas possuem, mas pelo que lhes faltam”. É nesse sentido, de proposição de formas edificadas mais satisfatórias, que os conceitos relacionados ao *design* urbano¹ (*urban design*) se inserem nessa pesquisa.

¹ O termo “*Urban Design*” foi traduzido como “*Design urbano*” e não como “Desenho urbano” a fim de evitar ser confundido com o termo muito utilizado para se referir à morfologia, ao traçado de vias da cidade.

Parte desse fracasso pode ser entendido pela maneira como a cidade tem sido lida. Ledrut (1977) destacou que a cidade é muito mais pensada como uma superfície e não como uma tridimensionalidade; enquanto a forma arquitetônica é a de um volume, a forma urbana continua sendo pensada como uma superfície. Nesse sentido, faz-se necessário ampliar as implicações da forma da cidade e, consequentemente, dos seus efeitos e causas no funcionamento das estruturas imateriais e experiências pessoais no espaço urbano.

A mudança da visão sobre a cidade precisa partir da maneira como o projeto e o planejamento urbano é conduzido. Uma interessante definição de *design* urbano foi proposta por Lang (2006). Ele aponta que o design deve estar fundamentalmente preocupado com o tridimensional daquilo que afeta o domínio público (os assentamentos humanos) levando em consideração também a quarta dimensão – o tempo.

Ainda na conceituação do *design* urbano, segundo Beirão (2012), envolve diferenças específicas em comparação com os processos convencionais, em particular o arquitetônico ou de produto. A principal diferença é que o objeto do projeto da cidade nunca é único, mas um sistema de elementos estruturados a partir de relações funcionais, econômicas e simbólicas complexas.

Para Jones (1966, p.149) o *design* urbano correspondia à articulação, acomodação e a expressão das relações humanas que são incorporadas na cidade. Logo, ele só é realmente urbano se lida com o mundo tridimensional e com seu impacto em seu contexto, considerando as consequências geradas por suas modificações no espaço e não apenas com e como as características do espaço externo que podem vir a influenciar sua construção (LANG, 2006, p.60).

Tratando da relação da cidade com a edificação, Eisenman (1963) destacava que se um edifício não se relaciona inteiramente com o sistema, então o sistema foi mal concebido. Não é possível projetar uma edificação de qualidade sem considerar seus impactos no meio urbano, assim como pensar na cidade sem englobar sua tridimensionalidade é um erro gravíssimo (Figura 1).

Figura 1 - Croqui Richard Rogers Lyon, França.



Fonte: Nakamura, Toshio (ed). Richard Rogers: 1978-1988. Tokyo:A + U, 1988, *apud* Kuchpil (2008, p.58)

Kuchpil (2008, p.66) salienta que a inserção do edifício na cidade é “determinante nas relações entre espaço público e espaço privado”. Não só do ponto de vista físico-geográfico, mas, sobretudo, no seu papel de geração de proteções e usos urbanos, interferências, barreiras, na geração de opressão, fruição espacial, estética e conforto, qualidade da paisagem. Enfim, na geração de alguns dos mais importantes atributos que definem a vida urbana. Essa pesquisa concorda com essa afirmação e aponta que maiores investigações sobre a forma urbana edificada e o espaço urbano são necessárias.

1.1.2 Uma Linguagem De Padrões – Christopher Alexander

Correa (1989), salienta que a vida urbana envolve muito mais do que apenas o uso de uma edificação. Ela é apenas um elemento dentro de um sistema de espaços que as pessoas precisam e usufruem na cidade. A composição dos espaços urbanos necessita ser trabalhado cuidadosamente assim como os ambientes internos são concebidos em um projeto arquitetônico.

Nesse sentido, Moughtin (2007) ao abordar a rua, a quadra e a edificação, aponta que a composição no *design* urbano é arte, em primeiro lugar, de criar unidade visual para cada um desses componentes da cidade a partir de uma diversidade de elementos. A fim de conceber espaços urbanos diversos e que possuam uma unidade compositiva é inegável a necessidade de um certo nível de criatividade.

A criatividade é um conceito bastante complexo e com muitos significados. Não é o objetivo discutir qual o papel da criatividade no processo de elaboração de uma composição urbana, mas concorda-se com Lang (2006) ao afirmar que a verdadeira criatividade não envolve a construção de formas construtivas e urbanas inovadoras, mas sim a concepção de um

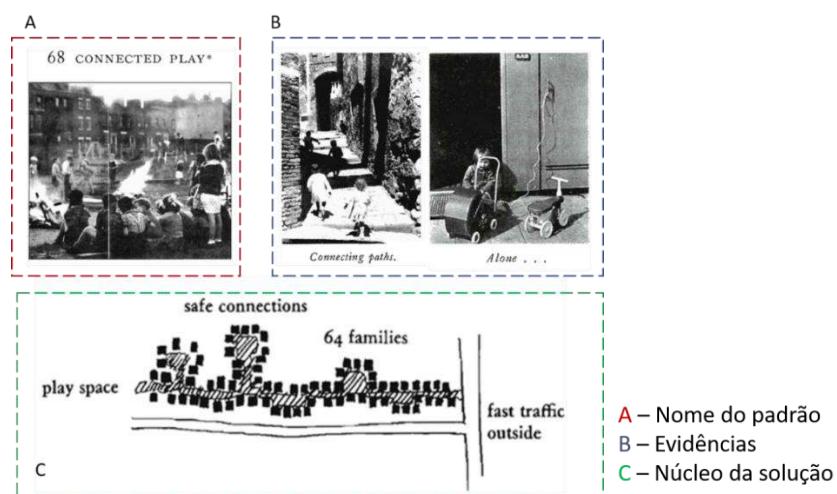
problema de uma maneira nova e mais apropriada, e o reconhecimento de que padrões específicos respondem bem ao problema. Talvez então o cerne dos problemas de *design* urbano não seja alcançar a solução perfeita, mas identificar padrões relacionados a esses problemas e adaptar soluções conhecidas a cada realidade.

Na busca por soluções relacionadas à composição dos espaços urbanos e à relação da edificação com o meio urbano é preciso utilizar algumas habilidades e conhecimentos de ambas as áreas: arquitetura, planejamento e *design* urbano (MOUGHTIN, 2007). Esses conhecimentos, como destaca Lang (2006), precisam ser fundamentados de forma sólida à uma teoria descritiva e explicativa, formulada a partir do estudos precedentes.

É nesse sentido que esta pesquisa considera o trabalho desenvolvido por Christopher Alexander em seu livro '*A Pattern Language*'(1977), uma base teórica robusta, reconhecida e com potencial para embasar decisões projetuais a nível de composição da forma urbana edificada no espaço urbano.

O livro foi escrito para fornecer uma alternativa às ideias de arquitetura, construção e planejamento (ALEXANDER *et al.* 1977). Ele é composto por 253 *patterns*² (padrões) divididos em três grandes categorias: Cidade (*Towns*), Edificação (*Building*) e Construção (*Construction*). Cada *pattern* descreve um problema que ocorre, e o núcleo da solução para o problema e são estruturados de uma mesma maneira (Figura 2).

Figura 2 - Esquema da estrutura de um *pattern* (ALEXANDER *et al.* 1977)



Fonte: Adaptado de Alexander (1977)

Beirão (2012) aponta que os conceitos de Alexander (1977) são genéricos, flexíveis, abertos a interpretações idiossincráticas, conceituais e definidos em um alto nível de abstração.

² Com o intuito de deixar mais clara a referência aos padrões presentes na obra '*A Pattern Language*' (ALEXANDER *et al.* 1977), será mantido nessa pesquisa o termo no idioma original: *pattern*.

A maneira que o autor e sua equipe definem os conceitos é aberto o suficiente para ser aplicado, otimizado pelo projetista a fim de adaptar a diferentes realidades. Isso faz com que a solução possa ser usada um milhão de vezes, sem nunca ter resultados iguais (ALEXANDER *et al.* 1977, p.x).

Além disso, Alexander *et al.* (1977, p.xvi) enfatizam que cada sociedade tem *patterns* específicos. Uma sociedade saudável, como ele se refere, haverá tantas linguagens de *patterns* quanto pessoas – mesmo que essas linguagens sejam compartilhadas e semelhantes. Eles se conectam e contribuem para a formação de uma composição a nível urbano integrada de elementos construídos e não construídos:

Nenhum pattern é uma entidade isolada. Cada *pattern* pode existir no mundo, apenas na medida em que é suportado por outros padrões: os padrões maiores nos quais ele é incorporado, os padrões do mesmo tamanho que o cercam e os padrões menores que estão embutidos nele (ALEXANDER *et al.* 1977. p.xiii – tradução e negrito da autora).

Apesar das significativas diferenças ideológicas e temporais, é interessante contrapor o conceito de padrões de Corbusier [1981 (1923)] no contexto do trabalho produzido por Alexander *et al.* (1977). Segundo ele, “os padrões são coisas de lógica, análise, e estudo escrupuloso; são estabelecidos a partir de um problema bem colocado” (CORBUSIER, 1981, p.87). Na leitura da obra ‘*A Pattern Language*’ é fica evidente essas características apontadas por esse autor. Alexander *et al.* (1977) partem de uma lógica, de uma análise e de diversos tipos de estudos para estabelecer um problema e a partir daí buscar uma solução, ou um núcleo para uma solução.

A integração entre os padrões e a relação entre o espaço urbano, os elementos imateriais da vida urbana e a materialidade tridimensional da cidade é determinante na escolha dessa obra para embasar a integração de uma recente - e em desenvolvimento - tecnologia computacional com os processos de tomada de decisão em projetos urbanos. Compreender o espaço urbano e o desenvolvimento das cidades está, em muitos aspectos, relacionado com a compreensão das suas medições, as relações entre as medições e as relações entre medições e morfologias correspondentes (BEIRÃO, 2012).

Os *patterns* de Alexander *et al.* (1977), para além dos aspectos organizacionais da cidade como a materialidade de uma sociedade, abordam temas mais profundos e imateriais da vida urbana. Além de buscar respostas para problemas como o tráfego de automóveis e a relação com outros modais de transporte, por exemplo, a obra discute o contato e a relação que pessoas

de diferentes faixas etárias podem ter a partir de uma configuração urbana e arquitetônica que incentive esses encontros.

Partindo da união dessa base teórica com a tecnologia paramétrica computacional, pretende-se contribuir na tomada de decisão em projetos a nível urbano que tratam da forma edificada da cidade uma vez que a ferramenta escolhida permite experimentações e criação de cenários a partir da programação visual. Em relação à necessidade por novas maneiras de lidar com a forma urbana, há de se concordar com Lang (2006) ao afirmar que:

A maioria dessas políticas (políticas públicas) não lida diretamente com as qualidades geométricas da forma construída, mas, no entanto, tem um impacto direto na forma, na vivacidade ou na quietude e no ambiente geral dos lugares e dos elos de uma cidade. Elas lidam com questões como eliminar o comportamento antissocial e fornecer um nível de alta comodidade para os habitantes e usuários dos espaços públicos (LANG, 2006, p.63).

Nota-se, portanto, a gravidade da problemática da relação entre forma e vida urbanas. É evidente a necessidade de maiores investigações de como amenizá-la. Aponta-se neste trabalho que o projeto digital pode contribuir no melhor entendimento do espaço urbano e suas complexidades, inclusive relacionados à forma e vida urbanas.

1.1.3 O Projeto Digital

Para Jackson (1972, p.310), a cidade do futuro pode ser vista como uma “variedade de formas concentradas, se expandindo em várias direções e densidades, e em partes se espalhando por novas localidades e novos centros independentes”. Além de pensar na forma gerada por essa cidade que planejamos hoje, é inevitável questionar qual tipo de sociedade resultará nessas formas e ocupações.

Cidades são “problemas de complexidade organizada, assim como as ciências da vida” (JACOBS, 1993, p.564). Elas são formadas por várias dúzias de variáveis que, simultaneamente e de maneira sutil, estão interconectadas. Jacobs (1993) apontava que em vez de comparar a estrutura da cidade com um sistema existente, é necessário entendê-la diretamente em seus próprios termos, como uma estrutura única: nenhum elemento isolado em uma cidade é o elemento chave, a mistura em si é o principal suporte e ordem.

Compreender o espaço urbano e o desenvolvimento futuro das cidades consiste no entendimento dos seus elementos e das suas escalas, principalmente na compreensão das relações entre escalas morfológicas e formas existentes (BEIRÃO, 2012). Dessa maneira, para começar a pensar no futuro deve-se partir da avaliação do presente, com suas forças e fraquezas, e uma disposição para agir porque, segundo Jackson (1972), o futuro é um campo de poder.

Diante da necessidade da avaliação do presente em prol de cidades melhores no futuro, é imprescindível buscar as alternativas de como os projetos para as cidades podem passar a entendê-las com maior precisão e justeza. Como destaca Beirão (2012):

Devido à sua complexidade, a evolução das cidades é algo difícil de prever e o planejamento de novos desenvolvimentos para as cidades é, portanto, uma tarefa difícil. Essa complexidade pode ser identificada em dois níveis: em um nível micro, ela emerge das múltiplas relações entre os muitos componentes e atores nas cidades, enquanto em nível macro decorre das relações geográficas, sociais e econômicas entre as cidades (BEIRÃO, 2012, p.13).

Esse autor ainda aponta que, no *design* urbano, os projetos precisam ser apresentados de forma a permitir uma boa compreensão e visualização das transformações propostas para um determinado contexto, mas também manter-se flexível a fim de ser adaptável aos diversos requisitos das partes interessadas envolvidas na tomada de decisão.

Cientes da complexidade da cidade atual e futura faz-se necessária a inserção de novas ferramentas que auxiliem esse processo de avaliação da situação e previsão de efeitos por vir. Para Hagget (1965 *apud* MCLOUGHLIN, 1973), modelos, apesar de não transmitirem toda a verdade, mas uma parte comprehensível dela, são necessários pela complexidade da realidade.

Nesse sentido, Moreira (2007) lembra que, segundo os princípios expostos por Alexander e equipe em ‘*A Pattern Language*’, a tarefa do projetista não consiste em criar uma forma que cumpra determinadas ações, mas sim de criar uma ordem tal no conjunto que garanta o bom ajuste. Essa tarefa pode ser consideravelmente facilitada pela inserção de ferramentas computacionais no processo projetual.

Como dito por Kolarevic (2003), o projeto digital é um território conceitual, formal e de exploração de uma nova tectônica. Ele advém de um processo que abre espaço para uma morfologia arquitetônica, focada em propriedades emergentes e adaptativas da forma; aquilo que é muitas vezes visto como sólido e duradouro passa a ser visto como variedade, singularidade e multiplicidade.

Esse território de projeto digital é bastante amplo e permeia diversas etapas e níveis de inserção no processo tradicional. Tratando dessa pesquisa, será mais abordada a área de projeto digital que utiliza os princípios da tecnologia paramétrica através de *softwares* de programação visual. A utilização de programação, equivocadamente, é pensada para ser aplicável apenas a campos técnicos. Reas e Fry (2007) afirmam que apesar de existir uma forte conexão entre programação e a prática técnica, esse não é o único domínio em que os computadores podem

contribuir. A programação pode ser abordada com ênfase na linguagem ampliando os campos de conhecimento em que é inserida.

Nesse sentido, a tecnologia paramétrica funciona com base no estabelecimento de parâmetros e a geração de códigos para a busca de soluções. Usando parâmetros e critérios para a geração de forma e de cenários, os projetistas podem criar um número infinito de objetos similares, manifestações geométricas de um esquema previamente articulado de dependências variáveis, relacionais ou operativas (KOLAREVIC, 2003).

Esses processos também são chamados generativos por possibilitarem gerar uma grande quantidade de possíveis soluções. A partir dessas gerações, os processos digitais abrem espaço para a não-linearidade do processo projetual. Ela desafia o raciocínio monotônico e a lógica de primeira ordem que eram (e ainda são) a base subjacente para o projeto (KOLAREVIC, 2003).

Ao mesmo tempo, o projeto generativo contribui significativamente com *design* urbano, uma vez que os projetistas tomam decisões através de uma série de movimentos reflexivos que implicam a negociação entre o problema e as soluções experimentais usando análise, síntese e avaliação; processo e lógica de pensamento que se assemelha muito à lógica de programação da tecnologia paramétrica (BEIRÃO 2012).

Diante disso, torna-se claro que a inserção de ferramentas computacionais dessa natureza tem mudado o paradigma do processo tradicional de projeto. Broadbent [1976 (1974), p.300] destacou que o progresso do futuro do *design* com ajuda do computador será mais fecundo “se prestarmos mais atenção ao que o Homem pode fazer, as capacidades do computador e as possibilidades de diálogo entre eles”.

Oxman (2006) sintetiza de maneira muito interessante o papel da tecnologia no desenvolvimento do projeto digital e aquilo que é buscado discutir nesse trabalho: mais do que um conjunto de preferências formais, ou o abandono de abordagens tradicionais ao conhecimento formal e tipológico, mas a exploração de novas formas e relações entre o projetista, a imagem e a informação em prol do embasamento mais robusto na tomada de decisão, nesse caso especificamente, em projetos urbanos.

1.2 OBJETIVOS

Diante disso, essa dissertação tem como objetivo geral contribuir para a discussão sobre processos projetuais que alteram a forma urbana e que consideram aspectos imateriais³ do urbano sob o ponto de vista da inserção de recursos computacionais paramétricos, destacando a importância da base teórica para o projeto digital e da base experimental no processo de tomada de decisão em *design* urbano.

E possui os seguintes objetivos específicos:

- a. Destacar a contribuição teórica do matemático, arquiteto e urbanista Christopher Alexander, especificamente a obra ‘*A Pattern Language*’ (1977) como base relevante para criação de diretrizes projetuais flexíveis e humanizadas.
- b. Apresentar uma metodologia de tradução de princípios teóricos para a linguagem de programação visual, destacando as etapas para a atualização de um saber consagrado e criação de uma ferramenta dinâmica a partir de um saber estático.
- c. Desenvolver um código paramétrico a partir da tradução⁴ de *patterns* encontrados em Alexander *et al.* (1977), que tratem da forma urbana edificada e considerem sua relação com a vida urbana⁵, ampliando e atualizando o saber consagrado da teoria no contexto cada vez mais atual de projeto digital.
- d. Apontar a validade da otimização computacional paramétrica e dos padrões escolhidos, relacionando-as com soluções projetuais contemporâneas e bem sucedidas.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para alcançar os objetivos propostos, é previsto que o texto desta pesquisa seja organizado em sete seções. O primeiro capítulo é a presente introdução, os dois seguintes formam o embasamento teórico, abordando a forma urbana e questões relativas ao projeto digital; o quarto capítulo apresenta a metodologia e as referências metodológicas para a construção da pesquisa; o quinto apresenta os passos metodológicos desenvolvidos para a

³ Os aspectos imateriais serão detalhados nas seções subsequentes, mas de uma forma geral eles se referem nessa dissertação a características e comportamentos presentes na vida humana na cidade que não são facilmente quantificáveis ou medidos tal como a relação que ocorre entre a fachada de uma edificação e o transeunte ao passar pela calçada.

⁴ Termo que refere-se ao ato de transformar problemas presentes na linguagem natural (linguagem que as pessoas falam e que se desenvolveu naturalmente) em instruções de linguagem formal (qualquer linguagem que as pessoas criaram com objetivos específicos, como representar ideias matemáticas ou programas de computador) que podem ser manipuláveis.

⁵ Termo utilizado por autores, como Jan Gehl (2013) para tratar de aspectos da relação entre cidade e pessoas.

criação código paramétrico; o sexto apresenta o formato computacional do código, suas capacidades e funcionamentos, relacionando-o também com autores e projetos contemporâneos e, por fim, o sétimo apresenta as conclusões, contribuições e possíveis desdobramentos dessa pesquisa. De maneira resumida, pode-se compreender a estrutura dessa pesquisa pela descrição a seguir e pela figura 3.

Capítulo 1: Introdução, contendo um breve resumo sobre os temas abordados através da contextualização, definição da problemática e justificativa da pesquisa; objetivos e estrutura da dissertação.

Capítulo 2: Fundamentação sobre forma urbana, abordagem dos aspectos materiais e imateriais que constituem as categorias de análise principais desta pesquisa; conceitos e discussões sobre *design* urbano, além da apresentação e análise de aspectos da obra ‘*A Pattern Language*’ de Christopher Alexander *et al.* (1977) como base teórica para o exercício projetual.

Capítulo 3: Fundamentação sobre projeto digital, descrição da emergência da tecnologia, o desenvolvimento dos modelos de projeto digital e as características do urbanismo paramétrico.

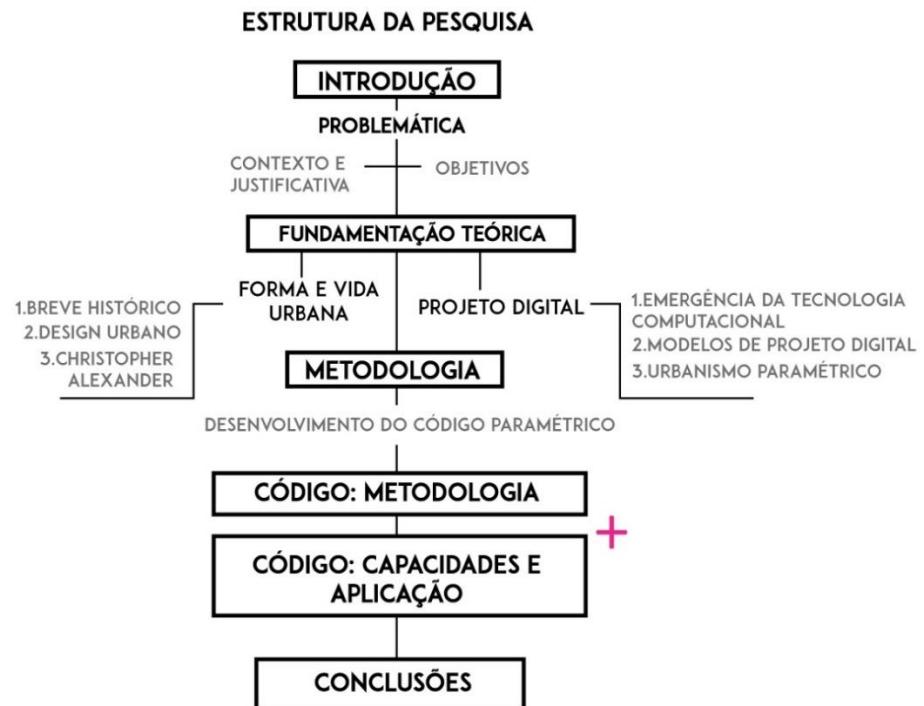
Capítulo 4: Metodologia da pesquisa e referências metodológicas escolhidas para desenvolvimento e aplicação do código paramétrico.

Capítulo 5: Apresentação da metodologia desenvolvida para a criação do código paramétrico, a partir da tradução de princípios teóricos, destacando as etapas de seleção dos *patterns* e preparação para a construção do código computacional.

Capítulo 6: Descrição dos resultados finais desta pesquisa, discriminando a estrutura do código gerado, suas capacidades, escalas de atuação no espaço urbano e a relação com autores e projetos contemporâneos, validando sua aplicabilidade.

Capítulo 7: Conclusões, contribuições e possíveis desdobramentos da pesquisa.

Figura 3 - Estrutura da pesquisa



Fonte: da autora, 2020

FOTO: ALEXANDER ET AL., (1977, P.769)



2 A LINGUAGEM DE PADRÕES DA FORMA URBANA: MATERIALIDADE E IMATERIALIDADE DA CIDADE

*Every day we find it to be more and more a great city... and a terrible place*⁶

Correa (1989, p.83)

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (através da plataforma *UN CC: Learn*)⁷, até 2030, 60% da população mundial estará vivendo em cidades. No entanto, que tipo de qualidade de vida essas pessoas – ou a maioria delas – terão? Que tipo de relação elas estarão estabelecendo com a cidade e sua materialidade?

Em poucas décadas, cidades adquiriram a forma na qual hoje as conhecemos; são décadas, não séculos. E essa forma nova e modificada atua sobre nós (MITSCHERLICH, 1972). Seguindo essa linha de pensamento, podemos ter esperanças que decisões acertadas que venhamos a tomar hoje, aos poucos, contribuam para uma melhora e a criação de cidades mais agradáveis e democráticas no futuro.

Para tanto, faz-se necessário que cada vez mais os planejadores e futuros profissionais que trabalham diretamente com a cidade estejam cientes dos principais problemas e das novas maneiras de encontrar soluções, como aponta Jackson (1972, p.163) “formas urbanas são criadas pelas decisões que são tomadas”. E nas palavras do filósofo e pedagogo norte-americano John Dewey (1859-1952), não se pode ensinar hoje da mesma maneira que ensinou ontem e preparar-se para o amanhã.

Nesse sentido, esse capítulo pretende apresentar uma visão geral sobre questões relacionadas à materialidade da cidade e aspectos imateriais da vida urbana. Para tal, é formada por três principais tópicos e resumida pela figura 4:

- i) **Um breve histórico**, envolvendo conceitos de cidade, forma e vida urbana;
- ii) **O Design urbano**, no qual questões de planejamento e futuro das cidades serão apontadas juntamente com a conceituação do termo que intitula o tópico, além da sua relação com os tópicos anteriormente citados.
- iii) Base teórica que une os assuntos mencionados anteriormente e que constitui a base principal para esse trabalho: os princípios de *design* urbano apontados por **Christopher Alexander et al.** (1977), em sua obra ‘*A Pattern Language*’.

⁶ “Todos dias vemos cada vez mais uma grande cidade e um lugar terrível” (tradução livre da autora).

⁷ Informação disponível no curso online “*Climate Change and cities*”. Oferecido pela UN CC: Learn e disponível no site: <[>](#)>. Acesso em 20.08.2019

Figura 4 - Estrutura do capítulo 2



Fonte: da autora, 2020

2.1 BREVE HISTÓRICO

Conquanto a cidade viva e convidativa seja um objetivo em si mesma, ela é também o ponto de partida para um planejamento urbano holístico, envolvendo as qualidades essenciais que tornam uma cidade segura, sustentável e saudável (GEHL, 2013, p.63).

A construção da cidade é a combinação de distintas operações sobre o solo e a edificação. A complexidade resultante não advém apenas da repetição de tipos ou justaposição de tecidos, mas é a expressão do processo em que as formas e os momentos construtivos se sucedem com ritmos próprios (KUCHPIL, 2008).

Compreender a cidade que vivenciamos hoje não é possível considerando unicamente o ponto de vista atual, mas buscando uma recapitulação geral dos principais acontecimentos sociais e econômicos que aconteceram no decorrer da história. Por meio disso, é possível compreender – pelo menos um pouco – esse processo cumulativo de desenvolvimento que resultou no espaço em que hoje grande parte da população vive.

Para Kostof (1991), as cidades são ambientes habitados, dos quais os rituais diários derivam sua vitalidade. No artefato urbano e suas mutações são continuidades de tempo e lugar, é o memorial máximo de nossas lutas e glórias: é onde o orgulho do passado é colocado em exibição. Esse processo de evolução, de diferentes rituais geram o que Lévy (2005) cita como descontinuidade urbana: um conjunto de operações pelo qual a cidade adquire novas formas e representações sociais.

É seguindo essa perspectiva de analisar o processo histórico por meio das continuidades e descontinuidades que Lévy (2005) aponta os ciclos de mudança da cidade. O autor relaciona

suas observações com a história francesa, mas não é difícil de identificar os processos de mudanças na cidade de uma maneira geral (mesmo que seja em épocas distintas).

Ele inicia apresentando a mudança da **cidade antiga para a cidade medieval**: A continuidade acontece principalmente na permanência dos traçados (*cardo* e *decumanus* romano), enquanto nos demais registros (forma social, da paisagem urbana), acontece uma transformação completa, ou seja, há uma total descontinuidade.

Nesse período pré-capitalista foram organizados, como destaca Bentley [2004 (1999), p.90-93], padrões gerais de assentamentos e usos para baixos níveis de consumo; os com recursos limitados e o consumo era questão de necessidade. Os assentamentos eram geralmente compactos em sua forma; com movimento de pessoas e bens, dependendo das tecnologias de baixa energia (humanos e animais). Ali as oportunidades de transporte eram limitadas e impuseram fortes restrições ao *layout* do espaço público.

O segundo período analisado por Lévy (2005) foi o processo de mudança **da cidade medieval para a clássica: a cidade pré-industrial**. Nessa passagem, ela passa a ter um caráter monárquico, resultado do crescimento contínuo e com mudanças (descontinuidades) notáveis na governança urbana. Como consequência, se dá o início de uma transformação da forma por meio de uma regularização e controle do tecido urbano.

Após a cidade clássica, a mudança apontada pelo autor se dá no estabelecimento da primeira metrópole, com o começo da **cidade industrial**, período classificado por ele entre 1860 a 1965. Nesse período há uma “completa perturbação na cidade clássica, é uma descontinuidade total na história urbana” (LÉVY, 2005, p.39 – tradução livre da autora). A forma urbana muda, a gramática e a própria definição, o que leva à uma mudança até mesmo na forma de se fazer registro sobre essas transformações.

Com o aumento da população humana e com o desenvolvimento do capitalismo, os espaços públicos e as formas urbanas passaram por uma mudança progressiva, de modo a promover o consumo ao mesmo tempo que objetivavam facilitar o controle social. Nesse processo de controle ocorria a diminuição da capacidade de crescimento da rede de solidariedade (BENTLEY, 2004).

Após o período das Grandes Guerras, a cidade industrial continuou a crescer. Ocorre então um processo de densificação dos centros e expansão da periferia, a questão da habitação torna-se cada vez mais crucial: a era da construção de grandes complexos suburbanos, de renovação urbana na cidade pela destruição de tecidos antigos, com base nas ideologias do Movimento Moderno.

Como apontava Mitscherlich (1972, p.47), Le Corbusier, como um dos principais nomes do século XX, planejou grandes artérias para o trânsito rápido, de mão única, reduziu o número de ruas porque “cruzamentos são os inimigos do trânsito” (Figura 5). “Sua cidade era um brinquedo mecânico”.

Figura 5 - Exemplo da “destruição da escala humana”.



The destruction of human scale.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.504)

Jacobs (1993), uma das maiores críticas do Urbanismo Moderno, afirmava que seu ataque ao movimento não se baseia na discussão sobre método de reconstrução ou sobre as modas no *design*, mas nos princípios e objetivos ortodoxos modernos que moldaram o planejamento e a reconstrução da cidade. De acordo com Dobbins (2011, p.64), Jacobs reintroduziu as pessoas, seus padrões de vida e sua escala para o planejamento e o *design* das cidades.

As visões modernistas das cidades eram muitas vezes simplistas e unidimensionais, deixando de fora como os seres humanos realmente se comportam em detrimento da uniformidade produzidas em massa, nas quais as pessoas e a natureza deveriam (e devem) se conformar (DOBBINS, 2011, p.59-61). Polemicamente, para Ledrut (1977), ao desenvolverem o seu poder, de acordo com o espírito do capitalismo, as cidades se destruíram ou estão em processo de destruição.

O último intervalo analisado por Lévy (2005, p.42) é o período da **cidade industrial para a cidade pós-industrial: a área metropolitana** (1965 – dias atuais). Nesse período, o autor salvaguarda que o termo pós-industrial não se refere a cidade pós-moderna (com o pós-modernismo significando a crítica à modernidade e seus modelos formais). Mas trata-se da liberação estilística, arquitetônica e urbanística, defendendo a cópia e reinterpretação de modelos do passado, algo que alguns denominam modernidade avançada ou super-

modernidade. Esses termos estão relacionados ao período recente de levantamentos tecnológicos e socioeconômicos profundos, bem como uma mudança no modo de vida e prática que transformaram a forma urbana.

Bentley (2004) destaca que muitas transformações recentes na forma urbana e na cultura do *design* podem ser explicadas através dos papéis que desempenham no processo de acumulação de capital. O processo de produção da forma – e da cidade no geral – depende, e sempre dependeu, das ações dos seres humanos que detêm o poder para fazer as coisas acontecerem.

Apesar da libertação estilística mencionada por Lévy (2005), no período pós-industrial ocorreu o auge do uso do termo estilo internacional. Segundo Kuchpil (2008, p.156), esse termo, embora seja evocativo de estética do aço, vidro, volume espaciais, e expressão estrutural, não tem a intenção de ser apenas estilístico, mas sim sugerir uma relação – ou a falta dela – entre a forma do edifício e sua situação com o entorno. Refere-se ao fato de que avanços de tecnologia, bem como mudanças na ideologia arquitetônica, permitiram edifícios altos independentes de sua situação e essencialmente intercambiáveis de uma cidade para outra.

As cidades de todo o mundo, assim como o espaço cibernetico, sinalizam uma absorção cultural com tendências à globalização, reproduzindo a competição pela verticalidade e transformando os edifícios em representações explícitas de poder e riqueza (KUCHPIL, 2008). Cada vez mais percebe-se a obsessão com rentabilidade e eficiência material no qual, como aponta Kuchpil (2008), a história da arquitetura e - adiciono o urbanismo - estão submetidos a ciclos de variação cada vez mais curtos.

Mitscherlich (1972) alegou que a cidade, uma vez destinada a ser o horizonte ou a residência natural do Homem, converteu-se no seu túmulo. Ela havia se tornado a pátria do desamor, no qual o edifício é a marca maior do isolacionismo. No entanto, apesar das difíceis condições em que muitas cidades se encontram no atual contexto, ter um olhar trágico apenas não ajuda de forma prática a resolução de problemas urbanos. Como aponta Lévy (2005), novas realidades devem estimular a pesquisa, reorientar a abordagem, iniciar as conquistas adquiridas, abrir novas áreas de investigação e aprofundar o conhecimento.

Nesse sentido, Bentley (2004), com uma visão bem mais otimista, aponta que as mudanças ocorrem através de um processo de negociação e luta. “Se queremos trabalhar para a criação de lugares mais amados, temos que aprender a vencer essas batalhas” (BENTLEY, 2004, p.122). É preciso aprender como focar a autonomia do conhecimento e da técnica, mesmo que muitas vezes limitada, na produção de melhores lugares, à luz do que sabemos.

É para isso que os subtópicos a seguir se destinam: apresentar categorias fundamentais para essa pesquisa: a forma, a vida urbana e a cidade. Essas categorias são discutidas a partir da conceituação pelo viés de diferentes autores a fim de criar um vocabulário acerca dessas temáticas e um conhecimento sobre o que é a materialidade e imaterialidade da cidade. Como enfatiza Bentley (2004, p.127), existem oportunidades para conseguir lugares amados – e cidades, adiciono – mas essas transformações não acontecerão automaticamente, apenas a partir do esforço das pessoas que as desejam ativamente e as conhecem o suficientemente necessário.

2.1.1 A forma

Rossi (1995) apontava que a forma da cidade é sempre a forma de um tempo da cidade, e existem muitos tempos na forma da cidade. Logo, a forma da cidade como se experiencia é a combinação de diferentes tempos e sociedades. Isto posto, esse tópico objetiva discutir as diferentes conceituações que existem sobre esse termo e, ao final, apontar qual ou quais dessas conceituações serão adotadas no decorrer dessa pesquisa.

Além de ser a forma de um tempo da cidade, segundo o autor, a forma da cidade é a maneira como se organiza e se articula a sua arquitetura. Essa ‘arquitetura da cidade’ sendo entendida por dois aspectos: uma como uma obra de engenharia, manufaturada e outra como uma arquitetura maior ou menor, com maior ou menor complexidade que se desenvolve com o passar do tempo.

Moughtin (2007) define a forma urbana como a expressão física da cultura e, como tal, está diretamente relacionada à satisfação do usuário e, em última análise, à participação pública no processo de *design*. Diferentemente do que Rossi aponta, Moughtin (2007) relaciona o usuário com a maneira pela qual a cidade é vivenciada e definida. A forma urbana é resultante da interação de vários fatores, como localização, redes de transporte, valor da terra e topografia, ou seja, de todos os elementos - construídos ou não, palpáveis ou não – presentes no que se conhece por cidade.

Para Jackson (1972), nada na paisagem urbana – incluindo o que é considerado como forma – é fixo ou inalterável nas circunstâncias dos tempos, ou seja, a forma seria o que é mutável na cidade. Essas dinâmicas de formação e transformação, o modo de evolução é o principal objeto de estudo da morfologia urbana. A visão sobre forma urbana defendida nesse trabalho não discorda completamente da visão dos autores anteriormente citados, mas compartilha em maior grau com as definições apresentadas por Teller (2001) e Lévy (2005). Teller (2001) aponta que o ambiente urbano resulta de uma construção muito complexa, que não pode ser o ato de um ator singular, mas é o produto de um sistema de elementos em

interação. Não é possível resumir a forma urbana a um aspecto da cidade, pois ela é formada por inúmeros componentes. Como destaca Beirão (2005, p.6) a ‘*firmitas*’ vitruviana tem dado lugar a uma fluidez onde o tempo se expressa numa mutação constante; o objeto arquitetônico e o espaço urbano traduzem essa fluidez no uso e na forma.

A forma urbana e o seu estudo depende sempre de um ponto de vista e de um ponto de partida (LÉVY, 2005). Ou seja, um olhar para a forma, uma definição preliminar que delimita o contorno e a abordagem a ser estudada. Ela pode ser apreendida sob diferentes olhares uma vez que ela é complexa e consiste em uma diversidade de registros de formas e significados. É portanto, um objeto polimórfico e polissêmico. A forma urbana apresenta, assim, um caráter sistêmico formado por elementos interdependentes que se articulam para produzir uma forma unitária global.

Com o intuito de exemplificar esses diferentes pontos de vista nos quais a forma urbana pode ser analisada, Lévy (2005) elenca cinco diferentes abordagens pelas quais a forma urbana pode ser vista e conceituada: (i) **forma da paisagem**; (ii) **forma social**; (iii) **forma bioclimática**; (iv) **forma de tecido urbano** e, por último, (v) **forma de layout urbano**.

A primeira abordagem refere-se ao espaço urbano apreendido visualmente na sua tridimensionalidade e na sua matéria plástica: texturas, cores, materiais, estilos. A segunda, **forma social**, também chamada pelo autor como morfologia social, trata-se do espaço urbano estudado em sua ocupação pelos grupos sociais, demográficos, étnicos, tipos de família ou distribuição de atividades. A terceira, definida através do olhar bioclimático, estuda o espaço urbano em sua dimensão ambiental, como um microclima.

Na quarta abordagem o autor resgata o que apontou Panerai e Langé (2001), a forma urbana como tecido consiste no estudo das inter-relações entre elementos componentes: lotes, estradas, espaços livres, construídos, entre outros. Nessa abordagem também é possível o estudo particular de um componente e sua relação com os demais, ou com o todo da cidade. Por último, a abordagem da forma urbana como **forma de layout** refere-se a forma geométrica do plano da cidade: planos orgânico, geométrico, ortogonal ou radioconcentrício. Nessa abordagem também são consideradas as conotações simbólicas relacionadas à história do urbanismo ligadas à geometria dos padrões regulatórios.

Essas diversas maneiras de ver a forma urbana mostram a necessidade de reconhecer sua complexidade e sua pluralidade de significados. Mostram-nos que não é questão de conceito errado ou certo, mas de reconhecer que um estudo não é capaz de envolver todas as facetas da forma urbana e, para isso, o recorte e a identificação da abordagem se faz necessário.

Diante do exposto, e como foi dito no início desse subtópico, faz-se necessário apontar qual a conceituação de forma urbana que será o foco de estudo desse trabalho. A abordagem da forma urbana denominada por Lévy (2005) como “*forma de tecido urbano*” é a que mais se encaixa no que se pretende estudar nesse trabalho. É com essa abordagem que serão estudados os elementos da cidade (edificações, por exemplo) sob um ponto de vista sistemático. Nesse trabalho, especificamente, relacionando-os com aspectos não materiais presentes no espaço da cidade e seu papel na formação do espaço urbano.

2.1.2 A vida urbana

As cidades de hoje estão em questão. Parecem perder pouco a pouco sua força e originalidade: a capacidade de reunir os homens em torno de ideais comuns, de produzir convivência, a coexistência tranquila de destinos individuais contrastantes, para proteger, sonhar e estimular a inovação (LACAZE, 1995, p.6 -tradução livre da autora).

Assim como a forma urbana, definir a vida urbana é algo muito complexo. Enquanto o termo ‘forma urbana’ pode significar diferentes elementos da cidade, a ‘vida urbana’ tem um caráter abstrato que o torna polissêmico.

Neste trabalho, a ‘vida urbana’ relaciona-se bastante com o termo comumente utilizado de ‘urbanidade’. Holanda (2012) destaca que urbanidade é uma variável, que é função, simultaneamente, de atributos sociais e de atributos arquitetônicos. Suas implicações podem ser sócio volumétricas ou socioespaciais – em síntese, o aspecto sócio arquitetônico sempre existe. “Urbanidade é normalmente afeita à escala da cidade. Todavia, é adaptável a outras escalas, para mais e para menos” (HOLANDA, 2012, p.165).

Para Aguiar (2012), urbanidade é uma civilidade reinante, vinda do conjunto arquitetônico-espacial. Como é a percepção das pessoas ao se sentirem em casa, estando no espaço público independentemente dos estilos edilícios e de suas relevâncias patrimoniais e históricas.

Apesar de concordar com as definições relacionadas à urbanidade, decidiu-se utilizar o conceito de ‘vida urbana’ referindo-se ao que Souza (2001) aponta como reprodução social da vida dos indivíduos e das coletividades em suas múltiplas dimensões que derivam das condições fornecidas pelo ambiente construído. Segundo esse autor, a vida social depende hoje fortemente do substrato material e imaterial fornecido pela cidade e pelo seu papel na manutenção da qualidade das relações sociais realizadas por meio da experiência da sociabilidade urbana.

Diferentemente do que foi feito no subtópico anterior, a discussão sobre a vida urbana vai se estruturar pela explanação inicial de quais aspectos esse termo contempla, destacando autores que debatem essa temática através de pontos de vista complementares. O objetivo principal desse tópico não é estabelecer uma conceituação única, mas abrir questionamentos sobre esses aspectos imateriais da cidade resultantes dos aspectos materiais e se eles estão sendo considerados na prática do projetista ao modificar o espaço urbano. Como ressalta Gehl (2013, p.209), “a vida na cidade deve ser visível e tratada no mesmo nível que as outras funções urbanas. E mesmo nas cidades existentes, a vida deve ser priorizada”.

Como já dito, a vida urbana compreende os aspectos imateriais existentes na experiência da vivência na cidade. Fazem parte disso, sentidos, experiências e interações que não podem ser palpáveis, mas que sabe-se que existe e que é possível de identificar sua existência ou sua falta. Jacobs (1993) exemplificou essa falta ao apontar que áreas de cidades ou cidades inteiras são consideradas fracassadas não tanto pelo que elas possuem, mas pelo que lhes faltam. Muito além da ausência de uma infraestrutura básica ou de um espaço livre público, a ausência de um convívio social, uma necessidade básica gerada por essas estruturas é o que é, de fato, percebido e problemático (Figura 6).

Figura 6 - Interações e experiências sensoriais compartilhadas no ambiente urbano.



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.341)

É interessante observar como Kuchpil (2008) relaciona os aspectos imateriais com o que a cidade é, em sua totalidade. Segundo a autora, na compreensão do urbano é necessário buscar a identidade da cidade através daquilo que se repete: seus símbolos, suas vivências diárias e o que a torna única entre as outras. Somente a partir do entendimento dessas características que torna-se possível compreender um pouco do complexo de informações e sentimentos que ela exprime.

Para Mitscherlich (1972) a vida urbana depende, em muitos aspectos, da capacidade de solucionar problemas sociais em geral. Assim, não é possível ter uma boa vivência urbana e uma boa relação com os elementos construídos da cidade, se ela está socialmente em conflito.

Mencionado por Bentley (2004) e apontado anteriormente por Jacobs (1993), a presença de pessoas em ambientes urbanos é um recurso essencial não apenas para o contato físico, face a face, mas funciona como um recurso simbólico para a construção da comunidade imaginada e para a construção de relações de interdependências que existem em qualquer assentamento humano (Figura 7).

Figura 7 - Contato face a face.



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.454)

Para existir esses encontros e relações interpessoais deve existir um espaço de contato. Além dos espaços públicos que são pensados especificamente para possibilitarem esses encontros (praças, parques, entre outros) a rua é o elemento inicial de encontro. Segundo Angel *et al.* (1969) um grande problema das ruas é que elas estão cada vez mais centrífugas ao invés de centrípetas. Ou seja, elas expulsam pessoas, ao invés de atraí-las. Para combater esse efeito de expulsão, o mundo dos pedestres deveria ser lugar para permanência e não apenas de travessia “deve [a rua], em suma, ser feito como uma espécie de sala pública externa” (ANGEL *et al.* 1969, p.108).

Por muitos séculos, a rua forneceu aos moradores um espaço público utilizável. Hoje, por ser um espaço, muitas vezes, destinado apenas para travessia, contribui para a sensação de isolamento, insegurança que existe nas pessoas que vivem em centros urbanos (ANGEL *et al.* 1969). As ruas impessoais tornam as pessoas anônimas, e isso não é uma questão de qualidade

estética nem de um efeito emocional em escala arquitetônica, e sim como as pessoas as usam na vida cotidiana (JACOBS, 1993).

Além de ser determinante na interação humana, a presença de pessoas nas ruas e as estruturas urbanas influenciam a sensação de segurança que as pessoas experienciam. A segurança – ou falta dela – gera um efeito cíclico no qual ambientes percebidos como inseguros repelem pessoas e a falta de pessoas os torna mais inseguros. Como aponta Bentley (2004), se o passante vê outro como ameaça ou aliado em potencial, a presença de outras pessoas é importante para sua permanência.

Lang (2006) afirma que a qualidade percebida de uma cidade depende muito das condições de suas ruas. Elas afetam também a natureza, velocidade do tráfego de veículos, como o estacionamento é organizado, a natureza do solo, os usos das edificações, entre outros. Por isso os projetistas necessitam “se preocupar com o que acontece nos dois lados da rua. Elas são as costuras da vida urbana” (LANG, 2006, p.36).

Ainda de acordo com Bentley (2004), as transformações urbanas das últimas décadas nas escalas do edifício e do espaço, parecem ter impactos negativos na segurança e em sua percepção pelo usuário. A busca pela acumulação de capital gerou um mundo construído no qual a segurança dos pequenos espaços foi substituída por percepções crescentes de medo, afetando principalmente aqueles que têm menos proteção.

É no estudo de novas maneiras de entender a relação entre as escalas que consideram os edifícios, os espaços urbanos e esses aspectos não palpáveis presentes na vida urbana que esse trabalho centra-se. Apenas com a consciência que a estrutura dos espaços construídos - e não construídos - influenciam a qualidade de vida das pessoas, que se torna possível buscar soluções para as questões atuais em prol de um futuro com vivências urbanas melhores.

2.1.3 Considerações sobre forma e vida urbanas

Cidades são cada vez menos cidades. Eles aparecem mais e mais como concentrações enormes e às vezes gigantescas; são menos cidades do que áreas onde se reúnem, até empilham, recursos e riqueza de todos os tipos: homens, bens, sinais... Estes espaços são locais de intensa atividade e ainda mais de um enorme e aumento da acumulação de bens para consumo, sejam eles homens no mercado de trabalho, objetos de troca ou placas vendidas e compradas também. (LEDRUT, 1977, p.53 – negrito e tradução da autora.)

Como bem destaca Moughtin (2007, p.51), “a cidade não é simplesmente um artefato para ser visto”. Aquele que seria apenas o espectador faz parte da cidade e experimenta o barulho de sinos distantes, o balbucio de outros pedestres, o delicioso cheiro de grãos de café

torrados, o calor refletido de calçadas quentes. A cidade é um elemento da cultura espiritual e física do povo; é um lugar privilegiado para a reprodução dos costumes sociais (MOUGHTIN, 2007; LACAZE, 1995) (Figura 8).

Figura 8 - Cidade e seus barulhos, cheiros e calor refletidos nas calçadas quentes.



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.436)

Como poeticamente destaca Fernand Braudel, citado por Lacaze (1995, p.20), as cidades são “estufas quentes de qualquer civilização”. Elas compartilham uma atmosfera de liberdade em que prevalecem a curiosidade e o interesse pelas novidades; que estimulam a criatividade em todas as áreas e garantem a rápida difusão de inovações.

Para Ledrut (1977), as formas da cidade não são nada sem uma leitura, uma representação, uma ideologia. Elas não são apenas em uma coleção de objetos a serem percebidos, mas são relações visíveis e invisíveis. Foi com o entendimento da existência dessas relações entre elementos formais, objetos e da leitura do aspecto de vivência do ambiente urbano que esse tópico se propôs a discutir a cidade.

Como salientou Jacobs (1993, p.490), “uma cidade não é montada como um mamífero ou um edifício de estrutura de aço”. Ela é estruturada por uma mistura até mesmo secreta de usos e elementos. Nos aproximamos de seus segredos estruturais quando lidamos com as condições que geram essa diversidade. Assim, a urbe contemporânea é a combinação de diferentes objetos em um novo *design*, não é tão somente a dualidade entre lugar e não lugar, mas concentra – além de massas de populações – desigualdades sociais e territoriais (KUCHPIL, 2008; MOUGHTIN, 2007).

Diante da complexidade de segredos estruturais e de concentração de massas e desigualdades, o crescimento urbano contemporâneo, aliado ao constante aceleramento da sociedade, tem constituído um entrave à eficácia dos sistemas de planejamento (BEIRÃO, 2005). Ledrut (1977, p.8) apontava que “a crise das cidades e do planejamento urbano é uma crise de pensamento”. Ela está presente nas estruturas urbanas reais em todas as dimensões: políticas e social, formal e semiológica.

A cidade se transforma, entre invisibilidades e revelações, e a arquitetura, através do tempo, é redesenhada pelos efeitos dessa transformação (KUCHPIL, 2008). O que presenciamos é uma crise que surge dessas transformações, a partir da característica dinâmica e complexa da sociedade. Teller (2001, p.24) afirma que uma “forma urbana nunca se adapta perfeitamente a um uso social”. Isso porque as atividades exercidas mudam em um período de tempo menor que os edifícios que as suportam (o primeiro em uma escala de décadas e o segundo em século) e mais ainda que as estruturas da estrada e do parcelamento do solo (duração de vários séculos).

Nesse cenário, a abordagem tradicional, como destaca Beirão (2012), é incapaz de lidar com a resposta necessariamente rápida exigida por essa dinâmica. A estrutura física de estradas e edifícios, existe em um ambiente dinâmico de necessidades sociais em mudanças e novas oportunidades econômicas. Tratar desses elementos citadinos é indispensável uma vez que toda a natureza da sociedade está profundamente associada e comprometida com a vida nas cidades (JACKSON, 1972).

Por fim, concorda-se com Teller (2001) ao apontar que as cidades estão, por conta própria, em uma perpétua reconstrução que leva a uma série de perguntas sobre como organizar esse comportamento. Maiores discussões sobre planejamento serão apontadas no próximo tópico, por agora, faz-se necessário apenas perceber que elementos materiais da cidade, suas formas (infraestruturas, edificações, por exemplo) estabelecem uma forte relação de dependência com a qualidade daquilo que identificamos como ‘vida urbana’. Essa relação precisa ser levada em consideração em projetos de toda natureza que envolva a cidade. Não devemos perguntar o que a cidade pode fazer pelo edifício – ou qualquer outra forma urbana edificada – mas o que o edifício pode fazer pela cidade (GEHL, 2013).

2.2 O DESIGN URBANO

Uma boa cidade não é o resultado de decisões individuais, independentes e egoístas
(Enrique Peñalosa, prefeito de Bogotá, Colômbia).

Decisões acertadas para o planejamento urbano só serão possíveis com o entendimento do espaço urbano e do desenvolvimento das cidades a partir de seus elementos (medidas) e das relações com as correspondentes morfologias. A complexa percepção dos fenômenos urbanos e sociais só ocorre quando compreendemos que tudo na cidade afeta todo o resto (BEIRÃO, 2012; MCLOUGHLIN, 1973).

Diante da realidade das cidades e do que foi exposto no tópico anterior, é possível perceber que o planejamento e os projetos a nível urbano não estão conseguindo acompanhar a dinamicidade e complexidade da contemporaneidade urbana. Partindo disso, o seguinte tópico pretende continuar essa discussão destacando a problemática sob o futuro e o planejamento atual das cidades. Ao final será apresentando o conceito de *design* urbano como alternativa ao *modus operandi* do projeto urbano atual e como base para a proposta de inserção da lógica computacional discutida nas seções subsequentes.

2.2.1 O futuro

A **vida**, em primeiro lugar, depois o **espaço** e então os **edifícios** tem o aspecto de um requisito universal para os processos de planejamento no século XXI (GEHL, 2013, p.211 – negrito da autora).

O por vir sempre é o ponto central da profissão de todo arquiteto urbanista, do planejador e de todos os técnicos que estão envolvidos com a modificação do espaço urbano. Isso porque as modificações são pensadas no hoje, para atender aos problemas do hoje, mas que se concretizarão apenas no amanhã, não é possível ser diferente.

Como visto anteriormente, Jackson (1972) destacava que o único ponto de partida possível para a compreensão de possibilidades futuras é a cidade como ela existe agora. Seja ela saudável ou decadente, eficiente ou esbanjadora, bonita ou feia, deve ser pensada já que ela, muito provavelmente, continuará sendo o principal ambiente do Homem na Terra.

Faz-se necessário perceber que a preocupação com o futuro deve ser uma interpretação do presente, e não a criação de um futuro fechado. Ao estabelecer-se um projeto de futuro imutável, corre-se o risco de gerar uma extensão espelhada: uma profecia autorrealizável (JACKSON, 1972).

O futuro exigirá respostas e soluções que não podem ser criadas hoje pelo simples fato que determinados problemas do futuro ainda não existem. Bair (1970, p.24) concordava com essa perspectiva ao afirmar que “qualquer planejador que se preze nos próximos anos terá que estar ciente de que, em grande parte, não saberá o que está planejando”. Nesse processo, a maior problemática está no fato que a composição urbana, na maioria das vezes, propõe a passagem direta de um estado existente para um futuro esperado, sem considerar o caminho até chegar no estado de realização do que foi proposto (LACAZE, 1995).

Ao afirmar que o profissional “não saberá o que está planejando” não é retirada a responsabilidade ou diminui-se a tarefa do planejador, mas a amplia. O projeto urbano deve evoluir constantemente, a fim de adequar seus recursos às evoluções dos contingentes da sociedade (TELLER, 2001).

A cidade não pode ser pensada sem se referir à articulação constante dos diferentes ritmos temporais. E seu futuro só pode ser efetivamente organizado se a ação urbana for capaz de lidar com esses ritmos por métodos apropriados, de acordo com os profundos desenvolvimentos econômicos, sociais e culturais que determinam seu destino (LACAZE, 1995, p.7 – tradução livre da autora).

A cidade do futuro deve ser visualizada em uma variedade de formas. Expandindo-se em muitas direções e em várias densidades, e em parte afetando a dispersão de novas cidades, novas localidades e a criação de novos centros independentes (JACKSON, 1972). Essa variedade e diferentes expansões são reflexos da complexidade crescente – e já discutida anteriormente – presente nas cidades contemporâneas.

Como bem salienta Barros (2008), essa complexidade – refletida diretamente no projeto – e a exigência da qualidade ambiental cada vez mais necessária demanda um aprimoramento dos procedimentos adotados e a aplicação de metodologias mais sistematizadas de projeto e de pesquisa.

Beirão (2012) aponta que a evolução das cidades é algo difícil de prever e planejar devido à sua complexidade, ela é encontrada em dois níveis principais: em um nível micro, a partir das múltiplas relações existentes entre os vários componentes e atores na cidade; e em um nível macro, decorrente das relações geográficas, sociais e econômicas entre as cidades.

Contrária a essa perspectiva está a produção do espaço urbano na cidade contemporânea. Segundo Abascal (2007), ela demonstra um caráter individualista e fragmentado, totalmente oposto ao que deveria ser pressupostos do pensar a cidade de hoje e do amanhã. Nesse sentido, Lang (2006, p.59) afirma que a maior parte do foco nos últimos anos tem sido mudanças e planejamento de caráter social e econômico. Ao ser pensado, o planejamento das estruturas

materiais da cidade deve lidar com aspectos mais profundos do que apenas a distribuição desejada dos usos do solo e a aplicação de códigos de zoneamentos como mecanismos para isso.

Ledrut (1977, p.322) apontou que a "cidade sempre foi pensada a nível de superfície e não de volume". Enquanto a forma arquitetônica é a de volume, a forma de uma cidade continua sendo a de uma superfície. Essa separação entre a percepção volumétrica da arquitetura e planificada da cidade tem gerado uma distância entre essas duas práticas tão profundamente conectadas no domínio do desenho urbano. Maior aprofundamento sobre a relação entre a materialidade da arquitetura e o urbanismo enquanto planejamento será discutida no próximo tópico. Por agora, ponderemos que:

Se considerarmos que o espaço urbano é definido pelo negativo do construído, ou seja, a ordem do conjunto das arquiteturas é responsável pela construção da complexidade da cidade, então facilmente conseguimos entender que existe a necessidade de aproximar mais os dois processos e fazê-los interagir e respeitar-se. Assim, **torna-se clara a necessidade de reabilitar e reformular as práticas de desenho urbano como meio de reaproximar o urbanismo da arquitetura** (BEIRÃO, 2005, p.7 – tradução e negrito da autora).

Diante disso, há de se concordar com o questionamento feito por Beirão (2012): como podemos planejar a cidade se seus comportamentos são tão complexos e inesperados? De maneira simples e rápida, uma boa resposta foi dita por Jacobs (1993, p.23) ao afirmar que precisamos desesperadamente “aprender e aplicar o máximo de conhecimento verdadeiro e útil sobre as cidades o mais rápido possível”. Apesar de muito acertada, essa afirmação nos responde o que fazer, mas não nos auxilia muito no como fazer.

O engenheiro Dennis Gabor, na década de 1960, afirmou que o futuro não pode ser previsto, mas pode ser inventado. É nossa habilidade de inventar o futuro que nos dá esperança para fazer de nós o que somos (GABOR, 1964). Concordando com essa frase, Jackson (1972) apontava que inventar o futuro em termo de cidade é pensar em situações que vários componentes inter-relacionados se interligam e funcionam juntos como uma série de respostas e contra respostas mútuas. O planejador deve fazer suposições sobre o futuro e aplicar estas generalidades como previsões específicas em tempo e espaço, mas de uma maneira sistemática e refinada

“A cidade é criação do homem e existe primeiro na imaginação para uma realização posterior” (JACKSON, 1972, p.35). O planejamento não é ciência exata e depende fortemente da interpretação profissional e dos recursos disponíveis. Existem diferentes maneiras de

relacionar e compreender variáveis – e nesse trabalho será proposta a exploração de uma dessas maneiras através da tecnologia computacional – mas para além disso é fundamental compreender que, independentemente dos meios, as decisões dependem em última instância, do julgamento profissional.

Teller (2001) salienta que esse julgamento profissional deve ir além do tipo gosto/não gosto a fim de chegar à construção de argumentos mais explícitos quanto à relevância de um dado projeto de transformação urbana em relação às suas intenções. Assim, há de se concordar com Perkins (1966) ao falar que, em termos das diretrizes do amanhã, devemos julgar o valor de um projeto ou plano a partir da capacidade dele promover valores sociais, assim como fornecer variedade e liberdade de escolha que incluirão contraste, hierarquia de espaços e variedade infinita de oportunidades.

Com a mesma perspectiva, Beirão (2005) destaca a necessidade que se verifica, nas estruturas urbanas e nos sistemas de planejamento, de se enquadrar no ritmo de transformação das sociedades contemporâneas. Tal adaptabilidade é alcançada a partir da elaboração de planos mais flexíveis.

Para alcançar tal flexibilidade, planos e projetos urbanos e arquitetônicos devem evoluir constantemente e adequar seus recursos às necessidades da sociedade e promover uma cidade com qualidade de vida urbana. “Onde estão as vozes das pessoas? A cidade são as pessoas!” (DOBBINS, 2011, p.8). O planejamento e os projetos urbanos não devem ser norteados por um padrão mais alto de vida – no sentido de exuberância e opulência – e sim pela criação de condições de vida indispensáveis para pessoas cujas existências estão condicionadas no âmbito urbano.

Devemos buscar a distribuição espacial (da população e da forma edificada da cidade) que permitam maior liberdade de interação humana e, ao mesmo tempo, ofereçam acesso a amenidades naturais e um gerenciamento efetivo das paisagens e dos recursos (JACKSON, 1972; MITSCHERLICH, 1972).

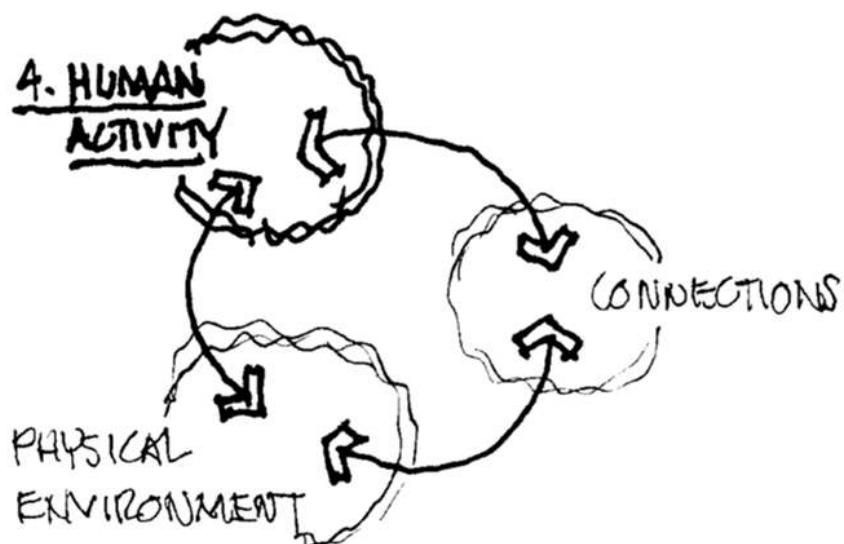
2.2.2 A edificação

As pessoas ficaram doentes e cansadas do modelo antigo. Eles estão cansados de edifícios modernistas, isolados e lugares públicos completamente dedicados ao automóvel [...] Agora tivemos 50, 60 anos disso cada vez pior e elas estão prontas para novas ideias sobre planejamento da cidade – Jan Gehl⁸

Continuando a discussão sobre a flexibilidade e a relação entre a forma edificada e a cidade, esse subtópico centra-se em discutir a nível urbano como a arquitetura – especificamente a inserção da edificação através dos projetos arquitetônicos e urbanísticos – tem se relacionado com a cidade, e como podem, na contemporaneidade, contribuir para a construção de cidades mais democráticas. Essa discussão direciona o referencial teórico para o objeto de estudo mais específico desse trabalho.

Reiterando o caráter sistemático e composto de elementos em interação da cidade, Dobbins (2011, p.74) afirma que no sentido amplo, “os elementos presentes no urbano podem ser organizados em três esferas, cada uma em interação com a outra: o ambiente físico, a atividade humana e as conexões entre elas” (Figura 9). Esse ambiente físico fornece o meio para que as atividades das pessoas se desenrolem em todas as escalas: do bairro à região.

Figura 9 - Atividade humana interagindo com o ambiente físico e as conexões que formam o urbano.



Fonte: Dobbins (2011, p.127)

⁸ Trecho traduzido de uma entrevista para a Island Press em comemoração aos 10 anos de publicação do “Cidades para pessoas”. Disponível em https://www.planetizen.com/features/109884-jan-gehl-60-years-designing-cities-people?fbclid=IwAR0WuT3LKa7_k6RgFXC85n5Q6l2VIBoDLAy3-vx7bD_WWytbhLN6ZRmmx48. Acesso em 18.07.2020. Tradução livre da autora.

Como mencionado no tópico anterior sobre ‘vida urbana’ e como aprofunda a Teoria do Movimento Natural da Sintaxe Espacial, a estrutura física da cidade - *layout* dos quarteirões e ruas, por exemplo - gera consequências importantes na adaptabilidade de acomodar diferentes atividades ao longo do tempo ao mesmo que limita ou amplia a acessibilidade de pedestres e os encontros pessoais. Para além do desenho de vias e *layout* de quadras, esse trabalho defende a tese que a forma física (a edificação) contribui ou prejudica na criação de um ambiente de qualidade, de vivências na cidade. E que essa influência, no entanto, pouco é considerada na elaboração de projetos arquitetônicos e até mesmo urbanos.

Vargas (2003) aponta que a história da arquitetura estabelece relações definidas entre a forma dos edifícios e a época ou as características das sociedades que a construíram. Além da mudança na forma, o seu caráter simbólico e a visibilidade inerente à própria arquitetura tornam a cidade mais atraente e como instrumento para demonstrar poder. Nesse trabalho defende-se que a relação dialética que existe entre a forma e a sociedade: assim como a forma urbana edificada é resultado da sociedade, ela contribui e é ponto determinante na criação de novas, melhores ou piores, sociedades.

As formas urbanas refletem a interação bastante complexa que existe entre forças sociais, econômicas, políticas e culturais. Isso pode ser percebido anteriormente no breve histórico sobre cidade e forma urbana: se por um lado as transformações sociais resultavam em novas formas urbanas; posteriormente, elas passaram a ser usadas também como instrumento de controle e manipulação social. Logo, o grande questionamento é se essas formas estão ou não trabalhando para melhorar a qualidade de vida na cidade.

A forma física do bairro interage com sua dinâmica demográfica e social e com as forças de desenvolvimento que os criam. A forma física raramente é causal na dinâmica da vizinhança, mas certamente é um fator de quanto bem ou com que rapidez uma vizinhança pode empreender estratégias eficazes de melhoria (DOBBINS, 2011, p.104 – tradução e negrito da autora).

Diante desse questionamento e utilizando o conceito de Lévy (2005) sobre a forma de tecido urbano para estudar o elemento edificado da cidade sob o ponto de vista sistemático, essa pesquisa concorda com Kuchpil (2008, p.202) ao afirmar que o “edifício vertical provavelmente irá permanecer consigo por algum tempo”. Principalmente porque cidades com grandes concentrações demográficas (Xangai, Hong Kong, São Paulo, entre outras) utilizam da verticalização como solução para alguns problemas urbanísticos.

Logo, faz-se necessário repensar a configuração da cidade, seu planejamento, de maneira a responder de forma mais adequada à intensidade e às necessidades urbanísticas de

seus usuários e cidadãos. Os edifícios transmitem caráter e estabelecem a funcionalidade do domínio público de maneiras que precisam da atenção dos projetistas urbanos. A partir da reflexão de como são usados, onde estão localizados, quão longos, profundos e altos eles são, como eles demarcam estruturas públicas, como acontecem suas entradas e saídas, onde estacionam os automóveis, o modo como encontram o chão e sua silhueta contra o céu (DOBBINS, 2011).

Isto porque há de se concordar com a realidade dialética entre a forma e os aspectos citadinos não materiais. Fazendo um paralelo com o que diz Lefebvre [2013 (1985)] sobre a relação do espaço e a produção, a forma e a vida urbana estão ao mesmo tempo organizadas como causa e razão.

Beirão (2012, p.152) ressalta que “diferentes tipos de blocos urbanos conferem aparências diferentes nos espaços urbanos”, logo são responsáveis pelo tipo de interações sociais que podem surgir em ambientes formais específicos. Além disso, eles contribuem para a criação das particularidades dos espaços da cidade. Doam seu *design* para a construção de paisagens e podem ser elementos de atração da cidade.

Infelizmente, nas últimas décadas, a transformação de tipos de construção ‘local’ para um vocabulário ‘global’ manifestada na proliferação global de torres comerciais, *shoppings* é claramente um fator que reduz essas distinções e particularidades de qualquer identidade local específica (BENTLEY, 2004).

Lang (2006) aponta que os proprietários geralmente olham a cidade em termos de oportunidades para criar aquilo que estão acostumados a construir. Poucos de fato fazem a pergunta “qual o melhor uso deste local?” ou “como devo interferir para melhorar a paisagem urbana e a comodidade para os pedestres?”. Em via de regra, o pensamento do objeto arquitetônico pouco leva em consideração o que se passa no ambiente urbano, sendo que, na realidade, o estilo arquitetônico realmente pouco importa separado do caráter urbano que o acolhe.

Bentley (2004, p.116) alerta que, na prática, “o projeto é considerado apenas no ponto de vista da conveniência da construção do edifício”. Isso porque ele constitui o único elemento vendável, o elemento de vital importância para o proprietário, enquanto os interesses do público que o experimenta são, muitas vezes, ignorados. No entanto, o que realmente importa em um edifício ou na cidade não é sua forma externa, sua geometria física por si só, mas os acontecimentos que ocorrem ali (ALEXANDER, 1979).

Contrário a essa perspectiva individualista e separatista do modo de construir atual, Bucci (2005) lembra que os edifícios se “dissolvem” para compor o ambiente da cidade. Isso

porque a cidade também está contida no interior dos edifícios, não havendo então uma substituição entre olhar um objeto separado do outro (Figura 10). Nenhuma das partes cede à outra, as duas dimensões se sobrepõem e coexistem, de maneira que ambas estão sempre presentes nos espaços que antes eram identificados com cada uma delas: o interior e o exterior.

Figura 10 - Exemplo de edifício aberto ao ambiente da cidade.



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.432)

Kuchpil (2008) ao citar Mumford (1956), afirma que não é possível ter boa arquitetura, funcional ou esteticamente, a não ser que os edifícios e os espaços abertos sejam concebidos juntos. Essa concepção conjunta ocorre quando a preocupação mútua é com o *design* físico tridimensional do ambiente, as atividades que ele deve abrigar e a natureza pública do ambiente criado ali (LANG, 2006).

Moughtin (2007, p.84) sugere que existem duas principais maneiras pelas quais os edifícios podem se organizar no espaço: (i) como objeto positivo concebido como uma massa tridimensional, se tornando a figura na composição, enquanto o espaço urbano o acolhe; ou (ii) seguindo um método defendido por Sitte (1901) que reverte esse processo: O próprio espaço se torna a figura, o elemento positivo, enquanto o volume projetado são relegados a um papel de apoio ou a um segundo plano.

A inserção do edifício na cidade é, portanto, determinante nas relações entre espaço público e espaço privado, não só do ponto de vista físico-geográfico, mas, sobretudo, no seu papel de **geração de usos urbanos, proteções urbanas, interferências, barreiras, na geração de opressão, fruição espacial, estética e conforto, qualidade da paisagem, enfim, na geração de alguns dos mais importantes atributos que definem a vida urbana** (KUCHPIL, 2008, p.66 – negrito da autora).

Nesse trabalho defende-se a ideia que ambos – volume e espaço – estabelecem uma relação de dependência na qual não pode ser pensado um volume sem o espaço urbano que o rodeia e o permeia. A tridimensionalidade da cidade não deve ser vista como figura em um todo separado e como tal, não pode ser pensada separadamente. O edifício e a cidade são um. Compõem o ambiente humano mais presente na contemporaneidade e, ao que parece, no tempo por vir.

Como destacava Alexander (1979), em um edifício ou uma cidade que dá suporte à vivência plena não há lugares que sejam de passagem entre momentos de vida. Todo lugar é feito de tal maneira que a vida possa ser saboreada ali. Cada centímetro quadrado (edificado ou não) tem algum propósito valioso, por isso cada parte da cidade é um todo por si só.

Para que a inserção dessas formas urbanas edificadas possam contribuir para a fruição desses ‘ambientes humanos’ que são as cidades, faz-se necessário que o planejamento seja abrangente e lide com as questões de *design* urbano no planejamento da cidade, refletindo nas políticas públicas para a intervenção planejada no processo de desenvolvimento (LANG, 2006, p.63). Nesse processo, a verdadeira criatividade e inovação construtiva da forma urbana não está na construção em si, mas na concepção de um problema de uma maneira nova e mais apropriada, reconhecendo os padrões e respondendo às questões e crises da cidade e da vivência urbana.

2.2.3 Design urbano

Quando você constrói uma coisa, não pode simplesmente construí-la isoladamente, mas também deve tratar do mundo ao seu redor e dentro dela, para que o mundo maior naquele local se torne mais coerente e mais completo (ALEXANDER *et al.* 1977, p.xiii- tradução livre da autora).

É a partir do entendimento da necessidade de tratar o projeto arquitetônico e o urbanístico como um só, que esse subtópico é estruturado. Não é possível fornecer um espaço público sem pensar na massa edificada ali presente, da mesma maneira que conceber um objeto arquitetônico ignorando que todo o seu contexto externo traz consequências sérias para a vivência humana na cidade.

Nesse sentido, Gehl (2013, p.195) aponta que o objetivo – nesse caso do *design* urbano ideal – seria o “tratamento total, no qual a cidade se harmonizasse em sua completude”. Harmonia entre a linha do horizonte, a implantação dos edifícios e as proporções do espaço urbano e gerada a partir de um cuidadoso tratamento da sequência de espaços, detalhes e equipamentos ao nível dos olhos.

Dobbins (2011) afirma que no trabalho de *design* urbano, as interações entre as peças costumam ser mais significativas na determinação da funcionalidade e do caráter dos lugares do que qualquer peça. Cada um dos elementos separadamente é relativamente simples, mas à medida que interage com outro, uma grande variedade de possibilidades surge. Podemos compreender essas peças em um sentido mais amplo, como o espaço público e o arquitetônico por exemplo, ou de elementos que compõem a cidade tal como o arruamento, as infraestruturas, as morfologias urbanas no geral. “O espaço é produzido na medida em que as relações estabelecidas criam o espaço e determinam a estrutura” (LEDRUT, 1977, p.11).

Para Beirão (2012, p.39), a principal diferença entre o *design* urbano e o processo de *design* convencional seja o fato de que o objeto do primeiro nunca é um único, mas um sistema de elementos. Cada um dos quais passa por um processo de mudança e que todos desenvolvem relações funcionais, econômicas e simbólicas entre si. Por isso, o termo *design* urbano foi escolhido para ser o modo projetual a ser seguido e base para a inserção de novas tecnologias para o aprimoramento desse processo (maior aprofundamento sobre a inserção tecnológica será feito no capítulo seguinte).

Essas relações – funcionais, econômicas e simbólicas - existem entre elementos do espaços construído e não construído (DOE, 1997 *apud* LANG, 2006). Após o entendimento da sua existência, é fundamental considerar o papel humano. Kostof (1991, p.9) diz que o *design* urbano é, naturalmente, uma arte e, como todas, tem que considerar o comportamento da pessoa. Ele deve articular e acomodar significativamente as expressões das relações humanas na cidade (JONES,1966).

Para Dobbins (2011), nos últimos anos, chegou-se à conclusão de quão útil seria uma interação entre todas as disciplinas que têm como objeto de estudo o espaço, antes da construção (não só a nível de massa edificada, mas na execução de planos) para evitar posteriormente cada um ter que resolver os problemas que inevitavelmente surgem dessa falta de interação. Talvez a ideia de interação total entre as disciplinas que tratam do espaço urbano, ainda esteja um pouco longe de se tornar realidade em uma escala global, mas é exatamente esse o ponto central de busca do *design* urbano.

Assim, o *design* urbano é a arte de criar unidade visual para cada um dos componentes da cidade a partir de uma diversidade de elementos, reconhecendo suas particularidades, autonomias e importâncias na formação do todo. É também a capacidade de lidar, e usar, as escalas de forma adequada inventar mecanismos para a transição suave entre escalas, - o equivalente à embreagem para mudança de marcha - para que “a mudança de escala seja obtida

com elegância, evitando o caos visual, por exemplo do grande recinto comercial introduzido no grão fino de um padrão de rua do centro da cidade” (MOUGHTIN, 2007, p. 42).

O *design* urbano se encontra na interface entre arquitetura e planejamento, mas é bem diferente das duas disciplinas. Pode ser considerado um “aliado” para sua prática, uma vez que requer algumas habilidades e conhecimentos de ambas as disciplinas. Ele expressa a intenção de modificar uma parte da cidade, ou mesmo de toda a cidade, para adaptá-la a novos usos, novos modos, novas necessidades, uma vez que o uso social está em constante evolução no espaço e no tempo (TELLER, 2001).

Um autor de referência para o entendimento do *design* urbano é Jon Lang. Em sua obra *Urban design: a typology of procedures and products* (2006) ele não apenas conceitua, como discute a finalidade e exemplifica com mais de 50 casos, diferentes tipos de projeto de *design* urbano. É a partir dessa obra que os próximos parágrafos irão explorar esse modo projetual.

Reafirmando a necessidade de uma integração multidisciplinar, Lang (2006) destaca que o *design* urbano é um ato de vontade. Vontade dos profissionais (públicos e privados) e a partir do que a sociedade os incentiva e permite que eles o façam. A partir disso, é tarefa dele criar um ambiente saudável para a vida, melhorar as oportunidades comportamentais das pessoas e suas auto imagens com propostas de melhorias do ambiente em que elas vivem (Figura 11).

Figura 11 - Espaço urbano saudável para a vida.



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.385)

O *design* urbano é uma prática colaborativa de tomada de decisão que envolve a transformação de territórios de formas rurais ou urbanas em formas urbanizadas atualizadas, levando em consideração a sustentabilidade (BEIRÃO, 2012, p.30 - tradução livre da autora).

Como visto anteriormente, só é considerado verdadeiramente um *design* urbano se lida com o mundo tridimensional e seu impacto no contexto e não, simplesmente, as consequências do contexto para o *design*. Logo, está fundamentalmente preocupado com as qualidades tridimensionais do domínio público dos assentamentos humanos, levando em consideração também o tempo. Este último é considerado tanto na maneira como ele é experimentado, como na sua relação com seu contexto cultural em diferentes momentos da história (LANG, 2006).

Lang (2006) também classifica quatro tipos de *design* urbano em relação à escala de abrangência do projeto. Essa classificação pode ser questionada uma vez que o *design* urbano, também defendido por esse autor, tem a principal característica de considerar as diversas escalas urbanas, logo, delimitar sua área de atuação pode ser entendido como contraditório. No entanto, percebe-se que o autor, ao criar essas classificações, objetiva diferenciar a extensão da modificação feita por cada projeto.

O primeiro tipo de *design* urbano apresentado é o ‘*design* urbano total’ (*Total urban design*). É uma combinação de uma grande arquitetura (em relação à dimensão) e intervenção paisagística, envolve o *design* do domínio público e do edifício. O autor exemplifica esse tipo de *design* com o projeto de Brasília. O segundo é denominado ‘peça completa de *design* urbano’ (*All-of-a-piece Urban Design*), são projetos muito grandes ou fragmentados geograficamente, o que impossibilita uma coordenação única de toda sua dimensão; o exemplo desse caso é o *Battery park city*, localizado na baixa Manhattan, iniciado na década de 1960 e finalizado em 2004 (Figura 12).

Figura 12 - *All-of-a-piece Urban Design*: Battery park city – NY, USA

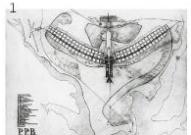


Fonte: <https://www.pps.org/places/battery-park-city-esplanade>

O terceiro tipo de *design* urbano, ‘Peça por peça’ (*Piece-by-piece*), tende a ser o planejamento da cidade, envolvendo a definição dos objetivos de uma área e as políticas de desenvolvimento e qual proposta de *design* adequa-se à situação para alcançar os objetivos. O

último tipo de *design* urbano é o de ‘*plug-in*’ e trata-se da implementação de um projeto de infraestrutura para obter uma reação catalítica em nível urbano. Alguns exemplos desses quatro tipos de design podem ser observados no quadro resumo da figura 13.

Figura 13 - Quadro resumo dos quatro tipos de Design urbano, Lang (2006)

QUADRO RESUMO - OS QUATRO TIPOS DE DESIGN URBANO POR LANG (2006)		
	ÁREA DE ATUAÇÃO	EXEMPLOS
TOTAL URBAN DESIGN <small>(DESIGN URBANO TOTAL)</small>	INCLUEM UMA AMPLA VARIEDADE DE TIPOS DE PRODUTOS: NOVAS CIDADES, RECINTOS URBANOS DE VÁRIAS DESCRIÇÕES (COMO PROJETOS DE ÁREAS LIMPAS OU COMO REFORMAS PARCIAIS), NOVOS SUBÚRBIOS, CONJUNTOS HABITACIONAIS, CAMPUS E REVITALIZAÇÕES HISTÓRICAS.	 1  2
ALL-OF-A-PIECE URBAN DESIGN <small>(PEÇA COMPLETA DE DESIGN URBANO)</small>	ENVOLVE A ESPECIFICAÇÃO DE EDIFÍCIOS INDIVIDUAIS ATÉ CERTO PONTO. O REQUISITO MAIS GLOBAL É PARA USOS DE CONSTRUÇÃO, MAS MUITOS OUTROS FATORES PODEM SER ESTIPULADOS PARA CONSTRUÇÃO E DESIGN DE ESPAÇOS ABERTOS E PÚBLICOS.	 3 3_Chinatown Norte, Philadelphia Fonte: https://philadelphia-encyclopedia.org/archive/-chinatown/
PIECE-BY-PIECE <small>(PEÇA POR PEÇA)</small>	UTILIZAÇÃO DE DETERMINADAS DIRETRIZES E AÇÕES EM LOCAIS EXISTENTES COM A FINALIDADE DE ESTIMULAR O DESENVOLVIMENTO DE DETERMINADA ÁREA.	 4 4_Theather District – Nova York, década de 1960. Fonte: https://br.pinterest.com/pin/521995413040520554/
PLUG-IN URBAN DESIGN <small>(DESIGN URBANO DE ‘PLUG-IN’)</small>	CONCENTRA-SE NA CONSTRUÇÃO ESTRATÉGICA DE COMPONENTES DE INFRAESTRUTURA DE UMA CIDADE. NOVOS ELEMENTOS DE INFRAESTRUTURA SÃO ADICIONADOS COMO UM “PLUG-IN”, CATALISANDO O DESENVOLVIMENTO	 5 

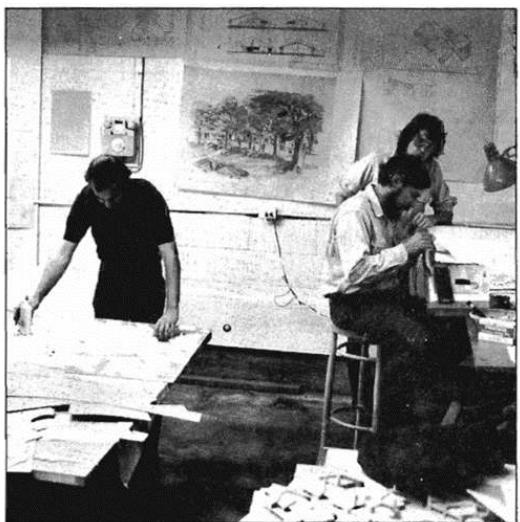
1_Piano Piloto Brasília | Fonte: <https://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/projeto-arquitetonico-de-lucio-costa-para-brasilia-completa-60-anos.htm>
 2_Superbloco centro de Chandigarh | Fonte: <https://www.hindustantimes.com/punjab/by-the-way-how-chandigarh-s-sector-17-is-stuck-with-its-self-image/story-DgaSeAdBwPRbfv0NFA7sNO.html>
 5_Skyway system - Minneapolis. Fonte:https://www.reddit.com/r/Minneapolis/comments/5l3tm5/a_new_skyway_map_by_rachel Brandon/ | <https://www.flickr.com/photos/diversey/46401414204>

Fonte: da autora (2020), a partir de Lang (2006, p. 27-33)

Em relação à prática, para Lang (2006) não existe um melhor. Todos os projetos urbanos lidam com uma série de questões de natureza universal, mas também de preocupações altamente específicas. Para atender essas especificidades é que a contribuição entre profissionais se torna essencial. Como enfatiza Dobbins (2011, p.68), “as soluções de *design* de cidades e locais de sucesso nunca podem sair de uma única cabeça”. As propostas de *design* devem ser apresentadas de maneira a permitir uma boa compreensão e visualização das transformações, mas também manter a flexibilidade necessária para se adaptar aos requisitos dos envolvidos na tomada de decisão (BEIRÃO, 2012). Maiores discussões sobre o processo colaborativo, envolvendo também outros instrumentos e métodos com o uso da tecnologia computacional serão feitas no decorrer desse trabalho.

Em função da necessidade de contribuição multidisciplinar, o processo de *design* urbano deve ser altamente argumentativo, de compartilhar ideias e testá-las de forma interativa, no qual os participantes aprendem as variáveis e os limites à medida que avançam (Figura 14). É preciso que o processo seja feito a partir de contínuas discussões sobre as variáveis que devem ser levadas em consideração e o que o bom *design* implica na situação em questão. O resultado desse processo, uma vez que não tem como objeto de trabalho um único elemento, deve ser um sistema de soluções em formatos que permitam uma fácil avaliação visual, suportada por ferramentas adequadas (BEIRÃO, 2012, p.30).

Figura 14 - Grupos de trabalho



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.701)

Tratando da inserção de tecnologias computacionais, especificamente a tecnologia paramétrica a ser explorada nesta dissertação, Steinø (2010) salienta a necessidade do processo colaborativo uma vez que a expertise necessária possa ser, caso não seja usada de maneira correta, um fator limitante e não libertador.

Embora uma abordagem de baixa tecnologia para o *design* urbano paramétrico, baseada no conhecimento da geometria, não seja apropriada para todos os desafios do projeto, ela representa um complemento significativo para as outras abordagens, principalmente em ambientes onde investigações iniciais e conceituais do projeto são feitas em um ambiente colaborativo (STEINØ, 2010, p.5 – tradução livre da autora).

Um exemplo desse tipo de processo colaborativo e envolvendo processos tecnológicos é o caso do *Functionmixer* (Figura 15). Desenvolvido pelo escritório holandês MVRDV, este software paramétrico faz parte de uma família de programas chamada *The Regionmaker*

desenvolvidos para atender à uma forte demanda por projetos de larga escala que acontecia no escritório na década de 1990.

Enquanto o *The Regionmaker* possuía uma série de funcionalidades multidisciplinares como suportar mapas, gráficos de estudo e acesso a banco de dados, importar e exportar imagens e *feeds* de vídeo de helicópteros ou satélites, conectar-se à *Internet* e usar o *design auxiliado por computador* (CAD) (THACKARA, 2006); a função principal do *Functionmixer* era auxiliar a interpretação e construção de grandes projetos através da combinação de diferentes usos do solo em um recorte urbano (GARCIA, 2016).

Figura 15 - *Functionmixer* – software desenvolvido pelo escritório MVRDV



Fonte: Garcia (2016, p.81-82)

A multidisciplinaridade dessa ferramenta se dá pelos parâmetros que o constituem. São doze parâmetros que tratam de características distintas como densidade, economia, clima, ruídos, entre outros. Ele possibilita a combinação desses parâmetros de acordo com critérios econômicos, sociais e/ou culturais. O objetivo era, a longo prazo, tornar o ambiente de decisão mais proativo e crítico. “O sistema do MVRDV tem o potencial de permitir que municípios, grupos de cidadãos e planejadores componham um bairro misto otimizado - mas eles precisam ser convidados a fazê-lo e mostrar como” (THACKARA, 2006, p.82).

Nota-se que o *design* urbano precisa ter uma base de conhecimento sólida. Ela pode ser melhor inserida na forma de uma teoria abstrata descritiva e explicativa e, segundo Lang (2006). depende fortemente de precedentes. Nessa utilização de precedentes, o autor destaca que estudos de casos podem fornecer evidências empíricas dos processos e métodos usados para atingir fins específicos. No presente trabalho, essa base de conhecimento sólida e consagrada será apresentada no próximo tópico desse capítulo.

Para Beirão (2012), o *design* sempre tem um certo grau de experimentalismo e de conhecimento cultural estabelecido. O processo geralmente flui através de três processos: análise, síntese e avaliação. No decorrer dessas etapas existem contínuas reflexões e negociações entre os problemas e as soluções testes e é a partir desses ciclos que os *designers* urbanos tomam decisões.

2.3 CHRISTOPHER ALEXANDER

Como visto no tópico sobre o breve histórico da forma urbana, grandes mudanças técnicas, econômicas e sociais que aconteceram durante e posteriormente ao século XIX serviram como catalisadores para o nascimento e a rápida disseminação dos ideais do Movimento Moderno na Arquitetura e no Urbanismo que resultaram em uma novo estilo com características e princípios fortes. No entanto, essa busca incansável da estética modernista também produziu espaços e cidades desconfortáveis e inóspitas.

Foi nesse cenário de mudanças urbanas e a valorização do edifício e da máquina em detrimento do ser humano que atuou o matemático, arquiteto e urbanista, Christopher Alexander. Nascido em Viena no ano de 1936 e educado na Inglaterra, Alexander formou-se na Universidade de Cambridge e estudou arquitetura na mesma instituição mas, segundo alguns autores, não chegou a se formar (MOREIRA, 2007). Completou sua educação nos Estados Unidos, onde doutorou-se em Arquitetura pela Universidade de *Harvard*; sua tese intitulada ‘*Notes of the synthesis of form*’ (Ensaio sobre a Síntese da Forma) foi publicada em 1964 e até hoje é uma obra de grande importância para a historiografia arquitetônica.

Alexander foi um vocal crítico dos espaços urbanos que haviam sido e estavam sendo gerados pelos princípios do Movimento Moderno. Sua resposta foi a dedicação de toda sua carreira (mais de cinquenta anos) ao desenvolvimento de três teorias únicas e intimamente relacionadas do *design* arquitetônico e urbano (DAWES e OSTWALD, 2017).

Barros (2008) afirma que as obras de Alexander têm um certo caráter investigativo acerca das relações mútuas entre os seres humanos e o ambiente em que vive. Mais claramente em Alexander *et al.* (1977) vê-se claramente um profundo conteúdo humanizador advindo de observações de atributos espaciais de lugares vistos como bem sucedidos.

Existem muitas críticas sobre alguns pontos presentes nas teorias desenvolvidas por Alexander; algumas delas serão apresentadas no decorrer desse tópico. No entanto, como bem argumenta Peixe e Tavares (2018), uma coisa é comum a todas as fases da carreira desse autor: “ele sempre esteve querendo buscar ou conhecer o método mais correto de fazer arquitetura, acreditando a cada passo estar mais próximo de encontrá-lo”.

Mesmo quando ele próprio passou a criticar seus posicionamentos e teorias anteriores, colocando em questão sua própria obra, sua importância para o campo disciplinar não acabou. Pelo contrário, mostrou-se auto crítico e interessado em apontar o que achava mais correto em relação ao espaço vivido, mesmo que fosse contrariar sua própria produção intelectual.

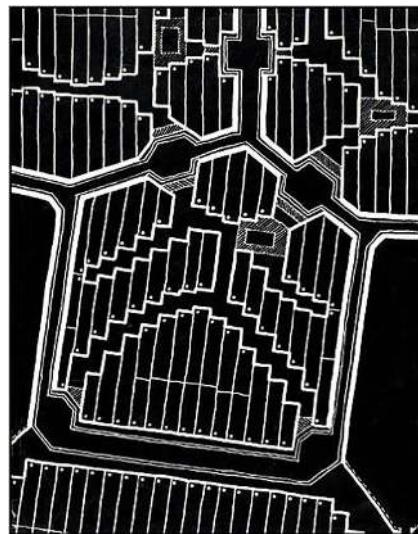
Além disso, Bayazit (2004, p.21) destaca que “mesmo tendo rejeitado a ideia de métodos de *design*, ele continuou a aplicar sua própria linguagem de padrões para projetar problemas e participação no *design* do usuário, utilizando padrões prontos, em vários lugares do mundo”.

Alexander iniciou sua longa trajetória sobre o modo de projetar e construir, usando recursos sistêmicos, matemáticos, empíricos e, por último, participativos. Ele tinha como objetivo inicial, segundo Queiroz (2004), tornar o ato de projetar e construir uma atividade mais científica.

Para além das contribuições de natureza teórica que serão discutidas no decorrer desse tópico, Christopher Alexander influenciou o cenário da prática da Arquitetura e do Urbanismo participativo. No contexto latino-americano, projetou, juntamente com uma equipe de profissionais, um assentamento no Peru (BATTAS, 2015). Esse projeto foi documentado e publicado no livro ‘*Houses generated by patterns*’ (Casas geradas por padrões), de 1969.

Na proposta documentada no livro, é possível identificar uma grande ênfase social no processo de construção de moradias com participação dos usuários e da observação de seus comportamentos para a geração de diferentes tipologias, que melhor se adequassem às suas necessidades, assim como a proposição de espaços coletivos para sua integração, visíveis no *masterplan* (Figura 16).

Figura 16 - *Masterplan* do projeto e capa da obra *Houses generated by patterns* (1969).



Fonte: <https://www.patternlanguage.com/bookstore/houses-generated-by-patterns.html>

Na cidade moderna, o carro é rei; o pedestre é feito para parecer pequeno. [O problema] Não pode ser resolvido mantendo os pedestres separados dos carros; é da natureza deles que eles precisam se encontrar. Mas onde eles se encontram, o carro

deve ser largado, simbolicamente, e **o mundo dos pedestres deve ter mais importância** (ANGEL *et al.* 1969, p.83 – tradução e negrito da autora).

Seja partindo de um ponto de vista mais metódico – presente em sua tese e em suas primeiras obras na década de 1960, sendo um dos fundadores do Movimento dos Métodos⁹ (*Design Methods Movement*) – até a mudança quase radical de sua postura, chegando a questionar o papel do projeto e ser bastante criticado no meio acadêmico nas duas últimas décadas, uma coisa é inquestionável na vida de Christopher Alexander: “ele sempre defendeu o apego a projetos que correspondessem às expectativas e necessidades dos usuários” (BATTIAUS, 2015, p.113).

É o fato de colocar o ponto de vista do usuário em destaque que justifica a escolha desse autor, e especificamente da obra ‘*A Pattern Language*’, para ser a base teórica principal dessa dissertação. Mesmo os maiores críticos reconhecem sua importância. Peixe e Tavares (2018) afirmam que estratégias propostas por suas obras podem constituir um embasamento flexível para a emergência de novas ideias e contribuir para a reflexão e prática do processo projetivo, em prol da melhoria da qualidade do ambiente construído.

Diante disso, o presente tópico pretende destacar inicialmente a importância das obras do autor Christopher Alexander sob uma perspectiva geral dos assuntos abordados, apontando o caráter contemporâneo de muitas de suas ideias e princípios, a fim de justificar a escolha dessa base teórica para ser articulada com os princípios do design urbano e atender às questões discutidas nos tópicos anteriores. Já no segundo subtópico, será apresentada e discutida de maneira mais profunda a obra ‘*A Pattern Language*’, enfatizando seu papel nesse trabalho e sua relevância para o tema.

2.3.1 Obras e relevância

Encontrar um equilíbrio é fundamental para a formação de cidades vivas, seguras, sustentáveis e saudáveis. Alguns problemas podem ser resolvidos através de um cuidadoso planejamento urbano e estudos de implantação, **mas é crucial que a arquitetura, ponto de partida dos edifícios isolados, contribua diretamente para a qualidade ao nível dos olhos** (GEHL, 2013, p.205 – negrito da autora).

A formação de Alexander como matemático foi determinante principalmente nos primeiros anos da década de 1960, momento que foi um expoente estudioso dos métodos de

⁹ Movimento que refletiu o início do entendimento de compreender melhor os processos de projeto. O Movimento dos métodos será mais aprofundado no próximo capítulo.

projeto e essencial nas primeiras fases do Movimento dos Métodos. Foi um importante nome a introduzir, ao entendimento do projeto, uma abordagem matemática e sistêmica.

Alexander estabeleceu a necessidade de considerar a independência entre os componentes – do projeto e da cidade – para que pudessem ser modificados, corrigidos ou alterados de acordo com a função que desempenhavam. Ele propunha que o processo de criação de formas seja antecedido pela sistematização, que quebra esse grande problema em subproblemas mais fáceis de serem resolvidos sem, no entanto, esquecer sua conexão e influência sobre os demais. Essas conexões deveriam ter um número suficientemente capaz de proporcionar um grau de liberdade suficiente para que o sistema possa se adaptar em um tempo hábil (MOREIRA, 2007; QUEIROZ, 2004).

Em ‘*Notes on the Synthesis of Form*’ (1964) esse pensamento sistemático fez-se bastante presente. O autor usa o raciocínio abstrato e, ao mesmo tempo positivista, influenciado por sua formação. Nesse ensaio, ele destaca que a forma resultante do projeto deveria satisfazer aos requisitos do contexto em que se insere, considerando seus componentes físicos; define o contexto como um composto de dados, axiomas e constantes, presentes no enunciado de um problema de matemática; e a forma como sendo a incógnita ou parte manipulável pelos arquitetos (PEIXE e TAVARES, 2018; QUEIROZ, 2004).

Essa atitude de olhar para o problema de projeto como um grande sistema já havia sido apresentado em 1962, quando Alexander apresenta seu artigo na primeira conferência de métodos de projeto¹⁰. Nessa oportunidade, ele descreveu um procedimento para identificar e projetar o que ele denominava componente físico que seria parte de uma estrutura física maior. Trazendo para a arquitetura, Moreira (2007) destaca que esse é um problema frequente, uma vez que “todo edifício faz parte de uma estrutura maior: a cidade. Mesmo projetos urbanos, como ruas, equipamentos e loteamentos, são componentes de estruturas hierarquicamente arranjadas dentro da cidade”.

Para Daws e Ostwald (2017), a primeira teoria da beleza arquitetônica se encontra ainda na tese de Alexander. Juntamente com ela, estava a crítica à arquitetura que estava sendo feita na época, resultante dos princípios do Movimento Moderno.

Edifícios tradicionais são o produto de um sistema de valores compartilhado em conjunto e de uma adaptação fragmentada às circunstâncias em mudança, que traz todas as 'forças' que afetam um design para um equilíbrio harmonioso. Em contraste,

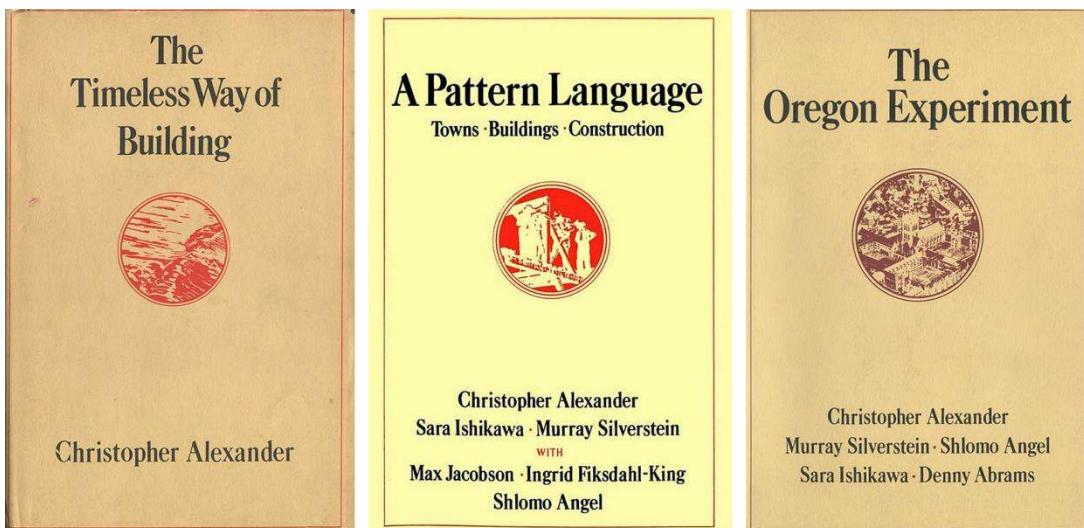
¹⁰ ‘The Conference on Systematic and Intuitive Methods in Engineering, Industrial Design, Architecture and Communications’ marcou o lançamento de metodologia de projeto como objeto de pesquisa. Aconteceu no ano de 1962 em Londres, Inglaterra (LACERDA, 2012).

a arquitetura contemporânea resulta da imposição de regras formais e conceitos abstratos em um único episódio de design, criando um resultado em que as 'forças' são desequilibradas (DAWES e OSTWALD, 2017, p.2).

Logo, sua posição era que os edifícios das sociedades tradicionais eram inherentemente mais bonitos que a arquitetura contemporânea da época. Ainda nessa linha de pensamento, no artigo ‘*A city is not a tree*’, de 1965, Alexander reafirma sua forte crítica ao Modernismo. Ele afirma que as cidades possuíam características naturais e espontâneas, essenciais à vida dos seus habitantes. Assim, não deveriam ser concebidas de forma simples como é a estrutura de uma árvore, nem deveria ter a concepção real da cidade em sua complexidade estrutural e social distorcida (PEIXE e TAVARES, 2018, BATTAUS, 2015).

A segunda teoria defendida por Alexander no decorrer da sua carreira, foi desenvolvida colaborativamente em três livros canônicos: ‘*The Timeless Way of Building*’ (ALEXANDER et al. 1979), ‘*A Pattern Language*’ (ALEXANDER et al. 1977) e ‘*The Oregon Experiment*’ (ALEXANDER et al. 1975) (Figura 17). Eram considerados por Alexander como três partes de um todo, apesar de poder serem lidos independentemente e serem completos em si. Como destaca Dawes e Ostwald (2017, p.2), as três obras, coletivamente, constituem uma das críticas mais sustentadas das décadas de 1960 e 1970 ao Movimento Moderno.

Figura 17 - Trilogia da segunda teoria defendida por Christopher Alexander.



Fonte: adaptado de <https://www.patternlanguage.com/bookstore/> (2019)

A segunda teoria altera um pouco o enfoque dado na primeira fase das pesquisas, uma vez que ele passa a adotar uma postura mais filosófica sobre o modo de projetar e construir. No decorrer dos três livros, discute os fundamentos, as condições e a estrutura básica, as causas e os princípios do projeto e da construção. Para o autor, e citado por Peixe e Tavares (2018), há um modo atemporal de construir e esse modo deveria ser aprendido, tanto pelos arquitetos como

pelos usuários. Para ele, não é possível fazer grandes cidades, nem grandes edifícios, nem lugares graciosos nos quais você se sente bem consigo mesmo, lugares em que você se sinta vivo, se não segue esse modo (PEIXE e TAVARES, 2018).

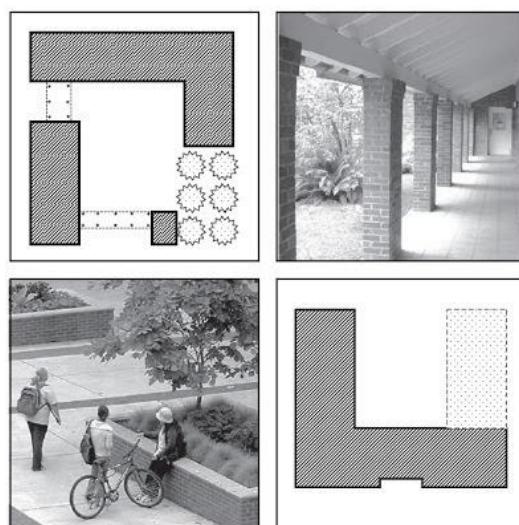
A partir dessa posição, Dawes e Ostwald (2017) criticam Alexander, afirmando que o autor demonstra uma visão de mundo limitadora e romantizada, que nega a existência de estilos de vida alternativos. No entanto, apesar de apontar um estilo de vida que seria ideal, Alexander destaca, em muitos momentos na obra ‘*A Pattern Language*’ a diversidade existente na cidade e a importância de considerar e respeitar os diversos grupos sociais que ali coexistem com seus desejos e aspirações diferentes.

[*The Timeless Way of Building*] diz que toda sociedade viva e inteira terá sua própria linguagem única e distinta; e ainda, que todo indivíduo em uma sociedade desse tipo terá uma linguagem única, compartilhada em parte, mas cuja totalidade seja única para a mente da pessoa que a possui. [...] Em uma sociedade saudável, haverá tantas linguagens de padrões, quanto há pessoas - mesmo que essas linguagens sejam compartilhadas e semelhantes (ALEXANDER *et al.* 1977, p.xvi – tradução livre da autora).

Na obra ‘*The Timeless Way Of Building*’, Alexander compartilha os princípios de sua teoria, já em ‘*A Pattern Language*’ o autor e sua equipe ilustram e traduzem esses princípios em um verdadeiro vocabulário para a cidade. Uma vez que esse segundo volume será o mais trabalhado no decorrer desse trabalho, ele será mais detalhado no próximo subtópico.

No terceiro livro da trilogia, *The Oregon Experiment* (1975) é descrita a aplicação da teoria no projeto de um campus para a Universidade de Oregon, Estados Unidos (Figura 18).

Figura 18 - Imagem do campus da Universidade de Oregon que põe *patterns* em prática



Fonte: <http://sworegonarchitect.blogspot.com/2013/05/the-oregon-experiment.html#.XYN4ZShKhPY>

O projeto para a universidade foi descrito seguindo seis básicos princípios:

- i) **ordem orgânica**, no qual o *design* do campus emerge através de um processo, não de um mapa. Ele sugere que o desenvolvimento ocorra orientado por políticas explicitamente debatidas e aprovadas e que articulem tradições e entendimentos compartilhados pela comunidade universitária e não definitivo e fechado por um plano diretor definitivo;
- ii) **crescimento incremental**: o crescimento do campus deveria acontecer em pedaços, sendo eles grandes e pequenos; reconhecendo assim o desenvolvimento gradual de um projeto;
- iii) **patterns**: princípios de *design* compartilhados que descrevem e analisam problemas, além de sugerir maneiras pelas quais eles deverão ser resolvidos;
- iv) **diagnóstico**: avaliação das condições existentes, informando as melhorias contínuas e promovendo uma análise periódica do campus, fornecendo continuamente um contexto para a implementação de novos projetos;
- v) **participação**: considerar o usuário em todo o processo de planejamento. Esse princípio é justificado pela ideia de que as pessoas mais diretamente afetadas pelos resultados do desenvolvimento estão melhor equipadas para orientá-lo;
- vi) **coordenação**: trabalho em conjunto, beneficiando o campus como um todo (ALEXANDER *et al.* 1975).

Nota-se que a importância da participação do usuário no processo projetual. Esta era para Alexander, a primeira condição para o bom êxito da atuação profissional do arquiteto (BATTIAUS, 2015). No entanto, os trabalhos mais recentes – como ‘*The Nature of Order*’ (A Natureza da Ordem), composto por quatro livros lançados entre 2002 e 2005 - demonstram uma visão de Alexander de uma sociedade de pura liberdade e que deve ser alcançada por meio de uma população ativa e que remodele seu ambiente (DAWES e OSTWALD, 2017).

Os recentes posicionamentos foram criticados pelo meio acadêmico uma vez que sua baixa opinião sobre os arquitetos – e seu papel fundamental como técnicos na área – desconsidera a complexidade do espaço urbano que necessita ser estudado e não apenas modificado a partir da vontade daquele que ali vive. A visão de uma total liberdade ao usuário, sem o papel do profissional para guiar e analisar as melhores escolhas, não é compartilhada por este trabalho assim como não estava presente na construção da segunda teoria de Christopher Alexander.

Diante dessa discussão, o presente trabalho pretende concentrar-se na segunda teoria, especificamente na obra ‘*A Pattern Language*’ (1977). Além dessa obra, esta pesquisa concorda com alguns pontos de sua perspectiva sistêmica de projeto defendida na década de 1960, tais concordâncias e relações com a contemporaneidade serão discutidas no próximo capítulo sobre projeto digital.

2.3.2 A Pattern Language (1977)

Como visto no subtópico anterior, o segundo livro da teoria mais conhecida de Christopher Alexander, traduz em um verdadeiro vocabulário para a cidade os princípios que haviam sido discutidos inicialmente no livro ‘*The Timeless Way Of Building*’ (1979).

Antes de destacar as contribuições dessa importante obra, faz-se necessário apresentar a ressalva feita por Queiroz (2004) em relação ao título (e tradução) da obra. O que o termo ‘padrão’ evoca em nossa língua portuguesa é diferente daquilo que Alexander *et al.* (1977) se referem . Em via de regra, a palavra ‘pattern’ (padrão) é lida no português brasileiro, pejorativamente, como algo repetitivo e de natureza determinista. Por isso, escolheu-se manter o termo no idioma original, facilitando a identificação do sentido apresentado em ‘*A Pattern Language*’.

Outro aspecto mal compreendido, segundo Beirão (2012, p.70), ocorre pelo fato esse termo [padrão] é usado sem nenhum outro adjetivo. Logo, muitas pessoas o interpretam de maneira consensual e o utilizam simplesmente para reconhecimento de padrões analíticos, ignorando a estrutura algorítmica que gera o comportamento gerativo. Contrário a isso, os *patterns* definidos por Alexander *et al.* (1977), assim como gramáticas de formas, podem ser usados tanto para fins analíticos, como para fins gerativos.

Contrária a essas noções equivocadas, os *patterns* que estruturam todo o corpo do texto retratam as inúmeras variáveis que norteiam os projetos arquitetônicos e urbanísticos, dentro da sua especificidade temática. Juntos, eles formam uma espécie de idioma e criam uma imagem coerente de uma região inteira; descrevem um problema e, em seguida, descreve o núcleo de solução para ele (ALEXANDER *et al.* 1977).

Moreira (2007, p.55) aponta que os *patterns* não pretendem estabelecer um procedimento rigoroso, mas uma estrutura onde a concepção precisa e clara em seus objetivos; ou seja, a finalidade não é criar uma solução única, mas um caminho – que deve ser personalizável quando necessário – para a busca de soluções para problemas que podem ou não ser presentes em diferentes contextos e culturas. “Cada *pattern* é um campo - não fixo, mas um

conjunto de relacionamentos, capaz de ser diferente a cada vez que ocorre” (ALEXANDER, 1979, p.223).

Para isso, Alexander *et al.* (1977) afirmam que é necessário, em primeiro lugar, observar os componentes do meio, tido como “coisas fundamentais” e, a partir daí, utilizar um processo comum para a produção de espaços e edifícios vivos, de maneira não mecânica (BATTIAUS, 2015, p.114). Essa não mecanicidade se comprova pelo incentivo que Alexander e seus colaboradores fazem aos leitores a continuarem a refinar os *patterns* nela contidos e a desenvolver seus próprios novos *patterns*.

Cada solução é apresentada de maneira a fornecer o campo essencial dos relacionamentos necessários para resolver o problema, mas **de uma maneira muito geral e abstrata - para que você possa resolver o problema por si mesmo**, à sua maneira, adaptando-o de acordo com suas preferências e as condições locais no local em que você está fazendo (ALEXANDER *et al.* 1977, p.xiii – tradução e negrito da autora).

Fazendo uma conexão com o que foi anteriormente discutido sobre *design* urbano, Beirão (2012, p.106) afirma que o conceito de padrões apresentado nessa obra, é “particularmente útil em termos de comunicação de intenções de *design*”. Por trás disso, está a ideia de que problemas típicos que ocorrem nos ambientes urbano e arquitetônico podem ser resolvidos com uma solução genérica, mas adequadas à cada situação, à cada conjunto de variáveis.

Ainda para Beirão (2012), a maneira pela qual os autores definem os *patterns* é abstrata o suficiente para ser aplicadas na maioria das circunstâncias e até mesmo ser personalizada para se adaptar à linguagem pessoal de um *designer*. A obra pretende reunir momentos de decisão em forma de problemas de projeto, principalmente aqueles já registrados e avaliados através de evidências empíricas, mas que precisam, antes de ser aplicados, ser discutidos e posteriormente aplicados ao *design* (QUEIROZ, 2004).

Em relação à estrutura do livro, os 253 *patterns* são divididos em três grandes partes: Cidades, Edificações e Construção. Eles são ordenados, começando pelo maior (regiões, cidades) e depois percorrendo bairros, grupos de prédios, salas e alcovas e terminando com detalhes de construção.

Além dessa classificação ‘macro’ por assunto, cada *pattern* é identificado por asteriscos (*) que indicam seu grau de precisão. Os autores explicam que alguns deles são mais profundos, mais percebidos que outros. No decorrer do texto, os *patterns* com dois asteriscos são aqueles que eles acreditam ter conseguido afirmar uma invariante, ou seja, que a solução apresentada

resume uma propriedade comum à muitas formas possíveis de resolver o problema declarado. Naquele marcados com um asterisco, os autores acreditam que houve alguns progressos na identificação de um invariante: mas que, com um trabalho cuidadoso certamente será possível melhorar a solução e, para tal, é necessário que cada leitor procure variantes no contexto a ser aplicado. Por fim, os padrões sem asterisco, afirmam que, com certeza, não conseguiram definir um verdadeiro invariante, e é um trabalho apenas de apontar o início do problema (ALEXANDER *et al.* 1977, p.xiv).

Como destaca Battaus (2015, p.114), “o livro constitui-se de uma compilação de parâmetros projetuais estabelecidos pelo arquiteto e sua equipe, com o intuito principal de auxiliar a interlocução entre profissionais e usuários”. Em todos os *patterns*, observa-se que o centro do discurso é, claramente, a qualidade de vida das pessoas no espaço construído (Figura 19). Eles são derivados das observações de atributos espaciais de lugares apreciados por seus usuários e incorporam conteúdo humanizador (PEIXE e TAVARES, 2018).

Contrário ao que pode ser interpretado como um “livro de receitas”, ‘A Pattern Language’ em momento nenhum afirma conter a solução definitiva e/ou única para problemas gerais. No primeiro volume, *The Timeless Way of Building* (1979), Alexander reitera que não deve-se esperar que as pessoas apenas copiem as soluções de um livro, e sim, da mesma maneira que cada pessoa tem uma “linguagem de padrões” em sua mente, diferentes vizinhanças terão diferentes particularidades que devem sempre ser consideradas ao aplicar os princípios apontados no decorrer de toda essa teoria. Essas diferentes interpretações e adequações acabam por gerar diferentes versões dos *patterns*.

Interpretar e utilizar os *patterns* não deve estar condicionado à uma aplicação totalmente exata nem extremamente diferente, mas “você deve expressar e visualizar um *pattern* como uma espécie de imagem fluida, um sentimento morfológico, uma intuição em turbilhão sobre a forma, que captura o campo invariante que é o *pattern*” (ALEXANDER, 1979, p.263).

Figura 19 - Pattern 25: Access to water



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.135)

Salingaros (2000) ressalta que apesar das críticas à ‘*A Pattern Language*’ serem válidas em alguns pontos, seja por refletirem a filosofia de vida consoante mais presente na década de 1960 ou por ser, em alguns casos, interpretada como radical e difícil de ser incorporada na contemporaneidade, esse livro oferece uma visão muito interessante de princípios que favorecem a conexão do espaço construído com os seres humanos (BARROS, 2008, p.30).

Apesar de ter, na época de lançamento do livro, abandonado e até criticado a posição de destaque que havia tido no Movimento dos Métodos, Peixe e Tavares (2018) notam que Alexander demonstra a necessidade de se refletir sobre a concepção e construção do pensamento projetual no decorrer de ‘*A Pattern Language*’.

Outra posição de Alexander que pode ser claramente vista na construção do livro em questão é a noção de sistema. Os 253 *patterns* podem, segundo o autor, gerar uma grande variedade de combinações por aqueles que desejam construir espaços mais vivos. Lousinha (2018) faz a analogia com um idioma ao comparar cada palavra como um elemento de intervenção projetual, um *pattern*, que por si só não poderia funcionar mas que necessita da interação com outras palavras/*patterns*.

Embora formem um sistema de elementos em interação, cada um dos *patterns* também pode ser resolvidos de forma autônoma, ainda que de maneira inicialmente abstrata ou conceitual, para depois seguir a um conjunto de informações que determinará a forma arquitetônica ou intervenções urbanas (QUEIROZ, 2004).

Apesar de serem organizados no livro em uma ordem na qual os primeiros tratam de assuntos amplos relativos à escala de cidade e regiões e os últimos detalham processos construtivos, Alexander (1979) salienta que não existe a obrigatoriedade de estabelecer relações

fixas entre eles. “Quando você começa a pensar em relações entre *patterns*, não está levando em consideração o fato de que todo *pattern* é uma regra de transformação” (ALEXANDER, 1979, p.400)

Beirão (2012) reitera que a ordem de aplicação não se baseia nessa estrutura *top-down* e sim na interpretação do contexto, permitindo que a abordagem sistêmica desses princípios sejam aplicados em diferentes situações e em diferentes escalas. Nesse trabalho a autonomia dos *patterns* será explorada e detalhada assim como as conexões entre eles.

Os assuntos abordados nos *patterns* são variados (Figura 20), discutem desde o *design* de sistemas viários até especificidades como o local onde deve ser colocada uma escada em uma edificação. Levando em conta o nível de complexidade desse conjunto e o objetivo da pesquisa ser aplicar princípios (presentes nos *patterns*) relacionados à vida e forma urbana edificada, será feito uma série de análises nos padrões, buscando qual(is) se encaixam nos assuntos discutidos nessa trabalho e que podem compor o sistema traduzido para a tecnologia paramétrica.

A escolha e aplicação dos *patterns* seguem o que Barros (2008, p.38) aponta: “Os *patterns* só devem ser usados como guias para o desenvolvimento de conceitos de projetos e não como receitas prontas. O projetista deve estar apto a fazer mudanças e acomodações”. O passo a passo dessas análises e o detalhamento dos *patterns* que serão utilizados para o desenvolvimento do sistema de código paramétrico será feito no Capítulo 5, juntamente com a descrição do desenvolvimento do código em questão.

Figura 20 - *Patterns* de acordo com os assuntos

PATTERNS CLASSIFICADO POR ASSUNTO
1-7 PARA A REGIÃO
8-27 PARA UMA CIDADE
#28-48 PARA VIZINHANÇAS E BAIRROS
#49-74 PARA ÁREAS PÚBLICAS EM UM BAIRRO
#75-94 PARA PROPRIEDADES E INSTITUIÇÕES
#95-126 PARA LAYOUT AMPLO DOS EDIFÍCIOS
#127-158 PARA O EDIFÍCIO E SEUS AMBIENTES
#159-178 PARA OS JARDINS E OS CAMINHOS ENTRE EDIFÍCIOS
#179-204 PARA OS CÓMODOS E ARMÁRIOS DENTRO DELES
#205-213 PARA A CONFIGURAÇÃO GERAL DA CONSTRUÇÃO
#214-232 PARA OS DETALHES DA CONSTRUÇÃO
#233-252 PARA DETALHES, CORES E ORNAMENTOS

Fonte: da autora (2020), adaptado de Alexander (1979)

Além de ser uma extensa fonte de conteúdo para o *design* urbano, o caráter algorítmico do livro também é creditada por inspirar o desenvolvimento de linguagens de programação, base para maioria dos *softwares* atuais (DAWES e OSTWALD, 2017).

O movimento *New Urbanism*, que reconfigurou cidades norte-americanas na década de 1990, também foi influenciado pela obra aqui discutida, como apontam Dawes e Ostwals (2017). Essa influência, no entanto, não considerava características primordiais da obra de Alexander, como a participação do usuário ou a busca por ferramentas eficazes de comunicação entre profissionais e leigos (BATTIAUS, 2015).

Diante do exposto, a relevância da obra *A Pattern Language* é evidente até os dias atuais. Apesar das críticas, tal como o uso indevido do termo científico quando na verdade tratava-se de hipóteses, ou o caráter parcialmente romântico das propostas em alguns padrões, a obra ainda é considerada como um artefato histórico digno de exploração adicional (DAWES e OSTWALD, 2017). É nessa exploração adicional que esse trabalho se enquadra.

2.4 CONCLUSÕES SOBRE O CAPÍTULO 2

Ao longo do tempo, as pessoas têm procurado melhorar muito - comer melhor, dormir melhor, sentir-se melhor, viver mais, trabalhar com mais facilidade e eficácia, relacionar-se melhor e, para apoiar essas aspirações, melhorar o ambiente físico em que se encontram. **As atividades das pessoas moldam esses lugares, e as características físicas e simbólicas desses lugares, por sua vez, podem moldar nosso comportamento** (DOBBINS, 2011, p.128 – tradução e negrito da autora).

Diante do exposto, pode-se concordar com Lang (2006) ao afirmar que a cidade vai continuar sendo uma colagem de partes, algumas distintas e outras uma mistura. Esse entendimento deve provocar uma aceitação das diferentes formas que a cidade pode assumir e uma busca de como melhor lidar com essa característica. É importante que a cidade ofereça um rico conjunto de oportunidades comportamentais e exibições estéticas que enriquecem a vida de todas as pessoas que a constituem (LANG, 2006).

Além da compreensão da complexidade formal que a cidade pode assumir, é necessário compreender que vilas e cidades têm funcionamentos diferentes em diversos momentos do dia, da semana e da estação do ano (DOBBINS, 2011). A relação que a massa edificada estabelece com esses distintos estados da cidade precisa ser considerada no entendimento e na conceituação das escolhas para o futuro.

O dinamismo que existe no ambiente da cidade não é, como aponta Beirão (2012), considerado no processo tradicional de planejamento e desenho dos espaços urbanos (Figura 21). Tal processo, em via de regra, estabelece *layouts* autoritários sem espaço para incrementalidade, flexibilidade, adaptabilidade e, principalmente, liberdade de criar espaços individuais e próprios de cada grupo social.

Figura 21 - Planejamento atual e vizinhanças.



Today's pattern of development destroys neighborhoods.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.81)

Cientes dessa complexidade, e em termos de procedimentos administrativos, Lang (2006) salienta que muitos países tendem a separar as atividades de planejamento e de intervenção no espaço urbano. Tal separação ocorre no sentido de admitir a necessidade de um trabalho em conjunto de diferentes profissionais no processo de tomada de decisão.

Nesse sentido, e como foi enfatizado no tópico 2.2, o *design* urbano aparece como uma maneira de lidar com as alterações do espaço urbano considerando uma grande quantidade de esferas que as envolvem. O processo gerativo de *design* urbano permite dinâmicas entre a exploração do *design*, de dados e de aspectos imateriais, como o impacto de determinado empreendimento no seu contexto, e não apenas qual o impacto do contexto no empreendimento.

Assim, o *design* urbano baseia suas decisões na análise territorial, incluindo análise de contexto para embasar uma tomada de decisão participativa. Nesse processo, o papel do projetista é introduzir visão e habilidades especializadas, de modo interativo a fim de permitir um fluxo bidirecional entre a formulação e a solução do problema (BEIRÃO, 2012).

Percebe-se então que, na busca de flexibilidade para o processo projetual, o técnico necessita estar embasado em princípios que considerem a maior quantidade de variáveis possíveis e necessárias para o manejo do espaço urbano. Nos tópicos presentes nesse capítulo foram apresentadas algumas das teorias do matemático, arquiteto e urbanista Christopher Alexander, com destaque para o livro '*A Pattern Language*' como uma obra relevante e com princípios interessantes que podem ampliar o entendimento da cidade como um sistema de elementos materiais e imateriais em constante relacionamento.

Formada por elementos, denominados *patterns*, que tratam desde planejamento urbano até detalhes construtivos, a obra com mais de 1.100 páginas, apresenta a ocorrência de

problemas no ambiente e uma solução aberta à adaptações suportada por evidências empíricas, táticas ou científicas. Esses padrões são estruturas algorítmicas que podem ser usadas para gerar múltiplas soluções de *design* (BEIRÃO, 2012).

Dawes e Ostwald (2017) afirmam que usuários da linguagem apresentada pela obra de Alexander podem se beneficiar de uma compreensão mais profunda de como os problemas encontrados estão conectados a questões relacionadas ao desenvolvimento e a conceituação da teoria. No entanto, é justamente por ter uma maior compreensão da complexidade e a característica sistêmica da cidade que a aplicação dos princípios e os testes de seus resultados pode ser uma atividade difícil.

É com essa dificuldade em mente que o próximo capítulo conecta-se com a problemática em questão. A situação atual de desenvolvimento tecnológico, especificamente de *softwares*, têm ampliado consideravelmente as possibilidades de compreender a cidade e sua crescente complexidade. Nesse sentido, esse trabalho acredita que a inserção de processos utilizando programação, simulações e análises computacionais funcionam como variáveis importantes na construção do processo de projeto e no embasamento da tomada de decisão.

FOTO: MARSHALL HIRSH | LES HALLES, PARIS | 1950



3 PROJETO DIGITAL: TECNOLOGIA PARAMÉTRICA COMO BASE EXPERIMENTAL

O progresso futuro do desenho assistido por computador será, portanto, mais frutífero se prestarmos mais atenção ao que o ser humano pode fazer, o que o computador pode fazer e as possibilidades de diálogo entre eles (BROADBENT, 1976, p.300 – tradução livre da autora).

Como abordado no capítulo anterior sobre forma urbana edificada, o uso de bases experimentais é uma necessidade cada vez mais visível nos processos de tomada de decisão nos projetos urbanos. Jacobs (1993), afirma que as cidades são imensos laboratórios de tentativa e erro, fracasso e sucesso na construção de cidades. Nesse laboratório, “o planejamento deveria estar aprendendo e formando teorias a partir das experiências, no entanto, os profissionais ignoram o estudo do sucesso e do fracasso na vida real e são guiados por princípios derivados apenas de comportamento e da aparência desses espaços” (JACOBS, 1993, p.9).

No contexto atual de degradação contínua do meio ambiente e uso desenfreado dos recursos naturais, sabe-se que tratar a cidade como um laboratório de tentativa e erro sem fim é uma atitude irresponsável e com sérias consequências. Logo, faz-se necessário que as atitudes modificadoras no espaço urbano sejam cada vez mais acertadas e prudentes.

Entende-se, então, que a inserção de tecnologias computacionais pode ser um importante auxílio nos processos de tomada de decisão. Estudos sobre esse tema surgiram desde meados do século passado, mas sua utilização na prática de projeto urbano ainda é primária (STEINØ, 2010). A fim de compreender mais sobre essa discussão, o presente capítulo objetiva apresentar uma evolução do processo de desenvolvimento computacional na prática da arquitetura e do urbanismo; abordar suas influências no processo de método projetual e na atividade profissional bem como apontar os principais modelos de projetos que utilizam ferramentas digitais.

Para tal, o presente capítulo estrutura-se em duas principais partes e uma conclusão, organizada segundo a estrutura apresentada na figura 22.

- I. **Emergência da Tecnologia computacional no projeto:** breve recapitulação histórica dos principais métodos projetuais e dos modelos de projeto digital que estabelecem relação com essa pesquisa;
- II. **Urbanismo Paramétrico:** breve evolução tecnológica e teórica até o design paramétrico e principais aplicações no projeto de arquitetura e urbanismo;
- III. **Conclusões.**

Figura 22 - Esquema da estrutura do capítulo sobre Projeto Digital



Fonte: da autora, 2020

3.1 EMERGÊNCIA DA TECNOLOGIA COMPUTACIONAL NO PROJETO

3.1.1 Movimento dos Métodos

Em decorrência das necessidades advindas do período Pós Segunda Guerra, diversas áreas do conhecimento passaram por um processo efervescente de inovação e avanço tecnológico que marcaram o século XX e toda a história da humanidade desde então.

Nesse contexto, a crescente inovação no meio científico, principalmente nas áreas de comunicação e controle de sistemas, possibilitou o aumento do acesso a dados e do compartilhamento e utilização de informação para os mais diversos fins, contribuindo cada vez mais para o nascimento e crescimento do processo de globalização.

Simultaneamente ao crescimento de grandes potências econômicas, principalmente os Estados Unidos, muitas cidades europeias encontravam-se em condições estruturais precárias devido aos bombardeios da Segunda Guerra e necessitando de soluções imediatas para suas reconstruções.

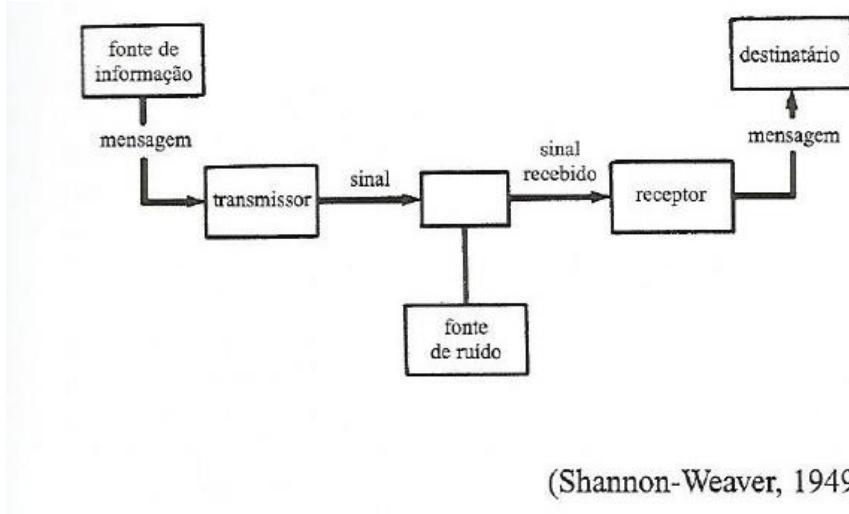
Os avanços tecnológicos, as novas técnicas e modelos científicos foram direcionados para a busca de soluções para essa problemática. Assim, os métodos de projeto (*design methods*) nasceram da aplicação de técnicas científicas do Pós Guerra na resolução de problemas projetuais (BAYAZIT, 2004; MOREIRA, 2007).

Exigia-se que o projeto fosse preciso, uma vez que os meios para isso estavam ao alcance do projetista. As informações e técnicas eram muitas, e deveriam permitir a construção ou a reconstrução de cada sociedade (MOREIRA, 2007, p.10) .

As principais teorias e técnicas desenvolvidas nesse contexto e que embasaram o surgimento de novos métodos de projeto foram: Teoria da informação; Teoria dos Sistemas; Cibernetica e Pesquisa Operacional (PO). A fim de compreender como essas teorias foram base para as mudanças no processo projetual, suas principais características e contribuições serão brevemente expostas a seguir.

A **Teoria da Informação**, também conhecida como Teoria da Comunicação, foi proposta em 1948 por Claude E. Shannon, secundado por Warren Weaver e buscou estudar os limites fundamentais e objetivos do processamento e transmissão de sinais. Essa teoria de cunho matemático quantifica a transmissão de determinada informação e tinha como fim principal, projetar um esquema matemático que possibilitasse transmitir o máximo de informações com o mínimo de distorções em um menor período de tempo. O esquema linear de transmissão da informação segundo Shannon e Weaver pode ser entendido pela figura 23.

Figura 23 - Transmissão de sinais segundo a Teoria da Informação.



(Shannon-Weaver, 1949)

Fonte: <https://medium.com/das-teorias/muito-al%C3%A9m-da-matem%C3%A1tica-86ea952e10bf>

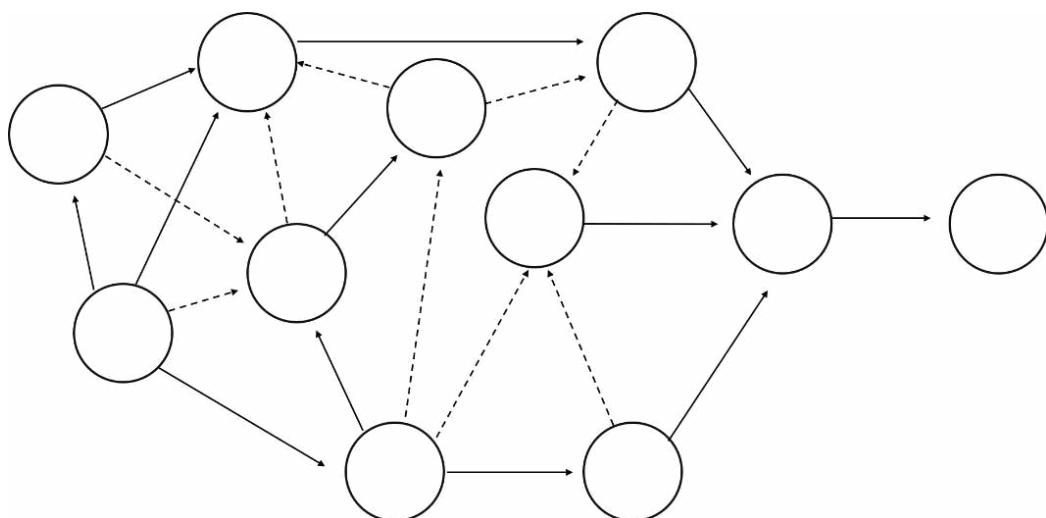
Apesar de ser uma teoria matemática, as aplicações da Teoria da informação alcançaram diversas áreas do conhecimento inclusive nas ciências humanas e é, segundo Pineda (2006), um dos pilares da chamada Era Digital. Sua aplicação no método de projeto se dá, principalmente, por um dos pontos fundamentais da teoria: a Entropia.

A entropia trata-se de um estado e de uma tendência: o estado como o grau de desorganização e a tendência à desorganização da matéria. A partir do entendimento da entropia, se faz possível entender – e prever – o grau de causalidade, de indeterminação de algo, e é nesse ponto que a Teoria da Informação contribui de maneira mais direta com os métodos de projeto e na tomada de decisão.

Ao conseguir prever – e identificar – uma grande quantidade de possíveis soluções, o projetista é capaz de embasar de maneira mais acertada sua decisão e alcançar um resultado adequado para cada situação. Essa capacidade de ser preciso, como já mencionado anteriormente, foi extremamente necessário no cenário Pós Guerra, assim como é atualmente. Segundo Lang e Burnette (1974), projetar é um processo mais complexo e mais contraditório do que os arquitetos admitem. Também requer um esforço mais disciplinado do que a maioria dedica. Novas técnicas e métodos são necessários para ajudar a lidar com a complexidade e a contradição na definição, no *design*, na comunicação, implementação e avaliação de problemas.

A segunda teoria a ser brevemente descrita é a **Teoria dos Sistemas**. Proposta pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy na década de 1960, ela propunha uma relação metafórica com organismos vivos para análise e entendimento da estrutura e do funcionamento de organizações, ou seja, formulações conceituais para aplicações em realidade empírica (CHIAVENATO, 2003). Nessa teoria, o ‘sistema’ seria um conjunto de partes inter-relacionadas que trabalham na direção de um objetivo, como pode ser ilustrado pela figura 24.

Figura 24 - Composição visual de um sistema em direção a um objetivo (Teoria dos Sistemas)



Fonte: adaptado de danielbertoli.synthasite.com (2019)

Essa teoria é composta por uma série de conceitos interessantes como fronteiras, ambiente, homeostase, realimentação (*feedback*) que podem ser comparados facilmente com elementos e etapas do processo projetual. Assim como a Teoria da Informação, ela também contribui na formulação de métodos, uma vez que destaca a importância de ter uma maior clareza na estrutura e nos elementos de um projeto.

Segundo Broadbent (1976), utilizar uma aproximação sistêmica e suas ramificações, pode ajudar o projetista a ter uma visão global de sua tarefa. Além disso, contribui para neutralizar o perigo incipiente de atribuir um maior peso, no projeto, aos fatores facilmente

quantificáveis. Essa abordagem sistêmica facilita o caminho para estruturar a entrada de informações no projeto, de modo que todo os fatores relevantes representem um papel apropriado na definição do projeto final.

A terceira teoria a ser discutida é a **Cibernética**. Proposta por Norbert Weiner, em 1964, une aspectos e conceitos das teorias anteriormente citadas, tais como: formas de comunicação e manipulação da informação. Segundo Von Foerster *et al.* (1996), essa teoria nasce da busca de Weiner por uma maneira de construir máquinas que tivesse um propósito e um objetivo, e operassem de tal modo a corrigir seu próprio funcionamento, manter-se e cumprir seus objetivos.

Ela também aprofunda a discussão sobre sistemas, abordando a capacidade de adaptação e reajuste e que passou a ser aplicada em sistemas de diversas naturezas e para diferentes objetivos, além das máquinas. Nesse sentido, a principal característica desses sistemas seria a constante possibilidade de modificação, seguindo o princípio de *feedback* no qual suas informações sobre seu desempenho seriam usadas como base para alterar suas partes [BUCKLEY, 1976 (1967) *apud* MOREIRA, 2007].

Aplicando à realidade do método de projeto, a Cibernética contribui para o entendimento que a flexibilidade e a adaptabilidade nas decisões projetuais é algo necessário. Moreira (2007), enfatiza que o projeto de um objeto ou de um sistema não opera em condições reais, logo, seu desempenho pode apenas ser previsto. Testes e previsões precisam ser feitos de maneira a resultarem em informações que sirvam como base para evolução projetual. Além disso, o próprio projeto deve prever que o objeto projetado possua mecanismos de controle e alteração para que se mantenha em equilíbrio com o ambiente.

A **Pesquisa Operacional (PO)** é primeiramente atribuída às ações militares ocorridas nos primórdios da Segunda Guerra Mundial. Seu objetivo naquele contexto bélico era a busca de soluções organizacionais e administrativas na gestão de sistemas táticos e estratégicos. Os responsáveis pela prática das primeiras POs foram grupos de cientistas que buscaram, entre outras coisas, métodos mais eficientes de emprego de novas ferramentas, como o radar (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

Após a Guerra, com o *boom* industrial e com os problemas da crescente complexidade e especialização das organizações mundiais, as POs se tornaram mais uma vez necessárias em setores comercial, industrial e governamental. De maneira geral, a aplicabilidade dessa teoria é imensa uma vez que ela envolve pesquisa sobre operações, sendo essas operações das mais diversas naturezas, para os mais diversos fins, incluindo a atividade projetual.

Não há um consenso em relação às etapas dos métodos da PO Broadbent (1976), Churchman e Sargeaunt (1957 *apud* BROADBENT, 1976, p.182) sugerem sequências diferentes de etapas, mas, de maneira geral, se aproximam das etapas discutidas por Hillier e Lieberman (2013, p.2):

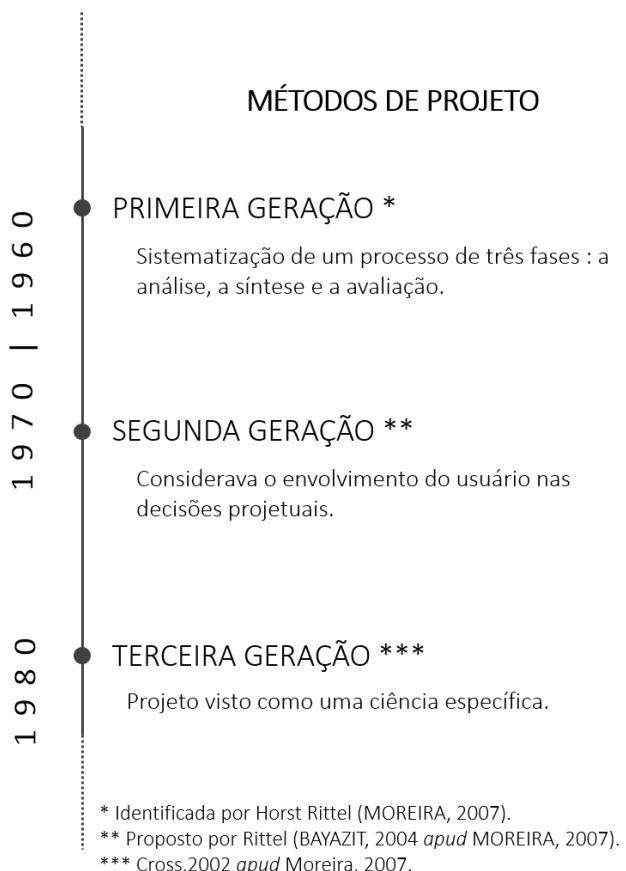
- a) Formulação cuidadosa do problema (incluindo o levantamento cuidadoso de dados);
- b) Construção de um modelo científico (tipicamente matemático) a fim de abstrair a essência do problema real;
- c) Estabelecimento da hipótese se esse problema identificado é uma representação suficientemente precisa das características essenciais da situação;
- d) Experimentações para testar essa hipótese, que corresponde à validação do modelo.

Métodos projetuais

Entre as muitas mudanças revolucionárias deste século, talvez as mais profundas sejam as mudanças nos métodos mentais que podemos usar para sondar o mundo (JACOBS, 1993, p.558- tradução livre da autora).

Embassados nas teorias anteriormente expostas, os primeiros métodos de projeto surgiram na década de 1960. De forma geral, eles buscavam aplicar métodos científicos nas questões de projeto e se aproximavam principalmente com os princípios da Pesquisa Operacional. Moreira (2007), divide a evolução desses métodos em três principais gerações (Figura 25).

Figura 25 - Gerações dos métodos de projeto



Fonte: adaptado de Moreira (2007).

A clara aproximação dos métodos de projeto com a PO estava principalmente relacionada à formulação de hipóteses para a resolução de problemas e na verificação dessas hipóteses (MOREIRA, 2007). Além disso, a percepção sistemática do projeto ao visualizar o conjunto de elementos que o compõem e que operam para cumprir um objetivo também remete à PO e à Teoria dos Sistemas.

A grande quantidade de pesquisas e estudos sobre esses métodos vem consolidando, desde seu surgimento, o assunto como uma disciplina completa e estruturada (MOREIRA, 2007). Nesses mais de 60 anos, as pesquisas e contribuições na área dos métodos projetuais se ramificaram em diversos eixos temáticos.

Alguns desses eixos foram listados por Moreira (2007): I) controle do processo projetual (no qual alguns dos maiores estudiosos foram John Christopher Jones, Christopher Alexander, Bruce Archer e John Luckman); II) estrutura dos problemas de projeto (Estudado por Peter Levin, Christopher Alexander, Barry Poyner, Horst Rittel, Melvin Webber e Herbert Simon); III) natureza da atividade (Jane Darke, Ömer Akin, Bryan Lawson, John Thomas e John Carroll); e IV) filosofia do método (Geoffrey Broadbent). Em comum a todos os novos

métodos, externalizar o processo de *design (design thinking)* é o ponto principal que os diferencia dos métodos tradicional de projeto (JONES, 1970).

Uma grande vantagem de trazer o *design thinking* para o público é que outras pessoas, como os usuários, podem ver o que está acontecendo e contribuir com informações e *insights* que estão fora do conhecimento e da experiência do projetista (JONES, 1970, p.45 – tradução livre da autora).

Além dos eixos de pesquisa, Moreira (2007) também destaca as contribuições desses métodos dentro da arquitetura e do urbanismo. Essas contribuições podem ser vistas no programa arquitetônico, na Avaliação Pós-Ocupação (APO), na Inteligência Artificial, no *Design Thinking* e na inserção e aplicação de técnicas computacionais no processo de projeto, gerando formas e otimizando a solução de problemas. É nesse último caso que essa pesquisa se concentra e pretende investigar com maior profundidade.

Como apontado por Alexander (1964), a capacidade cognitiva e criativa do homem é limitada. Determinados problemas são difíceis para o cérebro humano processar e posteriormente resolver, principalmente quando possuem, simultaneamente, um grande número de variáveis. A necessidade de agregar ao processo projetual ferramentas que possuam maior capacidade de processamento de informação simultânea se torna cada vez mais notória.

3.1.2 Modelos de projeto digital

Os modelos são necessários pela complexidade da realidade ... [eles] ... transmitem, não toda a verdade, mas uma parte útil e comprehensível dela (HAGGETT, 1965, p.19 *apud* MCLOUGHLIN , 1973 - tradução livre da autora).

Inicialmente é importante definir o termo ‘Projeto digital’. Segundo Kolarevic (2003, p. 28), ele é um novo território conceitual, formal e de exploração de uma nova tectônica, que advém com processo de projeto digital, abre espaço para uma morfologia arquitetônica que está focada em propriedades emergentes e adaptativas da forma. Nesse sentido, o conceito de estável, sólido, duradouro é substituído pelo de variedade, singularidade e multiplicidade. Oxman (2006), enfatiza que mais que um conjunto de preferências formais, ou abandono de abordagens tradicionais ao conhecimento formal e tipológico, explora novas formas e relações entre o designer, a imagem e a informação.

A partir do desenvolvimento computacional e da inserção cada vez mais significativa de *softwares* auxiliando diversas áreas de conhecimento, na área de projeto, a utilização dessas tecnologias passou a atingir cada vez mais partes do processo projetual. Além do uso

instrumental do computador na representação, concepção e mais recentemente fabricação, o chamado ‘projeto digital’ tem influenciado a estrutura metodológica de projeto.

Apesar dos recentes avanços na produção de pesquisas teóricas, segundo Oxman (2006), ainda não existe uma formulação precisa sobre a prática de projeto digital. Segundo ela, o *design* digital passou por um período notável de absorção, exploração, prática e alguma materialização, no entanto os fundamentos teóricos ainda são não-formulados. Externalizar o pensamento metodológico relacionado com a prática digital, torna possível não apenas a automação do *design* usando o computador para acelerar partes de construção (JONES, 1970), mas possibilita maior integração multidisciplinar uma vez que a lógica de pensamento externalizada torna-se aberta à contribuição.

Nesse sentido, a fim de explicar as principais contribuições do projeto digital, Oxman (2006) define cinco modelos de projeto. Esses modelos revelam as aplicações atuais do uso da tecnologia no processo de *design* e indicam os possíveis avanços dessas aplicações para o futuro da prática projetual arquitetônica e urbana. Como apontado por Andrade (2012), a estrutura usada por essa autora baseia-se em quatro principais componentes que representam as quatro classes de atividades de projeto: **representação, geração, avaliação e desempenho**.

Os modelos apontados por Oxman (2006) são: **modelo CAD (Computer-Aided Design)**, **modelo de formação**, **modelo generativo**, **modelo de desempenho** e, por último, **modelo composto**. Eles serão brevemente expostos nesse tópico a fim de destacar os resultados da inserção computacional e, dentro do contexto de sua aplicação, alguns conceitos importantes que serão essenciais no desenvolvimento dessa pesquisa.

Modelo CAD

O modelo CAD foi o primeiro exemplo de utilização computacional na prática projetual – como já mencionado no tópico sobre o histórico da inserção computacional – e representou uma transição do processo de projeto baseado no papel para o digital. Existem subclasses nesses modelos que são: Modelo CAD Descritivo, Modelo CAD Descritivo com processo digital bidirecional e modelo CAD para avaliação (ANDRADE, 2012).

O modelo CAD descritivo é o modelo tradicional do uso de representações gráficas formais 2D ou 3D na plataforma digital (Figura 26). Essa representação é feita com *softwares* de representação, modelagem e renderização geométrica. A interação entre o *software* e o projetista ocorre através de um esboço, desenho ou maquete digital (ANDRADE, 2012). Essa interação do projetista com o modelo digital requer um diferente *input* informacional daquela baseada apenas em papel, o que resulta em um processo cognitivo diferente (OXMAN, 2006).

Figura 26 - Representações usadas no Modelo CAD Descritivo



Nota: a) Desenho digital: corte esquemático desenvolvido em ferramenta CAD; b) Imagem renderizada de modelo digital 3D.

Fonte: arquivo pessoal, 2017

A segunda subclasse, **Modelo CAD descritivo com processo digital bidirecional**, é semelhante a anterior, por gerar representações do projeto. No entanto, esse modelo permite uma relação entre o modelo digital e o modelo físico. O modelo físico pode ser gerado a partir do digital por meio de uma prototipagem (SASS; OXMAN, 2006; PUPO e CELANI, 2008), assim como um digital pode ser gerado, por exemplo, a partir de um escaneamento do modelo físico existente (CELANI e CANCHERINI, 2009) (Figura 27).

Esse tipo de tecnologia tem sido muito utilizado no compartilhamento e visualização de características físico-estruturais e de dados históricos de edificações (DEZEN-KEMPTER *et al.* 2015). Através de um escaneamento com o uso de laser, esse tipo de levantamento fornece uma imensa quantidade de pontos (chamada nuvem de pontos) que são base para a construção de um modelo digital dessas edificações.

Figura 27 - Exemplo de definição e coordenadas de referência para escaneamento

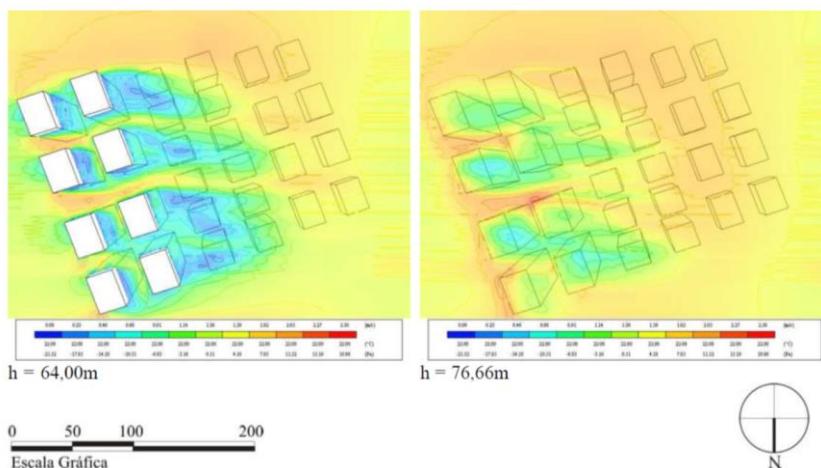


Nota: a) Pontos de referência para registo CAD; b) Registro das varreduras. Fonte: Dezen-kempter *et al.* (2015, p.120).

O último modelo CAD aqui destacado, é aquele utilizado para processos de **avaliação**. Como o nome já indica, possibilita a avaliação de determinada situação, além das funções de desenho, modelagem ou renderização (OXMAN, 2006 *apud* ANDRADE, 2012). Essas avaliações, no geral, utilizam ferramentas BIM (*Building Information Model*)¹¹ e podem realizar avaliações por meio de simulações de natureza estrutural, ambiental, entre outros.

Um exemplo do uso desse tipo de modelo pode ser observado na figura 28. A utilização de um *software* de simulação para estudo de ventilação natural em um recorte urbano. A partir da inserção de volumes, os resultados adaptam-se aos novos cenários testados.

Figura 28 - Exemplo de modelo para estudo de ventilação natural no espaço urbano



Fonte: Souza (2006, p.135)

Modelo de formação

Em vez de modelar uma forma externa, os projetistas articulam uma lógica generativa interna, que então produz, de maneira automática, uma gama de possibilidades a partir da qual o projetista poderia escolher uma proposição formal apropriada para desenvolvimento posterior (KOLAREVIC, 2003, p.3 - tradução livre da autora).

Segundo Andrade (2012), o *Modelo Digital de Formação* associa-se à emergência, por meio de técnicas digitais de capacitação, que substituem as estruturas tradicionais de representação explícitas dos modelos CAD. Dentro desse modelo é possível diferenciar duas subclasses: *Modelo de formação baseado em movimento* e *Modelo de formação associativo*.

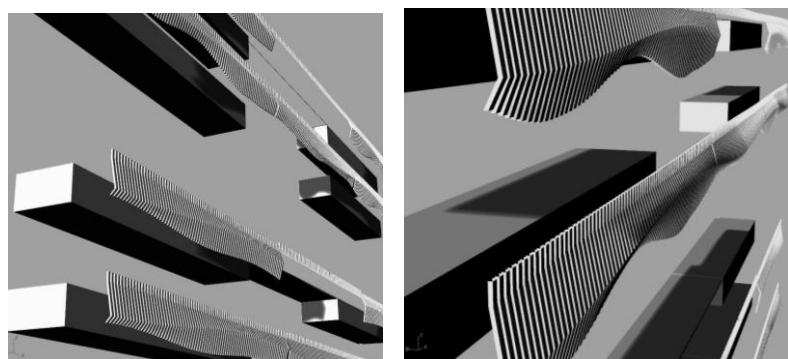
É interessante observar que em ambas subclasses a topologia é uma característica fundamental. A ênfase desses modelos se desloca de formas particulares para as relações que existem entre sistemas e dentro deles (KOLAREVIC, 2003). Enquanto o modelo de formação

¹¹ BIM trata-se de um conceito de virtualização, modelagem e gerenciamento de atividades inerentes ao projeto e a construção. É “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção” (EASTMAN et al. 2008, p.13)

baseado em movimento associa-se com os princípios do projeto dinâmico (*dynamic design*) e caracteriza-se pelo uso de animações como base para produção formal, o modelo de formação associativo tem base nas técnicas de modelagem paramétrica e geram formas a partir de variações de parâmetros interdependentes (ANDRADE, 2012). Por ser um importante eixo dessa pesquisa, no próximo tópico o *design* paramétrico será abordado com maior profundidade.

No modelo de formação associativo, a interação entre o projetista e a ferramenta digital acontece de maneira mais profunda, uma vez que permite que o mesmo crie transformações customizadas de acordo com regras que ele mesmo define, regulando as relações entre elementos específicos de seus modelos digitais (CHASZAR, 2006, p.12). Na figura 29, esse processo de transformação customizada foi utilizado para gerar uma série de opções para uma segunda pele para um edifício através de um *software* de modelagem paramétrica.

Figura 29 - Experimentos para formação de uma estrutura de segunda pele de um edifício



Fonte: da autora, 2017

Modelo generativo

Segundo Kolarevic (2003), os processos generativos digitais estão abrindo territórios para a exploração conceitual, formal e tectônica; articulando uma morfologia arquitetônica focada nas propriedades adaptativas da forma. Nesses modelos, a ferramenta computacional torna-se gerador de uma grande quantidade de possibilidades de *design*, para além do seu papel de visualizador e verificador de dados (CHASZAR, 2006, p.55).

Fischer e Herr (2001), apontam que o *design* generativo representa o interesse de aplicar a inspiração natural (de gerações de resultados) não apenas em termo de criação de produto, mas também em termos do processo de criação. As soluções surgem na forma de representações digitais, permitindo avaliações precoces antes da modelagem, produção ou aplicação real.

Andrade (2012), destaca que no modelo generativo os espaços e formas são resultados de um processo de formação pré-formulados, ou seja, de regras, relações e princípios já

definidos. Os projetistas interagem com mecanismos complexos e decidem qual(is) alternativa(s) responde(m) de forma mais adequada à situação existente. Existem duas subclasses desse modelo: Modelo Gramaticamente Transformativo (*Grammatical Transformative Design Model*) e Modelo Evolucionário (*Evolutionary Design Model*).

O Modelo Gramaticamente Transformativo está ligado à gramática da forma e as regras estabelecidas são predefinidas de acordo com o contexto específico (OXMAN, 2008). A gramática da forma¹² é, de acordo com Celani (2008), um sistema de geração baseado em regras. Estudos que exploram as possibilidades de automatizar essas regras com a ferramenta computacional têm crescido exponencialmente.

Apesar disso, sua aplicação é diversa e pode ser, ou não, relacionada com o uso do computador, como ressalva Mendes (2014). Com a utilização da ferramenta computacional, esse método permite combinar as regras com a variação paramétrica, o que resulta em uma grande diversidade de possibilidades, mas sempre com uma lógica subjacente.

Como destaca Beirão (2012), gramáticas da forma são úteis dispositivos para elucidar a composição de desenhos em termo de relações espaciais definidas entre suas sub-formas ou sub-*designs*. Ainda segundo esse autor, a teoria da gramática da forma oferece um grande potencial para o desenvolvimento de sistemas de *design* capazes de gerar projetos dentro de um domínio formal pré-definido e explorar variações dentro desse domínio.

Diante das possibilidades exploratórias da inserção da lógica da gramática da forma na geração de geometrias e experimentações potencialmente interessantes, seus princípios contribuirão para a construção do modelo paramétrico a ser explorado posteriormente nesta pesquisa.

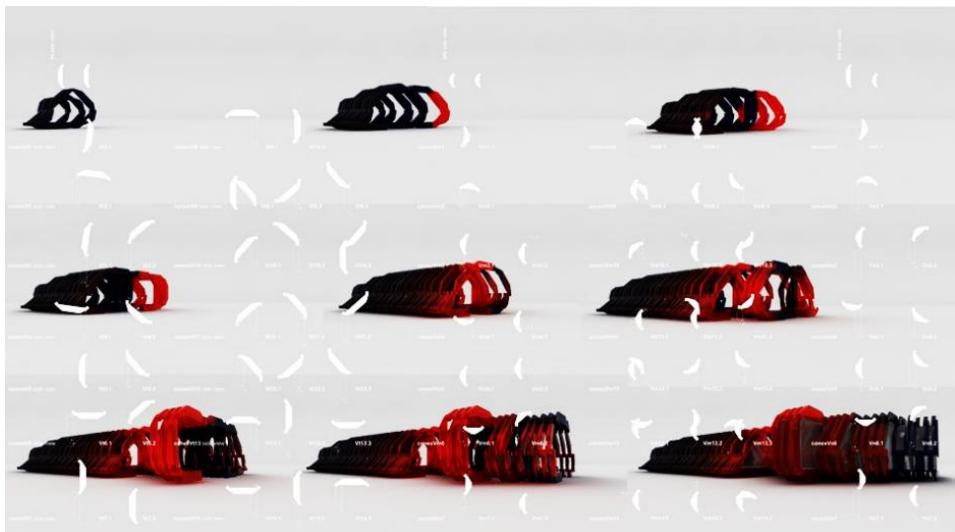
Já a segunda subclasse, Modelo Evolucionário, é caracterizada por uma geração resultante de um processo evolutivo baseado em processos de crescimento, mutação e evolução. Como aponta Oxman (2008) e enfatiza Andrade (2012), a evolução da forma é resultante de um código genético interno, que substitui a interação com a forma em si (Figura 30).

Relacionado a esse modelo, é importante conceituar o termo Algoritmo Genético (*Genetic Algorithm*). Segundo Mitchell (1999 *apud* ANDRADE, 2012) esse termo foi formulado como um meio para estudar formalmente o fenômeno que ocorre na natureza, do desenvolvimento dos mecanismos de adaptação natural e para tal, utiliza sistemas

¹² Gramáticas da forma foram criadas por Stiny e Gips (1972) e com base matemática definida em 1980 por Stiny. De maneira geral ela é um conjunto de regras com a finalidade transformativa da forma a partir de passo a passo. Essas transformações resultam em uma linguagem de design. Elas podem ter um caráter descritivo como também gerador. Sua possibilidade gerador (BEIRÃO e DUARTE, 2005).

computacionais. Muitos modelos evolucionários utilizam algoritmos genéticos para gerar formas a partir da evolução desse algoritmo.

Figura 30 - *Improvisational Code* por Filipe Afonso. Exemplo de Modelo Evolucionário



Fonte: http://www.rhino3dportugal.com/processos-generativos/?page_id=11

Modelo de desempenho

A ênfase na construção de desempenho (mais uma vez, amplamente entendida a partir da perspectiva financeira, espacial, social, cultural, ecológica e técnica) está redefinindo as expectativas do projeto de construção, seus processos e práticas (KOLAREVIC, 2003, p.14 - tradução livre da autora)

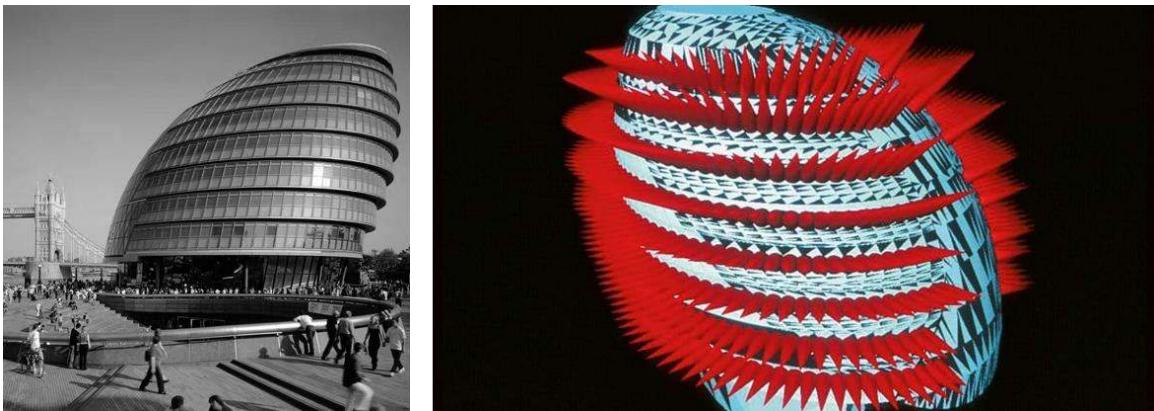
De acordo com Oxman (2008), os modelos digitais de desempenho buscam alcançar determinadas condições de desempenho. Esses desempenhos relacionam-se com os aspectos programáticos e contextuais, representam os critérios de desempenho definidos na análise do problema de projeto (OXMAN, 2006). A geração formal, dessa maneira, é guiada em prol de atingir as melhores condições desse desempenho.

Como aponta Andrade (2012), existem duas subclasses, uma relacionada à simulações baseadas no desempenho (*performance based formation model*) e outra na geração propriamente dita (*performance based generation model*). A primeira subclasse utiliza de simulações e otimização de determinados critérios de desempenho para modificar a forma (Figura 31)¹³, já a segunda é caracterizada por um processo de geração guiado por um

¹³ O projeto de *Foster e Partners* para a prefeitura de Londres objetivou maximizar a eficiência da construção em termos espaciais, energia e construção. A redução do consumo de energia e do impacto ambiental incorporada ao material e com a redução de resíduo.

desempenho e integrado ao processo de formação desde o início. O desempenho no último caso, como destaca Andrade (2012), é o motor na geração formal.

Figura 31 - Prefeitura de Londres, Inglaterra – *Foster and Partners*. Exemplo de uso de modelo de simulação baseada no desempenho.



Fonte: <https://www.fosterandpartners.com/projects/city-hall/>

O futuro: Modelos Compostos

Caracteriza-se por ser um modelo, até o momento, apenas especulativo. Segundo Oxman (2006) e citado por Andrade (2012, p.63), “é uma classe paradigmática de modelo de projeto digital e tem como principal característica ser um processo integrado de formação, geração, avaliação e desempenho”. Por sua complexidade e integração, ainda não existe na prática de projeto digital.

Idealizar um modelo digital que integre todos esses elementos é imaginar a existência de um modelo que suporte, cada vez mais, a complexidade dos processos projetuais. Alta complexidade nesse sentido resulta, como destaca McLoughlin (1973), de elementos ricamente interconectados.

Considerações finais sobre os modelos

Entender as aplicações da ferramenta computacional através do projeto digital e os diferentes modelos resultantes dessas aplicações possibilita compreender quais as principais categorias de problemas enfrentados pelos projetistas atualmente. Segundo Andrade (2012), “compreender o uso de métodos, técnicas e ferramentas à luz de como os projetistas interagem com os componentes do projeto digital é um modo seguro para o entendimento das estruturas de projeto digital”. Apesar da concepção de que o *design* digital é caracterizado pela complexidade formal, ela não precisa necessariamente estar presente (OXMAN, 2006). Entender a complexidade, talvez sim, seja uma importante premissa do projeto digital e nesse

sentido, o papel do projetista é essencial no entendimento, na interação e na reflexão desse processo.

Tradicionalmente, lidar com a complexidade é operar com uma única concepção do todo, isso faz com que o problema seja reduzido drasticamente e o número de decisões a serem tomadas para formação da forma e na resposta do problema de projeto seja superficial. Ao tratar de projetos urbanos – foco dessa pesquisa - identificar e lidar com as múltiplas variáveis se torna uma atividade ainda mais árdua e nesse sentido, a inserção da tecnologia paramétrica pode auxiliar o projetista a entender, visualizar e embasar as decisões projetuais a nível urbano.

3.2 URBANISMO PARAMÉTRICO

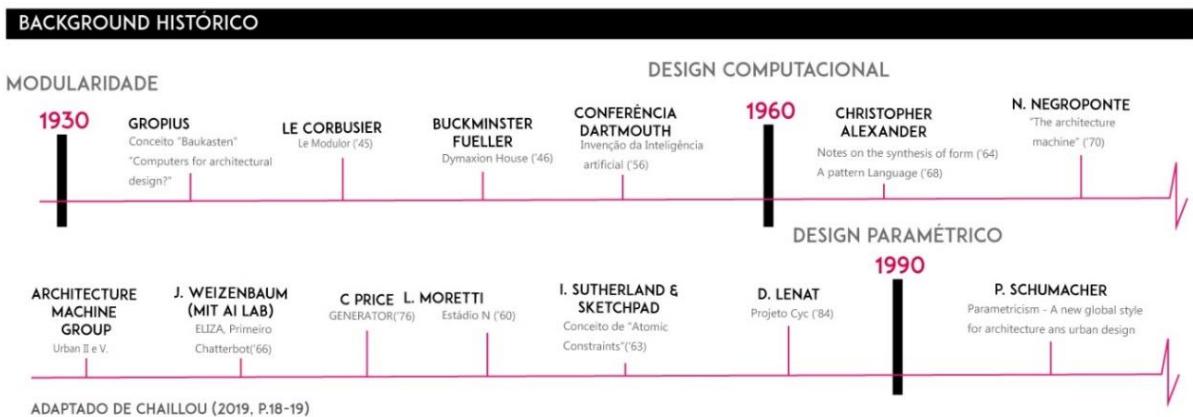
A verdadeira criatividade não envolve a construção de formas construtivas e urbanas inovadoras, mas sim a concepção de um problema de uma maneira nova e mais apropriada, e o reconhecimento de que padrões específicos respondem bem ao problema (LANG, 2006, p.385 – tradução livre da autora).

3.2.1 *Design* Paramétrico

É de conhecimento geral que os *softwares* de modelagem paramétrica foram desenvolvidos inicialmente para atender as necessidades das engenharias aeroespacial e mecânica e que, graças às suas diversas aplicações, passaram a ser utilizados nos processos projetuais nas áreas de arquitetura e urbanismo. No entanto, o ponto atual de evolução do design paramétrico é mais amplo que apenas o aprimoramento de uma ferramenta ou *software* específico.

Chaillou (2019) em sua tese “*AI + Architecture towards a new approach*” faz uma linha do tempo das inovações e criações teóricas e práticas que culminaram no desenvolvimento da Inteligência artificial e, antes disso, do *design* paramétrico (referido a ele como *parametricism*). Para ele, existem quatro importantes passos complexos de uma mudança na concepção arquitetônica e urbanística: Modularidade, *Design* computacional, *Design* paramétrico e Inteligência Artificial (Figura 32).

Figura 32 - *Background histórico*



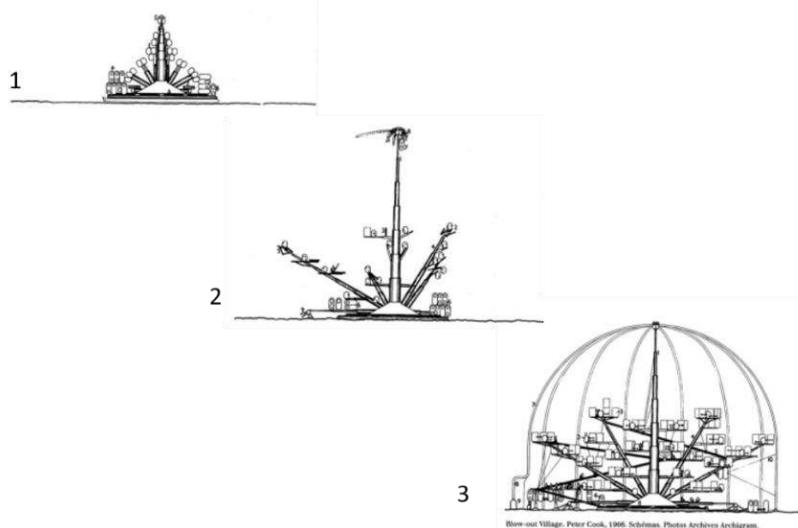
Fonte: da autora, 2020, adaptado de Chaillou (2019, p.18-19)

Como já apontado em momentos anteriores nesse trabalho, a Modularidade, tendo seu auge nos princípios do Movimento Moderno, provou ser um sistema restritivo, produzindo pouca variedade de opções de *design*. Se por um lado atendiam os critérios de viabilidade da construção, sua qualidade arquitetônica – e urbanística – foi bastante questionada desde o princípio (CHAILLOU, 2019). Foi através dos sistemas modulares que teve o ponto de partida do projeto arquitetônico sistemático com uma linguagem e gramática própria, ajudando a simplificar e racionalizar o *design*.

Tratando especificamente do planejamento da cidade, essa fase teve auge em meados do século passado. Um exemplo é o projeto “*City plugin*” do Archigram¹⁴, desenvolvendo cidades modulares por meio de montagem e desmontagem de módulos em uma matriz estrutural tridimensional (Figura 33). Apesar das constantes críticas relativas à monotonia dos desenhos resultantes terem banalizado muito a teoria, a modularidade continua sendo um princípio construtivo subjacente vivo (CHAILLOU, 2019).

¹⁴ Grupo de vanguarda arquitetônica de maior proeminência nas décadas de 1960 e 1970 segundo Sadler (2005). Formado inicialmente por seis recém formados arquitetos, a produção do grupo ocorreu “principalmente no papel” as imagens arquitetônicas produzidas são classificadas como as mais memoráveis da década de 1960.

Figura 33 - *City plugin* - Archigram



Fonte: <https://proyectos4etsa.wordpress.com/tag/archigram/>

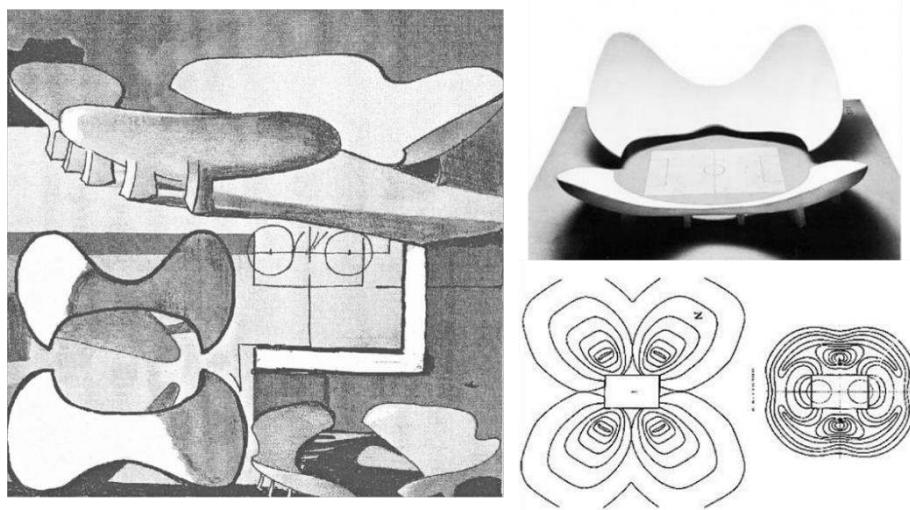
A segunda fase apontada por Chaillou (2019), fase do *Design Computacional*, passou a proporcionar uma liberdade da rigidez da matriz ao projetista. Seu desenvolvimento aconteceu principalmente após a década de 1980 com a evolução dos computadores e dos *softwares* de modelagem uma maneira geral. Apesar da liberdade da matriz regular, a perspectiva do *design* sistemático continuava.

Algumas das vantagens desse momento foi o maior controle da geometria, aumentando a confiabilidade no projeto; tornou mais fácil a colaboração entre projetistas e profissionais envolvidos no projeto, além de ampliar as possibilidades de design do que aquele feito unicamente à mão. Todavia, a falta de controle sobre formas geométricas complexas abriu espaço para o surgimento de um nova fase: do *Design Paramétrico* (CHAILLOU, 2019, p.13).

O *Design Paramétrico* é mais uma atitude do que qualquer aplicação de *software* específico. Tem suas raízes na concepção mecânica, e como tal, fornece aos arquitetos – e urbanistas – uma nova lógica de pensamento e uma nova tecnologia. É uma maneira de pensar que tem como requisito inicial expressar e explorar as relações (WOODBURY, 2010).

Ele trouxe um maior controle sobre as formas orgânicas, o que aumentou a viabilidade construtiva dessas geometrias. Apesar de ter seu maior desenvolvimento a partir da década de 1990, Chaillou (2019) lembra que o termo “parametricismo” foi usado primeiramente já na década de 1960, no projeto do ‘estádio N’, do arquiteto Luigi Moretti (Figura 34).

Figura 34 - Projeto paramétrico, Estádio N. Arq.Luigi Moretti



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/A-model-of-stadium-N-by-Luigi-Moretti-Exhibited-at-the-1960-Parametric-Architecture_fig1_318113001

O estádio teve sua geometria gerada a partir da manipulação de 19 parâmetros e é um bom exemplo da nova estética que surgiu posteriormente: aspecto orgânico resultante de um processo um tanto racional de concepção. Mais exemplos de projetos utilizando o *Design Paramétrico* serão discutidos no próximo tópico.

Tratando especificamente dos *softwares* paramétricos, de maneira geral são baseados em um conjunto de componentes de rápido ajuste, chamados parâmetros. No processo de composição dos códigos paramétricos, a interação entre o projetista e o programa é bastante profunda. Acontece na escolha dos parâmetros, das regras e das ações que são estabelecidas a fim de alcançar determinados objetivos. De maneira geral, esse processo não é linear, mas com contínuas mudanças e adaptações.

Como aponta Kolarevic (2003), ao abraçar a não-linearidade, indeterminação e emergência, as novas técnicas de *design* digital desafiam convenções como conceituação de *design* estável e raciocínio monotônico. Ainda segundo esse autor, a abordagem contemporânea no *design* arquitetônico, bastante presente no *Design Paramétrico*, abandona o determinismo das práticas tradicionais e adotam uma certa indeterminação.

Em vez de modelar uma forma externa, os projetistas articulam uma lógica generativa interna, que então produz, de maneira automática, uma gama de possibilidades a partir da qual o projetista poderia escolher uma proposição formal apropriada para desenvolvimento posterior (KOLAREVIC, 2003, p.3 – tradução livre da autora).

Silva e Amorim (2010), destacam que os sistemas paramétricos têm uma característica marcante diferente dos sistemas tradicionais de desenho digital: eles mantêm a capacidade de

o modelo alterar-se durante todo o processo de *design* e permitem gerar e testar grande quantidade de versões dentro de um ambiente controlado de variáveis.

Tedeschi (2014), reitera essa ideia destacando que muitos exemplos de uso da abordagem de *design* paramétrico sugerem que não se trata da forma, mas da relação entre cada parte de um sistema complexo no qual, se um elemento é alterado, todos os outros se auto-organizarão. Esse comportamento, denominado adaptativo permite projetar sistemas onde, uma vez estabelecidas as regras que descrevem as relações entre cada elemento, os mesmos se transformarão de acordo com essas variáveis paramétricas. Logo, o *design* paramétrico possibilita ao projetista criar um número infinito de objetos similares, manifestações geométricas de um esquema previamente articulado de dependências variáveis, relacionais ou operativas (KOLAREVIC, 2003, p.7).

Em relação à aplicação na área de projeto de arquitetura, Chaszar (2006) aponta que a modelagem paramétrica conduz diretamente a estudos de componentes mecânicos reais que dão origem a novas formas de expressão arquitetônica. Esses componentes oferecem um maior controle sobre a geometria do projeto durante a atividade de projeto (DINO, 2012). Sua adaptabilidade e capacidade de resposta a mudanças nos critérios e requisitos de *design* tornam os modelos paramétricos especialmente úteis para a exploração de projetos em configurações de projeto complexas e dinâmicas.

Considerando a importância dos parâmetros, podemos relacionar o *design* paramétrico com o ato de identificar variáveis mencionado por Jones (1970). Segundo ele, o ato de identificar as variáveis - no caso do *design* paramétrico, os parâmetros - inclui o estabelecimento dos objetivos e critérios para os quais um bom projeto é resultado, é a maior dificuldade do processo projetual. Só é possível encontrar boas soluções a partir da clara identificação do problema e das variáveis que o influenciam.

Apesar de proporcionar uma grande quantidade de opções de soluções, muito além das possíveis do cérebro humano processar em um tempo hábil, as soluções resultantes da modelagem paramétrica só existem dentro de uma definição clara do problema, que é traduzido em uma sequência de componentes e regras compostivas. As possibilidades são infinitas dentro de um sistema finito.

Portanto, a modelagem paramétrica requer intencionalidade e impõe ao *designer* muita explicitude antes da exploração dos parâmetros (DINO, 2012). Resultante dessa exploração, não existe uma solução ótima para um problema de projeto, mas uma grande variedade de soluções aceitáveis com diferentes aspectos mais ou menos satisfatórios para diferentes usuários (LAWSON, 2005 *apud* ANDRADE, 2012). Na decisão de qual solução é a mais

adequada à situação, o papel de decisão do projetista no processo modelagem paramétrica se faz muito presente.

Por sua característica sistêmica, a tecnologia paramétrica pode contribuir significativamente na compreensão e busca de soluções de problemas urbanos. O chamado urbanismo paramétrico permite entender e controlar o comportamento de um sistema complexo, como nossas cidades ou parte delas, a fim de planejar sua reação à mudança (SILVA e AMORIM, 2010), assim como antecipar determinados comportamentos e efeitos de ações modificadoras do espaço urbano.

3.2.2 Geração formal e otimização de processos urbanos

Devido à sua complexidade, a evolução das cidades é algo difícil de prever e o planejamento de novos desenvolvimentos para as cidades é, portanto, uma tarefa difícil. Essa complexidade pode ser identificada em dois níveis: em um nível micro, ela emerge das **múltiplas relações entre os muitos componentes e atores nas cidades**, enquanto em nível macro decorre das relações geográficas, sociais e econômicas entre as cidades. (BEIRÃO, 2012, p. 13 – tradução e negrito da autora).

Antes do surgimento da tecnologia paramétrica como é conhecida hoje, Eisenman (1963, p.22) apontava que “uma sociedade mais complexa exige funções de natureza mais complexa, que por sua vez dão origem a uma necessidade de uma tecnologia mais elaborada”. A natureza sistêmica e de rápido cálculo da tecnologia paramétrica pode contribuir no entendimento, visualização e previsão dessa sociedade complexa destacada por esse autor.

O Urbanismo por si só, segundo Sitte (1901) e citado por Kostof (1991, p.83), é precisamente uma ciência de relações. A vida urbana e a cidade não existe em um estado estável, mas elas surgem e decaem em ciclos irregulares. Esses movimentos, mesmos os que são atribuídos a processos espontâneos inerentes a uma região, nunca são eventos completamente aleatórios ou feito inteiramente de processos previamente planejados .

Em algum nível, fazer cidade sempre implica de um ato de vontade da parte de um líder ou de uma coletividade (KOSTOF, 1991). Compreender as relações entre os elementos morfológicos, forma e agentes sociais, ou parte delas, que estão diretamente ligadas a esses movimentos de mudança das cidades pode contribuir para o entendimento dos problemas urbanos e para uma tomada de decisão muito mais consciente e acertada.

Relacionado à essas múltiplas relações, Steinø (2010), destaca que em um modelo composto por componentes parametricamente relacionados, tudo pode ser controlado. Na medida em que os componentes são isolados e únicos, o poder da parametrização se perde. Para

o autor, “na vida real - e certamente no *design* urbano - é provável que, em algum momento do processo de *design*, os desenhos se afastem, pelo menos em certa medida, da qualidade genérica dos componentes definidos parametricamente” (STEINØ, 2010, p.8).

Apesar das diversas possibilidades, o *design* paramétrico é muito mais presente no projeto arquitetônico do que no urbano; embora seja usado como forma de aperfeiçoar o *design* de edifícios ou elementos menores, no meio urbano variáveis em maior nível de complexidade e dimensão também podem ser parametrizáveis.

Esta pesquisa afirma que é possível não apenas inserir a tecnologia computacional paramétrica em projetos urbanos ao realizar um processo sistemático de desenho (geração formal), mas também avaliar os prós e contras de cenários com diferentes ajustes de variáveis não formais (otimização de processos). Como destaca Beirão e Arrobas (2013), o uso de ferramentas paramétricas no planejamento urbano deve produzir mais do que um *design* estilístico formal, mas deve auxiliar o projetista através da negociação entre variáveis que compõem o sistema urbano.

A geração formal como resultado da inserção da ferramenta computacional paramétrica pode acontecer em diversas escalas e níveis de complexidade. Como já mencionado no subtópico sobre o histórico da inserção computacional, os *softwares* podem gerar formas arquitetônicas nunca antes vistas e resultar em uma materialização de formas orgânicas e únicas. A utilização do *design* paramétrico na produção de formas complexas também já está presente em projetos em escala urbana, como é o caso do projeto urbano *One North Masterplan*, do escritório Zaha Hadid Architects (ZHA) (Figura 35).

Iniciado no ano de 2001, com previsão de término 2021 e localizado em Singapura, o projeto de *design* urbano dos arquitetos Zaha Hadid e Patrik Schumacher propõe realizar o sonho de unir o repertório espacial e a morfologia das formações paisagísticas naturais.

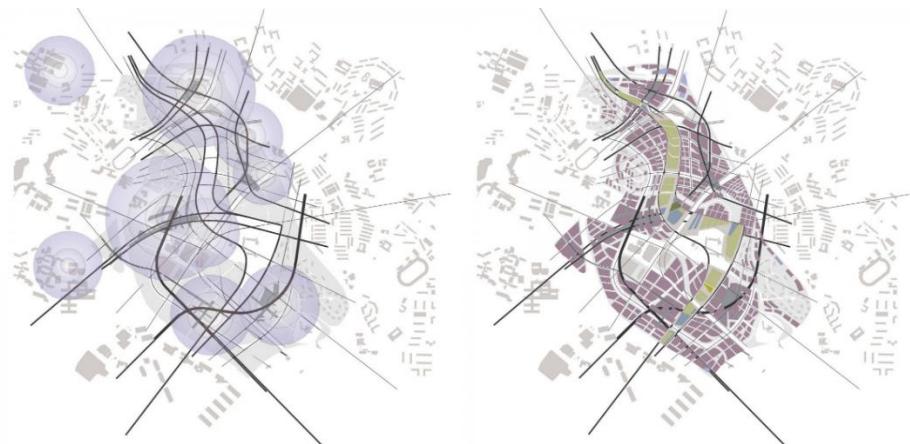
Apesar de ter seu resultado formal decorrente do uso de uma ferramenta computacional de alta tecnologia, o projeto preocupa-se em oferecer um horizonte urbano original que possua um forte senso de identidade, através de um fácil reconhecimento da paisagem, com uma grande diversidade de praças, passarelas, ruas e becos que rompem totalmente com a ideia de repetição e padronização formal¹⁵(Figura 36).

Além disso, o projeto promete uma flexibilidade sem caos por meio de um sistema morfológico que permite uma variação infinita dentro de limites formais coerentes. Essa variação contrasta com as formas platônicas de quadrados, círculos e eixos. Segundo o texto

¹⁵ Texto escrito com base nas informações fornecidas pelo escritório Zaha Hadid Architects. Disponível em : <https://www.zaha-hadid.com/masterplans/one-north-masterplan/>. Acesso em 10/07/2019

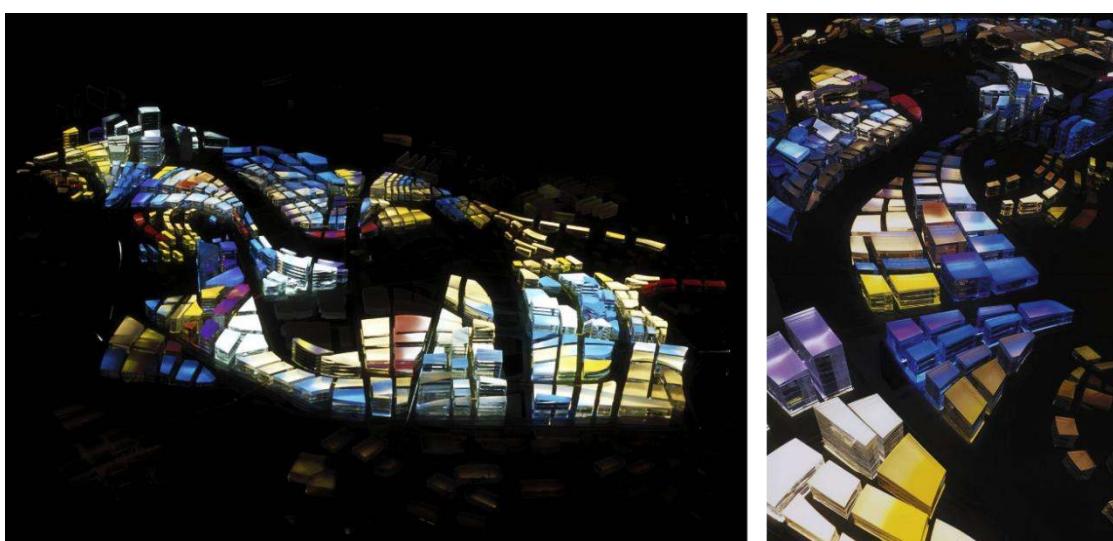
fornecido pelo escritório, o *One North masterplan* é livre e maleável em qualquer estágio de seu desenvolvimento.

Figura 35 - Desenhos da concepção projetual – *One north masterplan* (ZHA)



Fonte: <https://www.zaha-hadid.com/masterplans/one-north-masterplan/>

Figura 36 - Imagens do modelo do *One North masterplan* (ZHA)



Fonte: <https://www.zaha-hadid.com/masterplans/one-north-masterplan/>

Esse projeto exemplifica a utilização da tecnologia paramétrica na previsão da ocupação do solo, no desenho do traçado urbano e na visualização da forma urbana edificada. Interessante perceber que apesar da forma edificada e do traçado urbano serem características em destaque na proposta, aspectos relacionados à vida urbana foram importantes diretrizes projetuais que refletiram no resultado final da proposta, como paisagens diversificadas, praças, ruas e becos que promovam encontros. Nota-se portanto que é possível não apenas atingir formas orgânicas e distantes da padronização, como também inserir indiretamente elementos não visíveis.

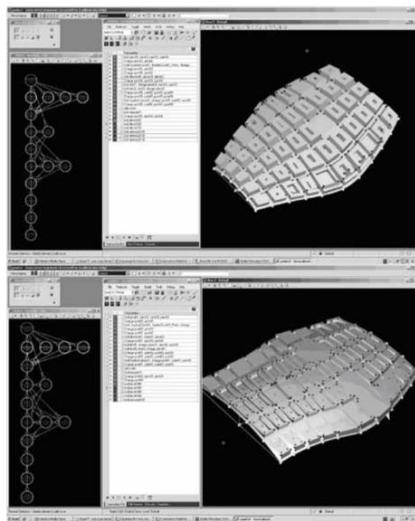
Como destaca Kolarevic (2003), o papel gerador de novas técnicas digitais (como é o caso da ferramenta de modelagem paramétrica) possibilita a interpretação simultânea do projetista e manipulação de uma construção computacional em um discurso complexo que é continuamente auto-reflexivo. Essa auto-reflexão pode acontecer em um menor nível de abstração, como é o caso da visualização direta da forma urbana edificada, ou em um maior nível de complexidade, através da otimização do cálculo de variáveis numéricas relacionadas ao planejamento e ordenamento das cidades.

Como aponta Beirão (2012), os planos urbanos são expressos não apenas por meio de *layouts*, mas também por indicadores urbanos e medições usadas como restrições ou como metas de *design*. Ao usar esses recursos, os planos urbanos tendem a expressar objetivos qualitativos mais do que metas formais (morfológicas). Em sua tese, Beirão (2012) desenvolve a ferramenta denominada *CItyMaker*, que tem como uma das características principais o uso de padrões baseados em gramáticas diferentes para geração no *design* urbano.

A tese ‘*CItyMaker. Designing Grammars for Urban Design*’ trata da produção de ferramentas e métodos de *design* urbano flexível, considerando a flexibilidade do *design* (BEIRÃO, 2012). Pretende-se que a contribuição da ferramenta na prática de *design* aconteça a partir do momento que proporciona ao projetista a capacidade de refletir sobre a morfologia, ao mesmo tempo que fornece dados analíticos que complementam o entendimento dos arranjos presentes na morfologia (Figura 37).

A principal perspectiva nesta pesquisa é que, se fornecermos o espaço necessário para os designers desenvolverem suas linguagens de *design*, assumindo que eles possam estar interessados em explorar o potencial generativo das gramáticas de formas, eles poderão encontrar novos interesses em seu uso (BEIRÃO, 2012, p.236 – tradução livre da autora).

Figura 37 - Implementação experimental de componentes generativos (*CityMaker*)



Fonte: Beirão (2012, p.206)

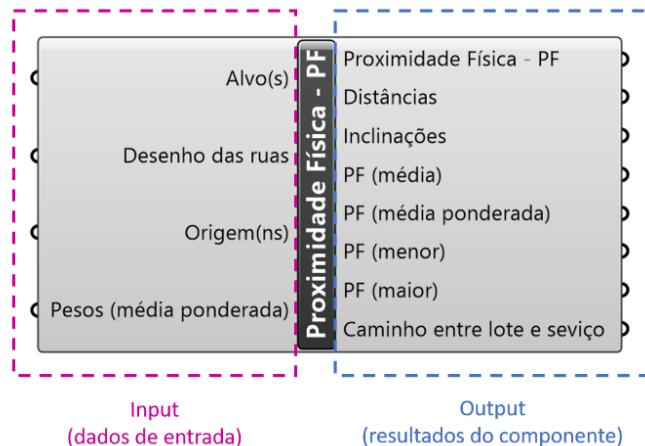
No mesmo sentido, a ferramenta desenvolvida por Lima (2017) e o código paramétrico formulado por Cavalcanti (2018), são exemplos do uso da ferramenta paramétrica na otimização de processos decisórios na escala urbana. Nos dois casos, o *software* paramétrico foi plataforma para desenvolvimento de um código de cunho predominantemente matemático que objetiva embasar decisões em projetos urbanos.

Na tese “Métricas Urbanas: Sistema (para)métrico para análise e otimização de configurações urbanas de acordo com métricas de avaliação de desempenho”, Lima (2017) une recursos computacionais, através da lógica algoritmo-paramétrica, com as métricas de avaliação de desempenho, resultando em métodos de análise e otimização para o suporte ao planejamento urbano.

O objetivo deste sistema é o de avaliar (e otimizar) configurações geométricas e algébricas de um determinado espaço urbano, sob a perspectiva de atributos objetivamente mensuráveis, contribuindo assim para a tomada de decisão em tarefas de projeto urbano e naturezas afins (LIMA, 2017, p.128).

O sistema desenvolvido por Lima (2017) é composto por uma série de algoritmos desenvolvidos na linguagem de programação visual por meio do *Grasshopper* (*plug-in* paramétrico do *Rhinoceros3D*), como é o caso do Algoritmo de Proximidade Física (APF) (Figura 38). Esse algoritmo pode ser utilizado em um contexto de princípio da acessibilidade ao transporte ou de caminhabilidade uma vez que “permite calcular os percursos com as menores distâncias físicas entre diversas origens e alvos de uma localidade” (LIMA, 2017, p.131).

Figura 38 - Interface do *cluster*¹⁶ do APF



Fonte: adaptado de Lima (2017, p.135).

O desenvolvimento de ferramentas dessa natureza resultam em novas informações de diversas naturezas (numéricos, verdadeiro ou falso, geométricos, entre outros) que embasam decisões projetuais a partir de análises de situações atuais, simulações de cenários urbanos ou previsões de determinadas ocupações decorrentes do estabelecimento de normas e índices. O último caso pode ser exemplificado também pelo trabalho desenvolvido por Cavalcanti (2018).

Com o objetivo de explorar a aplicação da tecnologia paramétrica como ferramenta de experimentação de índices normativos que tratam da densidade urbana, Cavalcanti (2018) apresenta um código paramétrico que possibilita a visualização das mudanças na forma urbana edificada (massa construída em formato de bloco) a partir da mudança dos principais índices presentes na legislação urbanística vigente (Figura 39).

Figura 39 - Cenário criado a partir do código desenvolvido por Cavalcanti (2018)

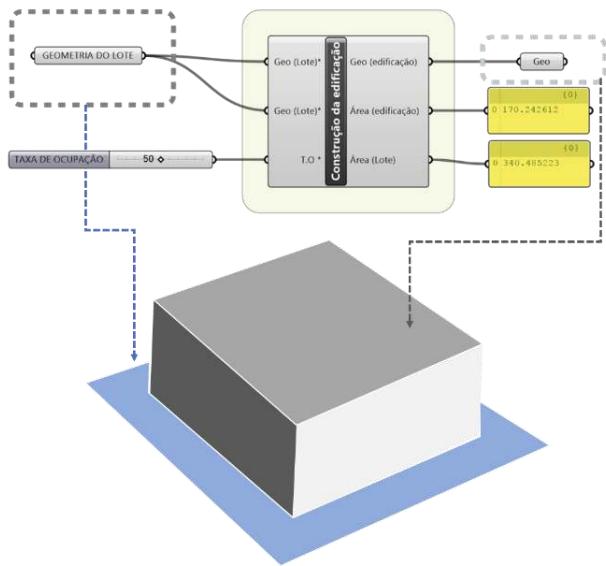


Fonte: adaptado de Cavalcanti (2018, p.89).

¹⁶ Termo que se refere ao agrupamento de funções no software *Grasshopper*. Sua maior finalidade é reduzir a complexidade visual e possibilitar o uso de “partes” do código de forma mais fácil.

Parte do código desenvolvido é formado pela simulação da ocupação através da Taxa de Ocupação (T.O), índice que ordena a porcentagem de solo a ser ocupado. Esse índice varia, em via de regra, de acordo com as características de cada área da cidade (Figura 40).

Figura 40 - Cluster “Construção da edificação” em funcionamento



Fonte: adaptado de Cavalcanti (2018, p.83).

As possibilidades de inserir a ferramenta computacional no processo projetual são diversas e em constante evolução, muito além dos três exemplos destacados anteriormente. Como aponta Leite (2012 *apud* LIMA, 2017), o aparato tecnológico na proposição de cidades mais sustentáveis só existe a partir da inteligência humana (ao buscar a inserção dessas ferramentas) para posteriormente surgir da inteligência tecnológica. A posição do projetista é central uma vez que é dele que parte a construção dos algoritmos, a alimentação dos parâmetros e as escolhas das alternativas.

A exploração tecnológica necessita partir inicialmente do conhecedor dos problemas – urbanos ou de qualquer outra natureza – a fim de otimizar o tempo em prol da busca de soluções para problemas que se tornam cada vez mais complexos. A era digital tem dado acesso a ferramentas para arquitetos e engenheiros que permitem a criação de geometrias complexas e sistemas avançados. Ao mesmo tempo, “existe uma necessidade de soluções acessíveis, sustentáveis e que usam de processos de otimização” (HOLST, 2012, p.8).

3.2.3 Inserção tecnológica no urbanismo tradicional

Sendo um sistema estrutural em si mesmo, uma cidade pode ser melhor entendida diretamente em seus próprios termos, e não em termos de outros tipos de organismos ou objetos (JACOBS, 1993, p.490 – tradução livre da autora).

Na Era Digital, o desenvolvimento de ferramentas computacionais avança cada vez mais, no entanto, a inserção desses aparelhos digitais no planejamento urbano, seja por dificuldade de desprender-se de práticas manuais de projeto e planejamento ou de mudança de paradigma projetual, as práticas relacionadas a projeto digital ainda não são amplamente utilizadas na prática cotidiana das secretarias e órgãos públicos de planejamento.

Pode-se também apontar a dificuldade de acesso que ainda existe entre o projetista e as tecnologias de ponta como barreira para a inserção da ferramenta computacional nos processos decisórios. É importante deixar claro que não se deve excluir ou diminuir a importância do conhecimento adquirido com a experiência, ou os saberes que não se encontram nas tecnologias. Como destaca Steinø (2010), os benefícios evidentes dos *softwares* avançados, tal como o paramétrico, ainda exigem investimento e habilidades que nem sempre estão disponíveis em ambientes pequenos como consultorias menores, escritórios de planejamento municipal, muito menos entre leigos.

Ledrut (1977), afirma que deve-se observar que as chamadas restrições teóricas não são em si mesmas científicas e técnicas: elas dependem ao mesmo tempo de um sistema social e de um estado de desenvolvimento da revolução científica. Nesse sentido, pode-se observar que grande parte da distância que existe entre a utilização de ferramentas computacionais e a tomada de decisão no planejamento urbano não está apenas no estado de evolução técnico-científica, mas também na não aceitação das limitações humanas a processarem os complexos problemas urbanos.

Está cada vez mais visível que, com a complexidade crescente das questões urbanas, o ser humano não tem conseguido conciliar as diversas variáveis e, ao mesmo tempo, buscar soluções. “A dinâmica da cidade em constante mudança na sociedade contemporânea levou à crescente ineficiência da abordagem tradicional de planejamento de *layout*, que é incapaz de lidar com a resposta necessariamente rápida exigida por essa dinâmica” (BEIRÃO, 2012, p.64 – tradução livre da autora).

Ainda segundo Jacobs (1993), as cidades são problemas de complexidade organizada, como as ciências da vida. Elas apresentam “situações em que meia dúzia ou até várias dúzias de quantidades estão variando simultaneamente e de maneira sutilmente interconectada” (JACOBS, 1993, p.594). Aos poucos estamos percebendo essa enorme complexidade da

percepção dos fenômenos urbanos e sociais. Como aponta McLoughlin (1973, p.34), faz-se cada vez mais presente a percepção que tudo na cidade afeta todo o resto.

Diante dessa complexidade, faz-se necessário que governos e instituições que alteram o espaço e as dinâmicas urbanas tenham a responsabilidade de aprender, como destaca Jackson (1972), em nome da sociedade como um todo. Esse aprendizado – no caso aqui estudado, a inserção de novas ferramentas no planejamento urbano – deve ser capaz de descartar estruturas projetadas para resolver problemas antigos e montar novos. Os problemas urbanos do século XXI não estão sendo resolvidos pelas metodologias e técnicas dos séculos passados, e isso precisa ser reconhecido e mudado.

A cidade atual não tem mais forma facilmente reconhecida, está fragmentada, suas configurações só podem ser analisadas sob as espécies de fragmentos limitados e heterogêneos, justapostos em vastas redes impostas por imperativos tecnológicos e econômicos (TELLER, 2001). Ao mesmo tempo, segundo Jackson (1972, p.310), “a cidade do futuro pode ser visualizada em uma variedade de formas concentradas e se expandindo em várias direções e em várias densidades criando centros independentes”. A visualização dessa cidade do futuro, mais democrática e diversa, não será possível sem o entendimento da cidade do presente com seus problemas e potencialidades.

O único ponto de partida possível para a apreciação de possibilidades futuras é a cidade como ela existe agora. Saudável ou decadente, eficiente ou esbanjadora, bonita ou feia, tornou-se e permanecerá o principal ambiente do Homem na terra (JACKSON, 1972, p.34 - tradução livre da autora).

Como dito anteriormente, utilizar a tecnologia computacional na tomada de decisão não é abrir mão do papel essencial do *designer* no processo projetual, mas é reconhecer as limitações de lidar simultaneamente com uma grande quantidade de informações e conciliá-las em prol da busca de soluções. Healey (1996 *apud* TELLER, 2001, p.7) afirma que o maior desafio para a gestão urbana é energizar as relações locais para promover a criatividade e ajudar a inovação local a crescer e se desenvolver. Não é possível compreender esse sistema ou essas interações sem uma abordagem minimamente sistêmica.

É com isso em mente que essa pesquisa aponta a utilização da ferramenta computacional paramétrica como auxiliar na tomada de decisão em projetos urbanos. Nas seções subsequentes ela será utilizada na formulação de códigos que contribuem para a otimização na visualização de elementos relacionados à forma urbana edificada, mas acima de tudo, entende-se que a maior contribuição dessa tecnologia se dá pela inserção da lógica sistêmica e pelo entendimento da

tipologia de elementos presentes nas cidades contemporâneas na busca de medidas solucionárias. Como apontou Doxiadis (1968) e citou Jackson (1972, p.50):

Se estamos conscientes de que devemos nos preocupar com a cidade do futuro, e que esta cidade depende de nossas decisões, então devemos começar a pensar sobre as alternativas que temos. As alternativas são tantas quanto pessoas que tomam decisões, pois há combinações de decisões que as pessoas podem tomar. (DOXIADIS, 1968 *apud* JACKSON, 1972, p.50).

Compreender o espaço urbano e o desenvolvimento futuro das cidades estará no entendimento dos seus elementos e das escalas que existem, principalmente na compreensão das relações entre escalas morfológicas e formas existentes (BEIRÃO, 2012). Dessa maneira, começar a pensar no futuro deve partir da avaliação do presente, com suas forças e fraquezas, e uma disposição para agir porque o futuro é um campo de poder (JACKSON, 1972).

3.3 CONCLUSÕES SOBRE O CAPÍTULO 3

Em projeto, a fundamentação da decisão pode estar em dois momentos distintos: na justificativa para uma escolha ou na verificação de seu efeito. Em outras palavras, pode-se decidir por uma determinada alternativa considerando-se um argumento verdadeiro, e pode-se decidir por uma alternativa e avaliar suas consequências (MOREIRA, 2007, p.4).

No decorrer desse capítulo foi exposta a evolução do processo de desenvolvimento computacional através da revisão teórica sobre o Movimento dos Métodos e sobre as principais teorias que embasaram a Era Digital (Teoria da Informação, Teoria dos Sistemas, Cibernetica e Pesquisa Operacional). Essas teorias foram relacionadas com as características do processo projetual a fim de destacar suas aplicações.

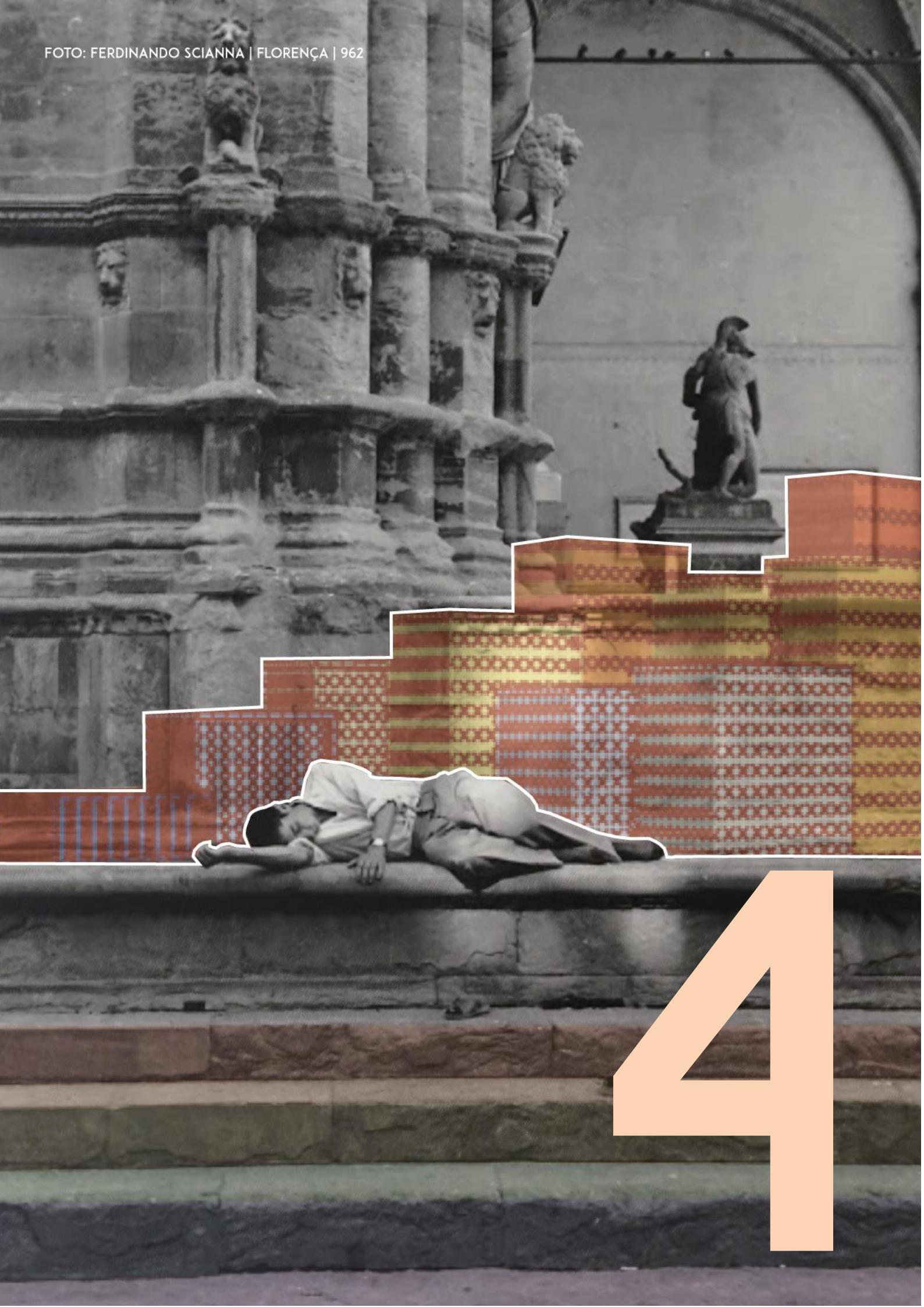
Também foi feita uma recapitulação histórica do computador como ferramenta rudimentar até sua inserção na área de Arquitetura e Urbanismo, correlacionando o desenvolvimento teórico da era digital com a evolução da ferramenta.

Posteriormente a essa abordagem histórica, apresentou-se os modelos computacionais e mecanismos digitais que contribuem nos processos de geração, avaliação, de desempenho. Esses modelos (classificados por Oxman, 2006) ilustram as principais contribuições possíveis da ferramenta computacional no projeto arquitetônico e urbanístico

Após a apresentação desses modelos, o capítulo finalizou enfocando as possibilidades da inserção da ferramenta digital – especificamente paramétrica – no processo de projeto urbano. Esse enfoque se deu pela conceituação dos termos *design* paramétrico, pela exemplificação de aplicações dessa inserção: geração formal a nível urbano e otimização de

processos de cálculo. Por fim, apontou-se as dificuldades existentes na inserção de ferramentas computacionais na prática de planejamento e projetos urbanos e destaca os benefícios da mudança dessa perspectiva puramente tradicional.

FOTO: FERDINANDO SCIARRA | FLORENÇA | 962



4

4 METODOLOGIA

A complexidade dos problemas não deve nos desencorajar, pelo contrário, deve estimular atividades para realizar os sonhos humanos de um amanhã melhor e sustentável (WALCZAK e BIAŁKOWSKI, 2018, p.v – tradução livre da autora).

Após o aporte teórico exposto nas seções anteriores, o presente capítulo objetiva apresentar a metodologia utilizada no alcance dos objetivos propostos na pesquisa. Essa caracterização será feita inicialmente a partir da apresentação do método que embasa a construção dessa pesquisa, justificando sua escolha, conceituando-o e caracterizando-o em relação às intenções e objetivos desejados. Em seguida serão apresentadas as fases da pesquisa e sua conexão com o método, apresentando também os referenciais que suportam a escolha dos procedimentos metodológicos seguidos (Figura 41).

Figura 41 - Estrutura do Capítulo 4



Fonte: da autora, 2020

Como apontavam Benbasat e Weber (1996, p.392), “os métodos de pesquisa moldam a linguagem que utilizamos para descrever o mundo, e a linguagem molda como nós pensamos sobre o mundo”. Diante do que já fora exposto nas seções anteriores, esta pesquisa tem um forte caráter exploratório e propositivo. A realidade do planejamento e projeto urbano atua como uma provocação e desperta uma necessidade por modos mais eficientes de lidar com o ambiente urbano.

Diante disso, a metodologia e consequentemente os procedimentos metodológicos aqui propostos se encaixam com o método denominado *Design Science research*. Esse método, assim como o estudo dos processos de *design*, começaram a ser estudados com o Movimento dos Métodos, já discutido no capítulo anterior.

Cantamessa (2003), destaca que o *Design research* esteve inicialmente próximo ao domínio de trabalho do projetista de engenharia mecânica, algo que até hoje se prova pela quantidade de pesquisas e artigos que relacionam o método com as engenharias. No entanto, o mesmo autor salienta que um número substancial de pesquisadores vem de campos diferentes como de Tecnologia da Informação (TI), psicologia ou sociologia. Cada um extraindo questões, teorias e métodos de pesquisa específicos da disciplina em que foi formado.

Bayazit (2004, p.27) também afirma que há uma “estreita relação entre a pesquisa em *design* e os desenvolvimentos no campo de TI, especialmente nas ciências cognitivas à Inteligência Artificial”. Tal relação se prova pelo fato que estudos sobre pesquisadores dessa área afetaram o desenvolvimento de estudos sobre *designers* até um ponto que técnicas como de “pensar em voz alta” e “análise de protocolo” passaram a ser adotadas por esses profissionais.

Ao tratar especificamente do *design* mais próximo das áreas de arquitetura e urbanismo, o *Design Science research* em muito se comunica com a segunda fase de pesquisadores do movimento dos métodos. A obra “A ciência do artificial” de Simon (1996 [1965]) em muito se relaciona com o que o método propõe; o autor propõe uma ampla abordagem científica às ciências do artificial em economia e em outras disciplinas, nas quais o *design* “do artificial” é objeto de sua própria disciplina (BAYAZIT, 2004).

Simon (1996) definiu a *Ciência do artificial* como um corpo de doutrina analítica, parcialmente formalizável, parcialmente empírica e ensinável sobre o processo de *design* (CANTAMESSA, 2003). Nesse sentido, ele considera o *design* em amplos termos, no sentido de ser um processo que se destina em transformar situações existentes em desejadas.

Assim, a diferença entre a ciência natural e do artificial é que a primeira é um conjunto de conhecimento sobre uma classe de objetos e fenômenos do mundo, estudando suas características, como se comportam e interagem e a segunda ocupa-se principalmente com o desenvolvimento de ideias de artefatos que realizam objetivos (ÇAĞDAŞ e STUBKJÆR, 2011; LACERDA, 2013; SIMON, 1996).

Isto posto, o *Design Science research* segundo Van Aken (2004), busca desenvolver conhecimento para o *design* e sua realização, ou seja, resolver problemas ou melhorar desempenho de sistemas e entidades existentes.

O *Design Science research* é uma investigação sistemática cujo objetivo é o conhecimento ou a incorporação da configuração, composição, estrutura, propósito, valor e significado nas coisas e sistemas artificiais (ARCHER, 1981 *apud* BAYAZIT, 2004, p.16 – tradução livre da autora).

Järvinen (2007) destaca que o método atua e refere-se a três tipos de *design*: **de objeto**, o projeto da intervenção ou do próprio artefato; **um projeto de realização**, para a implementação da intervenção ou materialização real do artefato; e o ***design* do processo**, o desenvolvimento do plano para a solução do problema. A pesquisa aqui proposta em muito se alia com a primeira e terceira abordagem uma vez que propõe um artefato, o código paramétrico, ao mesmo tempo que apresenta o caminho metodológico até ele.

Esse mesmo autor ainda adiciona que o *Design Science research* é utilizado por pesquisadores interessados em “desenvolver regras tecnológicas para um determinado tipo de questão. Cada caso individual é principalmente orientado para resolver o problema local” (JÄRVINEN, 2007, p.49).

Semelhantemente, Hubka e Eder (1996) veem o *Design Science* como um grande conjunto de conhecimentos que abrange quatro principais categorias: (i) teoria dos sistemas técnicos; (ii) teoria do *design* e teoria dos processos de *design*; (iii) informações técnicas especiais e conhecimentos aplicados de recursos naturais; (iv) metodologia de projeto (CANTAMESSA, 2003, p.2).

Nota-se então que o método da presente pesquisa não é descritivo explicativo, mas é principalmente prescritivo. O *Design Science* está focado naquilo que pode vir a se tornar, não no que é. Carlsson (2006) afirma que tem objetivo prático uma vez que propõe a realização de iniciativas de sistemas de informação para melhoria de desempenho.

A fim de compreender mais claramente a estrutura proposta pelo *Design Science*, Peffers *et al.* (2008) sumarizam a metodologia em seis passos principais:

- (i) Identificação do problema e motivação;
- (ii) Definição dos objetivos para a solução;
- (iii) *Design* e desenvolvimento;
- (iv) Demonstração;
- (v) Avaliação;
- (vi) Comunicação.

Esse autor ainda discorre sobre cada passo. No primeiro passo um problema específico de pesquisa deve ser definido assim como o valor da solução. Nessa pesquisa esse passo já fora feito e apresentado nos capítulos anteriores, explanando o cerne da problemática (relação entre forma urbana edificada, vida urbana e como a tecnologia computacional pode ser conectada à isso), as questões que a envolvem e sua relevância na inserção nos processos projetuais atuais.

Assim, a pesquisa deve demonstrar o conhecimento do estado da arte, bem como a justificativa de sua realização.

O segundo passo infere os objetivos de uma solução, partindo da definição do problema e do conhecimento do que é possível. No terceiro, os artefatos (como são referidos os produtos para a busca de solução) são criados. Eles podem ser de natureza conceitual, modelos, métodos ou novas propriedades de recursos técnicos, sociais ou de informação.

No quarto momento, a metodologia utiliza o artefato através de técnicas como experimentação, simulação, estudo de caso ou alguma outra atividade. A partir da realização dessas atividades, o quinto passo avalia através da observação e medição, quanto bem o artefato suporta a situação de teste, por exemplo. O autor ainda enfatiza que essa atividade de análise pode envolver também a comparação de objetivos de uma solução em situações diferentes. Por fim, o passo de comunicação, como o nome indica, trata-se da disseminação dos conhecimentos gerados, através de dissertações, artigos de periódicos, entre outros.

Järvinen (2007) também apresenta os principais elementos do método e compila os pontos principais em um esquema gráfico (Figura 42).

Figura 42 - Metodologia geral do *Design research*



Fonte: adaptado de Järvinen (2007, p.49)

Diante do que foi posto, há de se concordar com Lima (2017, p.32) ao destacar que “processos de projeto urbano podem ser beneficiados por métodos (e mesmo ferramentas) computacionais especificamente elaborados para sua potencialização”, ou seja, o espaço urbano em muito pode ganhar ao ter artefatos desenvolvidos em prol de sua melhoria e alcance de um melhor por vir.

Nesse sentido, a pesquisa aqui apresentada pretende contribuir para a discussão dos processos projetuais considerando a inserção de recursos computacionais, especificamente paramétricos, como ferramenta e agente modificador do processo e dos resultados de projeto. Sua metodologia baseia-se no *Design Science research* e estrutura-se em três momentos principais que serão detalhados a seguir: (i) fase 1: Embasamento teórico e definição do problema; (ii) fase 2: desenvolvimento do artefato metodológico; e (iii) fase 3: desenvolvimento do artefato prático.

4.1 FASE 1: EMBASAMENTO TEÓRICO E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Importante para a delimitação do problema assim como a exposição da relevância da pesquisa, a primeira fase já apresentada nas seções anteriores trata-se da fase de construção do quadro teórico-conceitual (Figura 43). Esse quadro inclui o aprofundamento das questões voltadas para a delimitação temática, especificamente, dos princípios para criação de espaços urbanos mais humanizados e com maior qualidade da vida urbana.

Nessa fase é feita também o aprofundamento do entendimento da tecnologia paramétrica através de pesquisa bibliográfica sobre recursos algorítmicos e de programação visual. Devido ao caráter prático do aprendizado dos *softwares*, outra estratégia de aprendizado adotada é a construção de códigos e a reconstrução de materiais precedentes disponíveis em plataformas de ensino *online* a fim de criar um repertório computacional para a posterior prática no desenvolvimento do código.

O quadro teórico conceitual foi construído em um período de aproximadamente um ano e é formado pelos autores que embasam essa pesquisa. De acordo com os principais assuntos que eles discutem, os autores são:

Figura 43 - Principais autores da fundamentação teórica de acordo com os eixos temáticos

Fundamentação teórica: principais autores				
FORMA URBANA	VIDA URBANA	DESIGN URBANO	PROJETO DIGITAL	DESIGN PARAMÉTRICO
1) Beirão (2012) 2) Bentley (2004) 3) Jackson (1972) 4) Kostof(1991) 5) Kuchpil (2008) 6) Ledrut (1977) 7) Lévy (2005) 8) McLoughlin (1973) 9) Mitscherlich (1972) 10)Moughtin (2007) 11)Rossi (1995)	1) Alexander et al.(1977) 2) Dobbins (2011) 3) Gehl (2013) 4) Jacobs(1993) 5) Lacaze (1995) 6) Lang (2006) 7) Ledrut (1977) 8) Moughtin (2007) 9) Teller (2001)	1) Alexander et al.(1977) 2) Dobbins (2011) 3) Gehl (2013) 4) Lang (2006) 5) Moughtin (2007) 6) Steinø (2010) 7) Whiffen (1966)	1) Andrade (2012) 2) Broadbent (1976) 3) Celani (2008, 2009) 4) Chaszar (2006) 5) Chiavenato (2003) 6) Guzdial (2000) 7) Hillier e Lieberman (2013) 8) Jones (1970) 9) Kolarevic (2003) 10)Lang e Burnette (1974) 11)Moreira (2007) 12)Souza (2010) 13)Oxman (2006)	1) Beirão e Arrobas (2013) 2) Beirão (2012) 3) Chaszar (2006) 4) Dino (2012) 5) Holst (2012) 6) Kolarevic (2003) 7) Lima (2017) 8) Steinø (2010) 9) Tedeschi (2014) 10)Woodbury (2010)

Fonte: da autora, 2019

Esse momento de definição teórica e metodológica coloca em prática os dois primeiros passos do *Design Science Research* apontados por Peffers *et al.* (2008), de identificação do problema e motivação assim como a definição dos objetivos para a solução.

4.2 FASE 2: DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO METODOLÓGICO

Após a construção da base teórica principal, a segunda fase da pesquisa de design e desenvolvimento compreende o estudo aprofundado dos padrões presentes em Alexander *et al.* (1977) e o desenvolvimento do processo de seleção de qual(is) será(ão) utilizado(s) para a geração do código, planejando em linguagem natural, como esses *patterns* serão traduzidos para a linguagem computacional paramétrica.

Durante o primeiro momento, é feito o cruzamento dos conhecimentos teóricos e práticos através da união entre o processo de *design* urbano e a prática computacional. Esse cruzamento de caráter exploratório exige um processo não linear de identificação dos padrões que tratam da relação entre a materialidade e imaterialidade da cidade e a análise do *pattern*, verificando a possibilidade de ser traduzido em linguagem de programação visual.

A etapa de seleção dos *patterns* é essencial para a posterior tradução em linguagem computacional. É essencial começar a fase de programação com uma clareza de qual(is) *pattern(s)* pode(m) ser traduzidos e como eles podem se relacionar de uma maneira lógica (entre si) e com o tema como um todo. Caso contrário, o processo de construção do código pode se tornar muito confuso, demorado e sem um objetivo claro.

Como salienta Dino (2012), a modelagem paramétrica requer intencionalidade e impõe ao designer muita explicitude antes da exploração dos parâmetros. Uma vez que a seleção dos *patterns* é parte importante do processo de desenvolvimento do código, todos os critérios que foram levados em consideração para a escolha e o detalhamento de quais foram escolhidos serão apresentados no capítulo seguinte referente à apresentação da metodologia desenvolvida para a criação do sistema.

O desenvolvimento desse caminho metodológico de seleção dos princípios, por si só já é um objeto de *design*, como já mencionado neste capítulo, o artefato para a melhoria e para a busca de solução pode ser um processo que leva ao *design* mais acertado e adequado para a realidade que se deseja.

4.3 FASE 3: DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PRÁTICO

Após a seleção dos *patterns* e desenvolvimento do sistema de maneira teórica, a fase final da pesquisa trata-se da tradução dos princípios selecionados, testes e verificação da aplicabilidade do código relacionando-o com soluções projetuais bem sucedidas, autores e projetos contemporâneos de referência.

A criação do código na linguagem formal escolhida, nesse caso, no *Grasshopper*, *plugin* do *Rhinoceros3D*, inicia-se a partir da tradução das variáveis existentes no sistema já pensado, em parâmetros. Na etapa de tradução para a linguagem formal do computador são necessários conhecimentos de programação visual e lógica computacional, mas acima de tudo, faz-se necessária a clareza no funcionamento e no fluxo de dados presentes no sistema.

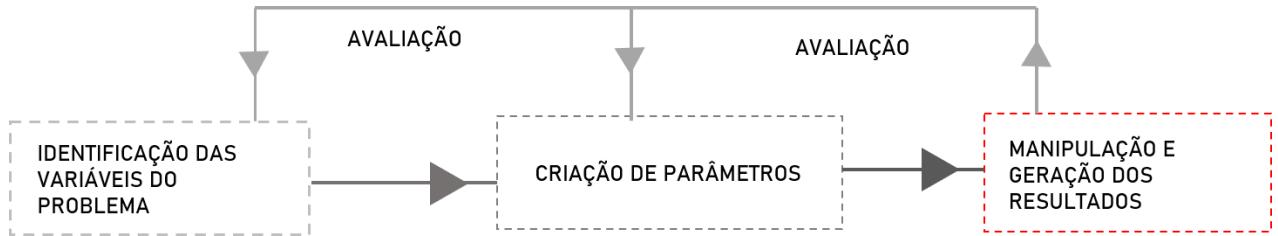
Esse processo de tradução não é linear, mas formado por idas e vindas com ajustes de parâmetros e verificação de objetivos, um código pode ser infinitamente ajustado e receber adições funcionais, nessa pesquisa ele é finalizado a partir do alcance dos objetivos delimitados na etapa de seleção.

Por fim, após a tradução e organização do código, são feitos testes que objetivam simular o funcionamento desses componentes. Para discutir a validade e atualidade dos princípios escolhidos e desenvolvidos por Alexander *et al.* na década de 1970, a pesquisa pretende relacionar com os autores e as soluções projetuais contemporâneas.

Como afirmava o já mencionado arquiteto italiano Luigi Moretti (*apud* TEDESCHI, 2014, p.20), criador da definição de Arquitetura Paramétrica em 1939, os parâmetros e suas inter-relações se tornam o código da nova linguagem, a sua estrutura no sentido original da palavra. A definição desses parâmetros e suas relações devem ser apoiadas pelas técnicas e ferramentas oferecidas pelas ciências mais atuais, principalmente pelas lógicas matemática e

computacional. De modo bastante resumido, o processo de construção do código pode ser ilustrado pela figura 44.

Figura 44 - Esquema genérico de construção de códigos paramétricos



Fonte: da autora, 2019.

FOTO: ÉDOUARD BOUBAT | MÉNIMONTANT, PARIS | 1956



5 CITY PATTERN: METODOLOGIA DE CRIAÇÃO DO CÓDIGO PARAMÉTRICO PARA SIMULAÇÃO DE FORMA URBANA EDIFICADA

If we hoped to understand the life which happens in a building or a town, we must therefore try to understand the structure of the space itself (ALEXANDER, 1979, p.74)¹⁷

Enquanto os capítulos anteriores apresentaram a construção do aporte teórico e metodológico dessa pesquisa, os próximos destinam-se a apresentar o produto principal dessa dissertação: a metodologia de construção e o código paramétrico em sua forma final e em funcionamento.

Objetiva-se que essa descrição, além de apresentar o código desenvolvido com suas capacidades e seu funcionamento, seja um exemplo de referência metodológica - a ser melhorada ou incorporada em outras situações - da união entre a prática do *design* urbano e o uso de novas tecnologias, construindo assim, novas e mais otimizadas maneiras de lidar com a complexidade dos problemas das cidades.

Como bem ressaltam Fink e Koenig (2019), o ponto central da inserção de tecnologia no processo decisório e de projeto é criar um ambiente digital inteligente que apoia decisões informativas e que facilita a troca de informação entre as partes interessadas para projetar um ambiente construído e de domínio público eficiente.

Dessa forma, no presente capítulo será descrito o processo de tradução de *patterns* (ALEXANDER *et al.* 1977) em um linguagem de programação, especificamente de programação visual. Para tal, o capítulo é estruturado em dois principais tópicos: (i) Linguagem Natural: construção teórica do sistema e (ii) Linguagem Formal: construção do código (Figura 45).

¹⁷ Se esperamos entender a vida que acontece em um prédio ou cidade, devemos, portanto, tentar entender a estrutura do próprio espaço (ALEXANDER, 1979, p.74- tradução livre da autora).

Figura 45 - Estrutura do Capítulo 5



Fonte: da autora, 2020

O primeiro tópico intitula-se ‘Linguagem Natural’, fazendo referência ao significado desse termo na área de ciências da computação: natural como aquilo que não é feito em uma linguagem de programação, mas que é utilizado para comunicação entre seres humanos. A escolha desse termo assim, indica que como a teoria do sistema paramétrico será descrita.

Além da utilização como ferramenta, essa pesquisa acredita que a inserção de tecnologias computacionais tem o potencial de alterar todo o processo de *design* e tornar mais clara a análise dos elementos que formam o sistema urbano e, consequentemente, o processo de tomada de decisão. Logo, a explicitude necessária na construção do código desenvolvido é uma importante etapa projetual que deve ser compreendida e explorada.

Após toda a exposição do sistema de maneira teórica, no segundo tópico será descrito o código em linguagem formal, ou seja, na forma de programação visual em que foi desenvolvido (foi utilizado o *Grasshopper*, *plug-in* do *Rhinceros3D*). Para isso, será apresentado o *software*, contendo uma breve descrição de alguns importantes componentes; os objetivos; os dados que o formam (*inputs* e *outputs*) e seu funcionamento.

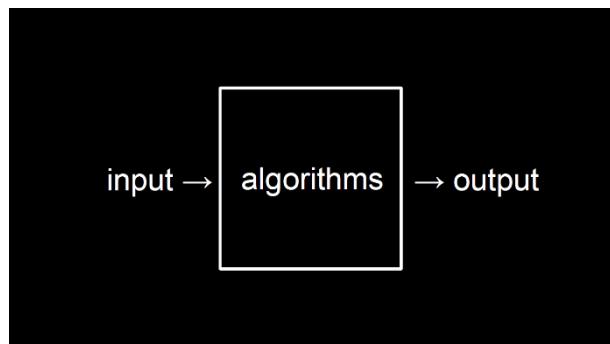
5.1 LINGUAGEM NATURAL: CONSTRUÇÃO TEÓRICA DO SISTEMA

Learning to describe an architectural design procedure algorithmically is the most important step before it can be implemented, which can be done by interdisciplinary groups, not necessarily by the architect him- or herself (CELANI, 2002, p.63).¹⁸

Como mencionado anteriormente, a intencionalidade e clareza é essencial na elaboração de qualquer algoritmo, de qualquer código. Nesse sentido, antes de programar, é necessário elaborar o sistema de forma teórica, para que posteriormente seja traduzido em ações e passos.

Qualquer programa (no contexto dessa pesquisa, referido como código) é formado por três elementos principais: *input*, algoritmos e *output* (Figura 46). Na busca pelo *output* (resultado), é necessário que haja uma clareza em qual o objetivo assim como qual(is) *input(s)* se adequa(m) na construção do código.

Figura 46 - Estrutura de um programa computacional



Fonte: online-learning.harvard.edu/course/cs50-introduction-computer-science

Nesse sentido, o presente tópico objetiva descrever o processo de definição dos *outputs* desejados a se buscar, os primeiros apontamentos de como o algoritmo é estruturado e os *inputs* que se encaixam aos objetivos da pesquisa e contribuem para a construção de um sistema paramétrico para manipulação de parâmetros e visualização de resultados relativos à forma urbana edificada e à vida urbana presentes nas obra de Alexander *et al.* (1977, 1979).

Uma vez que o objetivo principal é criar um código que traduza princípios apontados por Alexander *et al.* (1977), esse tópico centra-se primordialmente nessa obra e nos *patterns* que a estruturam. Será descrito como o sistema foi elaborado, a fim de que não apenas a elaboração do código seja referência para trabalhos futuros, como também o processo de estruturação teórica desses algoritmos.

¹⁸ Aprender a descrever um procedimento de projeto de arquitetura algorítmicamente é o passo mais importante antes que ele possa ser implementado, o que pode ser feito por grupos interdisciplinares, não necessariamente pelo próprio arquiteto (CELANI, 2002, p.63 – tradução livre da autora).

Tal processo de construção teórica pode ser melhor compreendido em três momentos principais: (i) Seleção dos *patterns*: estudo dos 253 *patterns* que estruturam o livro e identificação de quais se relacionam com as temáticas dessa pesquisa; (ii) Conexões entre *patterns*: análise e a identificação de relações entre eles; e (iii) Construção do sistema: a partir das conexões, o sistema paramétrico estabelece-se de maneira mais clara e pronta para ser levada ao ambiente computacional.

5.1.1 Seleção dos *patterns*

Anteriormente, no Capítulo 2 desse trabalho, foi discutida a relevância da obra de Christopher Alexander e principalmente o livro ‘*A Pattern Language*’. Foi visto que o livro é formado por 253 *patterns* divididos em três grandes grupos: *Town*, *Building* e *Construction*. Essa divisão deixa mais clara a diferença entre as escalas de determinados *patterns* e as conexões de acordo com os autores do livro; mas, segundo ele próprio, todos eles podem se relacionar direta ou indiretamente.

É importante enfatizar que os *patterns* podem se conectar com vários outros, mas eles por si só são completos. Como aponta Alexander (1979), a linguagem gerada pode ser usada de maneira diferente de acordo com cada projetista e para atender a cada contexto específico.

Cada pessoa usa a linguagem para criar um edifício que reflete seus sonhos, para atender às necessidades especiais de sua própria família, a maneira como vivem, os animais que mantêm, o local e sua relação com a rua. Mas, no geral, apesar das diferenças, há uma constante, uma harmonia, criada pela repetição dos *patterns* subjacentes (ALEXANDER, 1979, p.191 – tradução livre da autora).

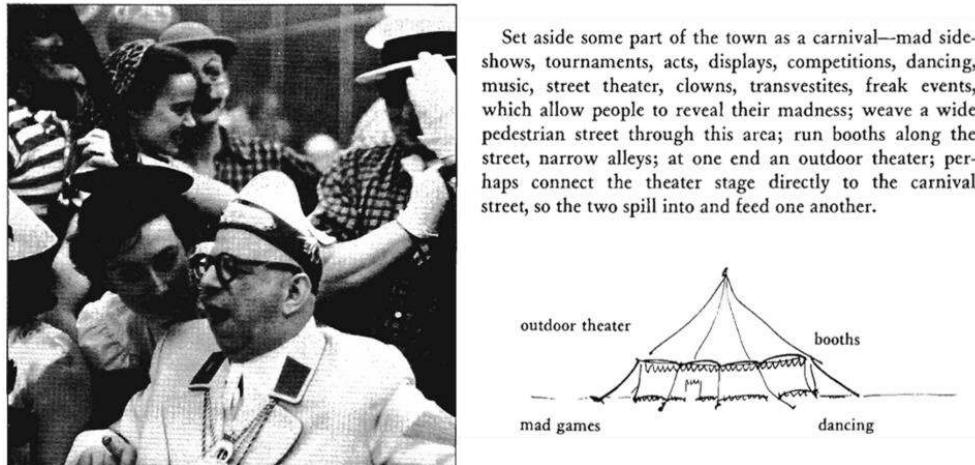
Da mesma maneira que a aplicação dos *patterns* varia de acordo com o contexto e com quem está o utilizando, a maneira de traduzir esses princípios para uma linguagem computacional também é variável. O desenvolvimento de qualquer código depende dos conhecimentos de quem está programando: uma mesma função pode ser executada de diversas maneiras.

Nesse sentido, a escolha de qual(is) *pattern(s)* formaria(m) o sistema paramétrico foi feita de acordo com o tema abordado e quais seriam mais adequados para *design* urbano. Já no primeiro momento de leitura do livro, foi identificado que enquanto alguns *patterns* têm potencial de se tornarem algoritmos, outros são essencialmente abstratos e aplicáveis como princípios de gestão (Figura 47).

Como destaca Beirão (2012), ambas as abordagens ao conceito de *patterns* podem ser úteis em termos de definição de uma ferramenta de *design* urbano. No entanto, algumas podem

fornecer os formalismos para controlar um sistema de geração formal, enquanto outras podem fornecer bases para um nível de abstração de alto nível de detalhe.

Figura 47 - Exemplo de *pattern* de gestão – *Pattern 58 Carnival*



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.298-300)

O *pattern* presente na figura 50 “#58 Carnaval” tem como princípio incentivar e apontar os benefícios da realização de atividades sociais entre os moradores. Enquanto o princípio é bastante válido e sem dúvida pode contribuir para uma vida urbana mais ativa, não é explícita suficiente- uma vez que incorpora grande diversidade de atividades - para tornar-se diretamente um elemento do sistema paramétrico para *design* urbano a ser desenvolvido.

Diante disso, o primeiro passo na escolha dos *patterns* foi identificar quais poderiam ser traduzidos em algoritmos e que eram relacionados à temática da pesquisa. Esse processo foi feito a partir da leitura de toda a obra e da classificação de cada pattern em classes temáticas: (i) de gestão, muito amplos; (ii) mobilidade e sistema viário; (iii) subjetivos e comportamentais; (iv) potenciais. A partir disso foram identificados inicialmente 28 foram escolhidos por abordarem a forma urbana edificada, vida urbana e *design* (Figura 48). Eles permeavam várias escalas e vários aspectos do urbano.

Importante mencionar que além desses *patterns*, diversos outros tratavam de morfologia urbana, mas partiam de princípios voltados ao sistema viário, detalhamento de elementos construtivos, entre outros. Uma vez que a complexidade dos temas principais dessa pesquisa já é considerável, todos aqueles que não se encaixavam diretamente, não foram selecionados.

Figura 48 - Primeira escolha dos *patterns*

PRIMEIRA ESCOLHA DE PATTERNS - CONSIDERANDO A RELAÇÃO COM A TEMÁTICA		
#3 BRAÇOS DE ZONA URBANA NO CAMPO	# 1-7 PARA REGIÃO	#60 PRAÇAS ACESSÍVEIS
#9 LOCAIS DE TRABALHO BEM DISTRIBUÍDOS		#61 PRAÇAS PÚBLICAS PEQUENAS
#10 A MÁGICA DA CIDADE GRANDE		#67 ÁREA EXTERNA COLETIVA
#14 BAIRRO IDENTIFICÁVEL	# 8-27 PARA UMA CIDADE	#95 EDIFICAÇÃO COMO COMPLEXO
#21 LIMITE DE QUATRO PAVIMENTOS		#96 NÚMERO DE PAVIMENTOS
#22 NOVE POR CENTO EM ESTACIONAMENTOS		#100 RUA DE PEDESTRES
#28 NÚCLEOS EXCÉNTRICOS	#28-48 PARA VIZINHANÇAS E BAIRROS	#103 ESTACIONAMENTOS PEQUENOS
#29 ANEIS DE DENSIDADE		#106 ESPAÇO EXTERNO POSITIVO
#30 NÓS DE ATIVIDADE		#108 EDIFICAÇÕES CONECTADAS ENTRE SI
#31 PROMENADE		#109 CASA LONGA E ESTREITA
#35 DIVERSIDADE DE DOMICÍLIOS		#121 FORMA DOS PASSEIOS
#37 AGRUPAMENTO DE MORADIAS		#124 BOLSÕES DE ATIVIDADE
#38 MORADIAS EM FITA		#164 JANELAS PARA A RUA
#48 INSERÇÃO DE MORADIAS EM ÁREAS		#165 ABERTURA PARA A RUA
		#159-178 PARA OS JARDINS E OS CAMINHOS ENTRE EDIFÍCIOS
		#49-74 PARA ÁREAS PÚBLICAS EM UM BAIRRO

Fonte: da autora, 2020

Apesar da significativa diminuição da quantidade de *patterns* a serem trabalhados – de 253, foram selecionados inicialmente 28 – ainda fez-se necessário analisar a viabilidade de utilizá-los no contexto atual brasileiro, assim como estudar a maneira de como a conexão entre eles seria feita. Para isso, foi feita uma análise de viabilidade a partir de uma ficha resumo preenchida pela autora (Figura 49).

A ficha objetiva analisar: quão aquele *pattern* era aplicável nas discussões atuais de planejamento urbano, aplicação direta ou não dos temas da pesquisa, quão objetivo são os direcionamentos presentes no *pattern* (chamado *objetividade do algoritmo*) e se já existia alguma ideia de como aplicar individualmente em um código.

Figura 49 - Ficha de análise primária de viabilidade

ANÁLISE PRIMÁRIA DE VIABILIDADE				
1_NÍVEL DE UTOPIA*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2_APPLICAÇÃO DIRETA AO TEMA?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO		
3_OBJETIVIDADE DO ALGORITMO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4_ALGUMA IDEIA DE COMO APLICAR?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO		
5_DESCRIPÇÃO DA POSSIVEL APLICAÇÃO:	<hr/> <hr/>			
	 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO PATTERN			

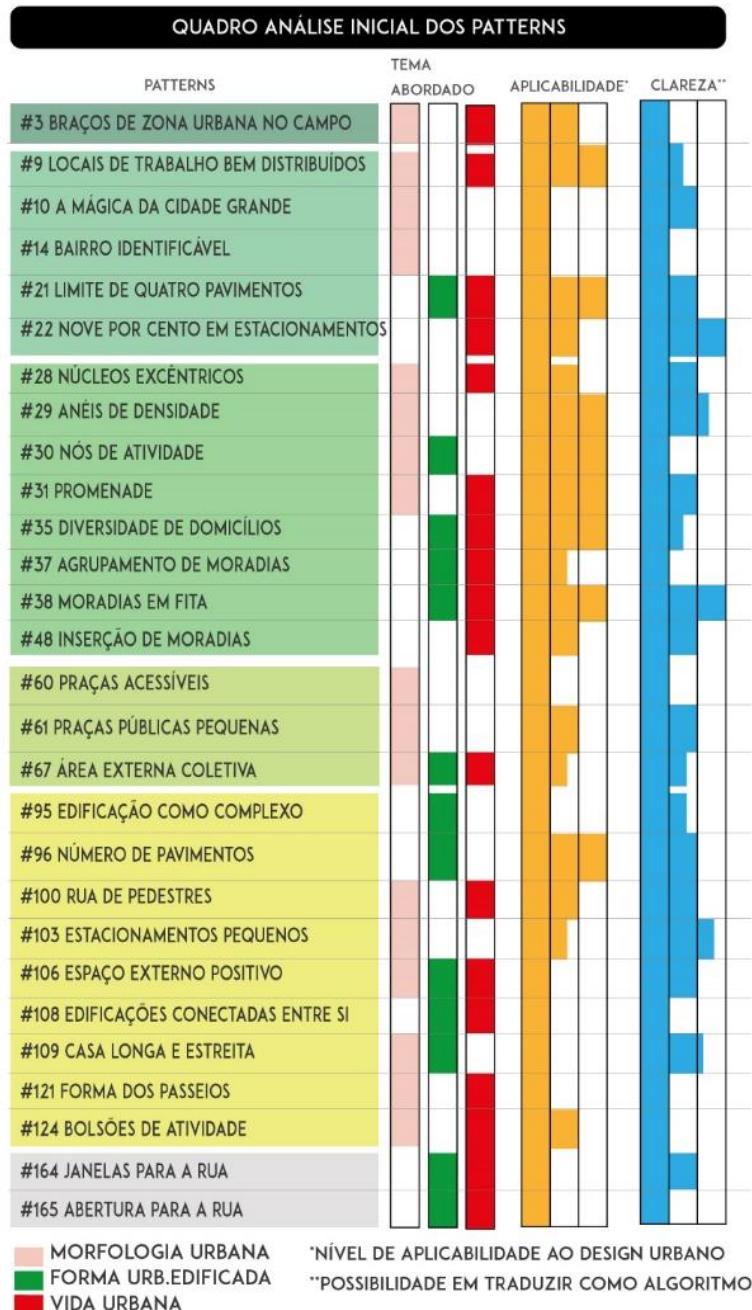
*ALGUNS PATTERNS TÊM UM NÍVEL DE ABSTRAÇÃO E SUBJETIVIDADE MUITO GRANDE. O SENTIDO DA PALAVRA UTOPIA NESSE CONTEXTO PRETENDE AVALIAR SE O PATTERN EM QUESTÃO É POUCO POSSÍVEL DE SER INSERIDO EM UMA SITUAÇÃO REAL DE PLANEJAMENTO URBANO.

Fonte: da autora, 2020

A partir das fichas resumos, foi feita uma compilação das informações em um quadro (Figura 50). Nesse quadro além da aplicabilidade e clareza do *pattern* (para ser traduzido na linguagem de programação visual), identificou-se o tema ou os temas da pesquisa que cada

pattern abordava: ‘morfologia urbana’, ‘forma urbana edificada’ e ‘vida urbana’. Dessa forma, foi possível ter uma visão ampla de todos os *patterns*, o que facilitou a posterior conexão entre eles.

Figura 50 - Quadro resumo de análise dos *patterns* escolhidos



Fonte: da autora, 2020

A identificação dos temas da pesquisa que cada *pattern* abordava foi importante para iniciar o processo de criar conexões. Além dos assuntos em comum, foi importante fazer mais uma leitura aprofundada de cada um e começar a identificar ligações entre os *patterns*. Em

muitos momentos os próprios autores indicam de que maneira estes poderiam se conectar: a partir de determinado conceito ou ação presente na descrição do problema ou da semente de solução.

Um exemplo dessa indicação no próprio texto é o trecho presente no início da descrição do *pattern* '#9 Locais de trabalho bem distribuídos' (*Scattered work*):

Esse padrão ajuda a evolução gradual do #8 Mosaico de subculturas (*Mosaic of subcultures*), colocando famílias e trabalhando juntos, intensificando o surgimento de subculturas altamente diferenciadas, cada uma com seu caráter individual (ALEXANDER *et al.* 1977, p.52 – tradução livre da autora).

5.1.2 Conexões entre *patterns*

A partir da leitura, decidiu-se representar graficamente as conexões observadas entre os *patterns* selecionados a fim de ter uma perspectiva mais ampla de todos, assim como identificar qual(is) estabelecia(m) uma maior quantidade de relações. Essas conexões foram estabelecidas principalmente pela autora, levando em consideração o que os textos de cada um apontava como relação.

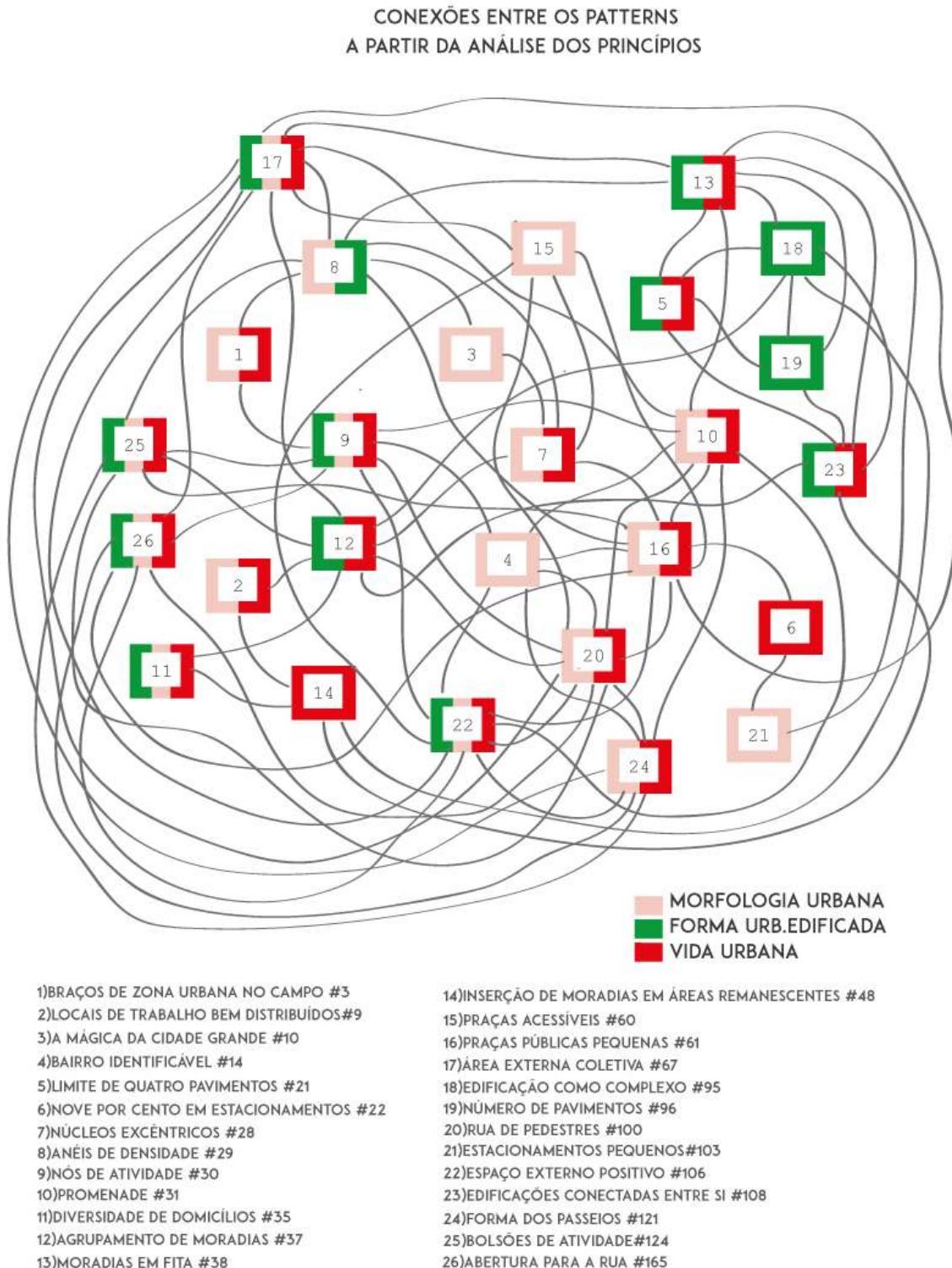
Nesse momento de análise, o número de *patterns* diminuiu. Após a etapa de seleção foi pensado que o *pattern* '#109 Casa longa e estreita' e o '#164 Janelas para a rua' atuavam em uma escala muito pequena o que tornaria incompatível com a escala urbana desejada. Portanto, de 28 iniciais a etapa de conexões considerou 26:

1. #3 BRAÇOS DE ZONA URBANA NO CAMPO (*City country fingers*);
2. #9 LOCAIS DE TRABALHO BEM DISTRIBUÍDOS (*Scattered work*);
3. #10 A MÁGICA DA CIDADE GRANDE (*Magic of the city*);
4. #14 BAIRRO IDENTIFICÁVEL (*Identifiable neighborhood*);
5. #21 LIMITE DE QUATRO PAVIMENTOS (*Four-story limit*);
6. #22 NOVE POR CENTO EM ESTACIONAMENTOS (*Nine per cent parking*);
7. #28 NÚCLEOS EXCÊNTRICOS (*Eccentric Nucleus*);
8. #29 ANÉIS DE DENSIDADE (*Density rings*);
9. #30 NÓS DE ATIVIDADE (*Activity nodes*);

10. #31 PROMENADE (*Promenade*);
11. #35 DIVERSIDADE DE DOMICÍLIOS (*House hold mix*);
12. #37 AGRUPAMENTO DE MORADIAS (*House cluster*);
13. #38 MORADIAS EM FITA (*Row houses*);
14. #48 INSERÇÃO DE MORADIAS EM ÁREAS REMANESCENTES (*Housing in between*);
15. #60 PRAÇAS ACESSÍVEIS (*Accessible green*);
16. #61 PRAÇAS PÚBLICAS PEQUENAS (*Small public squares*)
17. #67 ÁREA EXTERNA COLETIVA (*Common land*)
18. #95 EDIFICAÇÃO COMO COMPLEXO (*Building complex*);
19. #96 NÚMERO DE PAVIMENTOS (*Number of stories*);
20. #100 RUA DE PEDESTRES (*Pedestrian street*);
21. #103 ESTACIONAMENTOS PEQUENOS (*Small parking lots*);
22. #106 ESPAÇO EXTERNO POSITIVO (*Positive outdoors space*);
23. #108 EDIFICAÇÕES CONECTADAS ENTRE SI (*Connected buildings*)
24. #121 FORMA DOS PASSEIOS (*Path shape*);
25. #124 BOLSÕES DE ATIVIDADE (*Activity pockets*);
26. #165 ABERTURA PARA A RUA (*Openning to the street*);

O esquema para visualização dos *patterns* com maior conexão e suas temáticas principais, foi feito a partir de uma teia de conexões e identificação temática por cores já utilizadas na compilação anteriormente feita (Figura 51).

Figura 51 - Representação da conexão entre os *patterns*

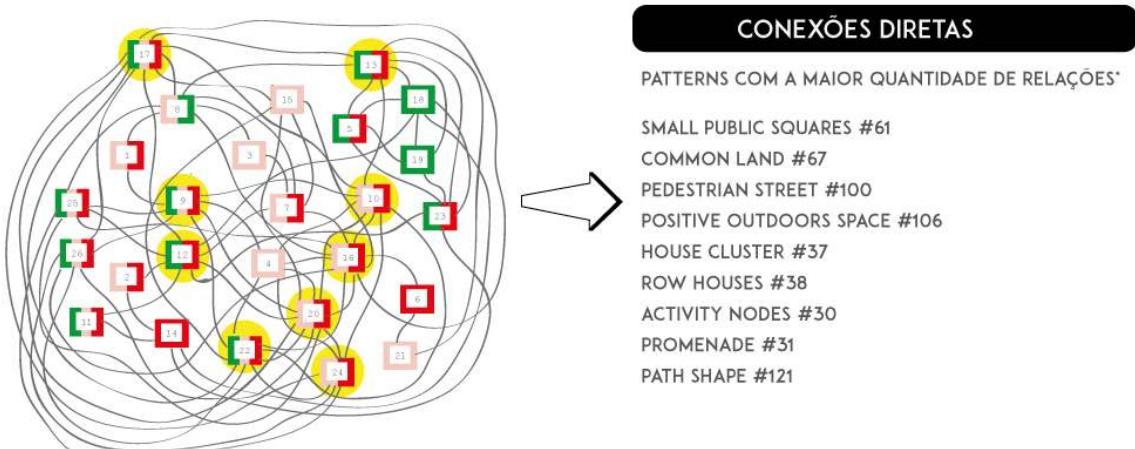


Fonte: da autora, 2020.

Por meio dessa teia de relações, foi possível identificar os *patterns* que conectam com uma maior quantidade de princípios e que potencialmente devem exercer um maior impacto na

criação do sistema (Figura 52). Nessa teia a quantidade de conexões variou entre 2 até 11. Os *patterns* identificados para terem um maior impacto conectavam de 9 a 11 outros elementos. De forma esperada, notou-se que aqueles *patterns* que abordavam apenas um dos três principais temas escolhidos tinham uma menor quantidade de conexões com os demais.

Figura 52 - *Patterns* com maior quantidade de conexões



*ESSA ANÁLISE VISA IDENTIFICAR QUAIS PATTERNS PODEM CRIAR UM SISTEMA MAIS CONECTADO E RELACIONADO AO TEMA EXPLORADO NA PESQUISA

Fonte: da autora, 2020.

Após a criação da teia de relações, foi feita mais uma análise e redução da quantidade de *patterns*, tendo como critério de seleção a conexão entre eles e a maior aplicabilidade ao tema. Percebeu-se que alguns *patterns* poderiam ter maior impacto no desenvolvimento de um sistema que relaciona a forma urbana edificada, esses *patterns* então foram chamados de “âncoras”.

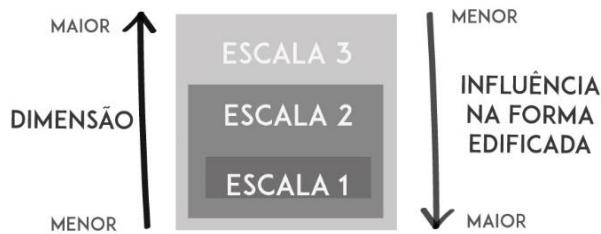
Percebeu-se que os *patterns* âncora influenciam a forma urbana edificada no espaço urbano em diferentes escalas. A partir daí, a ideia inicial de trabalhar com a forma urbana edificada em diferentes escalas foi restaurada.

A escala 1 altera a edificação, mudando a forma urbana edificada a nível do lote. Já a escala 2 trata da edificação a nível de quadra, a disposição das edificações. Por último, a escala 3 trabalha com elementos a nível de conjunto de quadras até nível de recortes urbanos uma vez que manipula densidades construtivas e configuração desses recortes (Figura 53).

Interessante mencionar que a partir do momento que as escalas foram definidas, os *patterns* que haviam sido retirados na etapa de seleção por não atuarem em uma grande escala urbana, foram novamente considerados uma vez que abordam o tema e, com a nova definição de atuação, poderiam contribuir com a construção do sistema.

A partir das conexões feitas, do estabelecimento dos *patterns* âncora e da definição das escalas, a construção do sistema propriamente dito aconteceu de maneira mais fluida e clara. Sua descrição será feita no tópico a seguir.

Figura 53 - Escalas de conexão entre os *patterns*



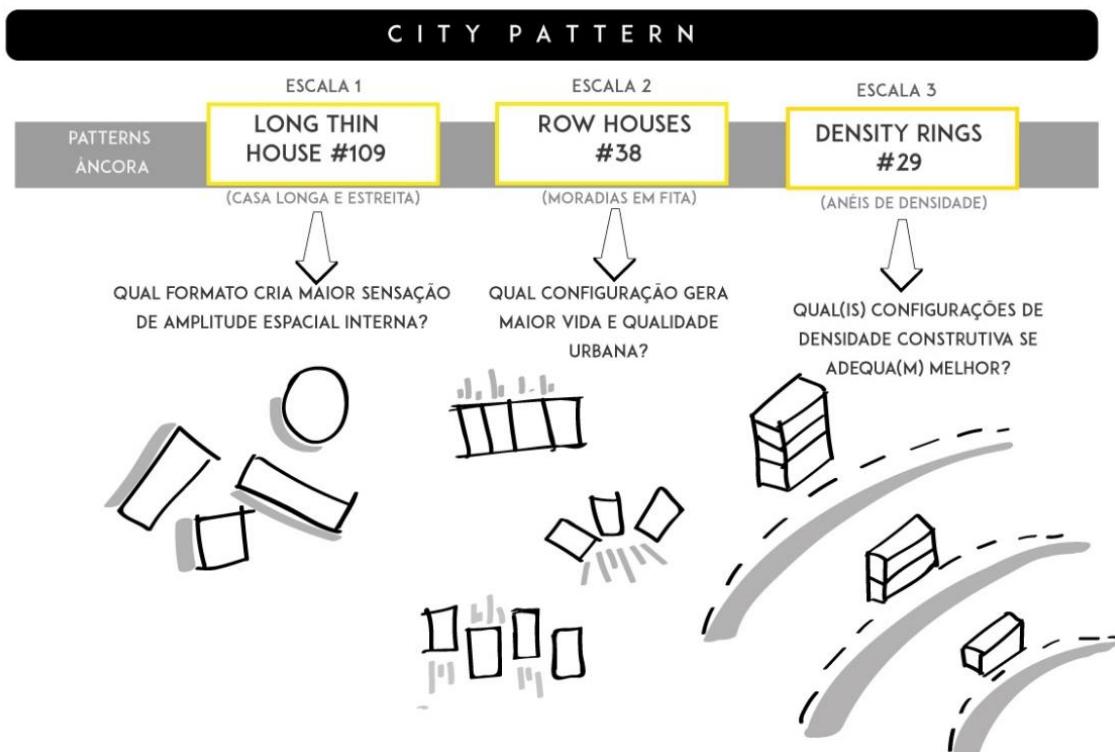
Fonte: da autora, 2020.

5.1.3 Construção do sistema

Com a definição das escalas e dos *patterns* âncora, os 26 *patterns* anteriormente selecionados foram, mais uma vez, analisados e aqueles que apresentavam maior conexão e coerência com o todo do sistema e com as escalas foram escolhidos.

A fim de tornar mais breve a descrição da construção do sistema, o esquema da Figura 54 ilustra brevemente quais são os *patterns* âncora e as perguntas problema de cada escala foram formuladas a partir da relação entre eles e o tema da pesquisa.

Figura 54: City Pattern: *patterns* âncora e resumo das escalas



Fonte: da autora, 2020.

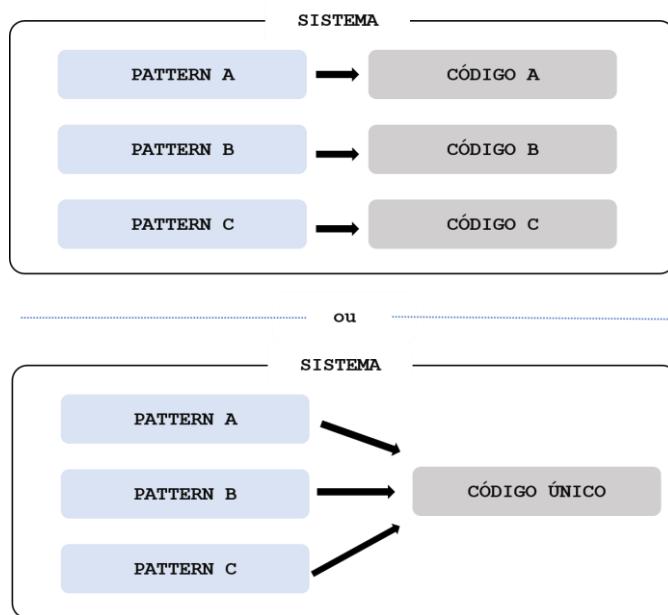
Como já apresentado, o sistema é desenvolvido a partir de uma teia de *patterns* que tratam da forma urbana, vida e aspectos da morfologia de recortes urbanos. Estabelecidos os âncoras, foram selecionados os demais *patterns* que além de conectarem as escalas, aumentarem a quantidade de aspectos da cidade analisados e trabalhados, contribuem para a criação de um sistema decisório de *design* urbano.

É essencial deixar claro que em momento algum o desenvolvimento desse sistema objetiva ser suficiente para embasar todas as decisões necessárias em um projeto urbano, nem limitar as análises das formas urbanas edificadas aos parâmetros e resultados gerados por ele. O espaço urbano possui uma complexidade imensa – como já discutido no Capítulo 2 – e não pode ser totalmente compreendida por um único sistema de *design*.

No entanto, por meio do desenvolvimento de ferramentas e do uso de tecnologias emergentes, pretende-se demonstrar as vantagens e potencialidades da união multidisciplinar entre a arquitetura e, principalmente nessa pesquisa com o urbanismo, com áreas como a da ciências da computação.

Desde o início do desenvolvimento da ideia do sistema, pensou-se em como o código iria ser estruturado em termos de relação entre os *patterns*. Se cada um formaria um trecho de código específico ou se todos, interligados, construiria um único código (Figura 55).

Figura 55 - Primeiras ideias de possíveis estruturas do sistema



Fonte: da autora, 2020.

Com a criação dos *patterns* âncora e das escalas relacionadas ao tema da pesquisa, decidiu-se optar pela segunda opção: as escalas, formadas pela conexão entre *patterns*, seriam parte de um grande sistema interligado de componentes responsáveis pela estruturação de um

código único. Com as definições do sistema nesse nível de detalhe foi inevitável pensar nas maneiras que determinados aspectos seriam construídos no ambiente da programação visual.

Nesse sentido, destaco mais uma vez a utilização da tecnologia paramétrica não apenas como uma ferramenta que fornece novas possibilidades de manipulação e geração formal, mas como uma ferramenta de mudança na maneira de construção do pensamento. O modo de pensar presente na prática de programação – de solução de problemas – não apenas contribui para criação de determinadas funcionalidades para a prática de *design*, mas na maneira como determinado problema – nesse caso, problemas urbanos - é lido e pensado de forma lógica e sistemática.

Como aponta Celani (2002, p.13), ao “usar simplesmente um computador para a manipulação e geração de formas, não estamos necessariamente projetando com um pensamento computacional”. Limitar o uso do computador e da tecnologia digital de maneira geral apenas como ferramenta é subestimar e tirar pouco proveito da complexa lógica intrínseca a esses processos.

Contudo, o presente trabalho defende que essa forma de pensamento lógica e sistemática não exclui o modo de pensar em questões que não são palpáveis nem objetivam tornar o processo de projeto positivista e fechado em si. A inserção da tecnologia computacional deve ser vista como um modo de lidar com o *design* que amplia o entendimento de elementos que devem ser considerados na tomada de decisão.

Logo, nessa pesquisa, é desenvolvido o começo de um sistema nomeado *City Pattern*. Nesse sistema foram escolhidas três dimensões de recorte espacial que abrange as características urbanas relacionadas à forma edificada (Figura 56). Para o maior entendimento do sistema, essas escalas serão descritas a seguir.

Figura 56 - Descrição das escalas



Fonte: da autora, 2020.

Escala 1: Formato da edificação

Já descrito brevemente, a escala 1 influencia a forma urbana edificada na menor dimensão e lida diretamente com a forma da edificação. Ela tem como âncora o *pattern* #109 Casa longa e estreita (*Long thin house*). Nesse *pattern*, Alexander *et al.* (1977) discutem qual formato, dado um valor de área, é capaz de resultar em uma maior sensação de amplitude espacial.

Para os autores, o ponto chave é o aumento da distância entre pontos extremos da forma. Obviamente, esse aumento da distância não pode ser infinito, uma vez que os ambientes devem ter dimensões viáveis, no entanto, o caminho percorrido no interior da edificação deve ser potencializado (Figura 57).

Figura 57 - *Pattern #109 Long thin house*

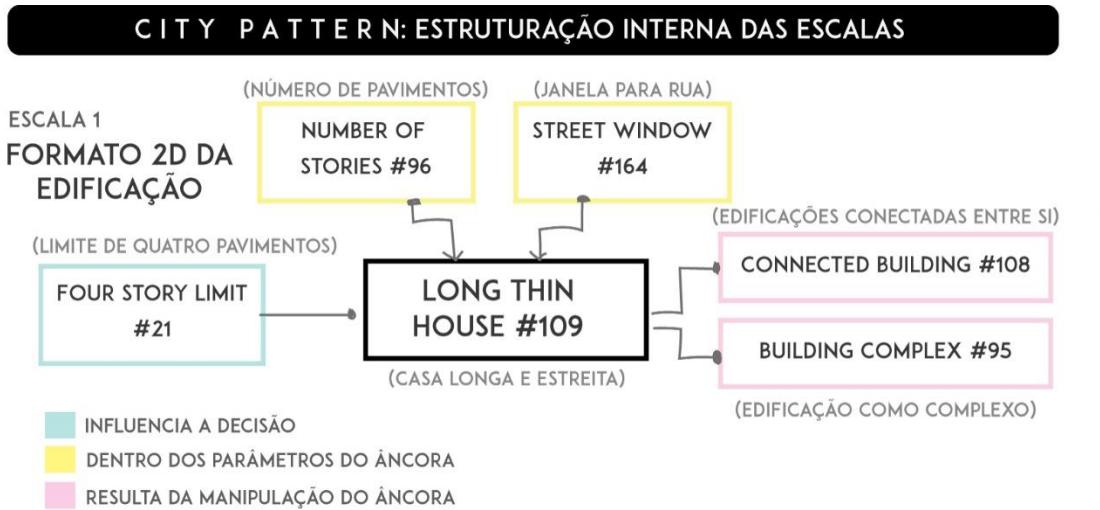


Buildings which increase the distance between points.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.536)

Conectados ao âncora, essa escala é formada por mais cinco *patterns*, todos relacionados à manipulação de características edilícias dessa dimensão. São eles: #21 Limite de quatro pavimentos (*Four-story limit*), #95 Edificação como complexo (*Building complex*), #96 Número de pavimentos (*Number of stories*); #108 Edificações conectadas entre si (*Connected buildings*) e #164 Janelas para a rua (*Street Windows*). A fim de evitar que a descrição do sistema seja repetitiva, o detalhamento de cada um desses *patterns* será feito juntamente com a explicação do código e da experiência em ateliê de projeto, nas próximas seções.

A estrutura dessa escala pode ser entendida pelo esquema da figura 58. Através dela, é possível perceber que alguns *patterns* têm a função de embasar a manipulação de parâmetros relacionados ao âncora, outros criam novos parâmetros para manipulação, ou são resultados das manipulações formais.

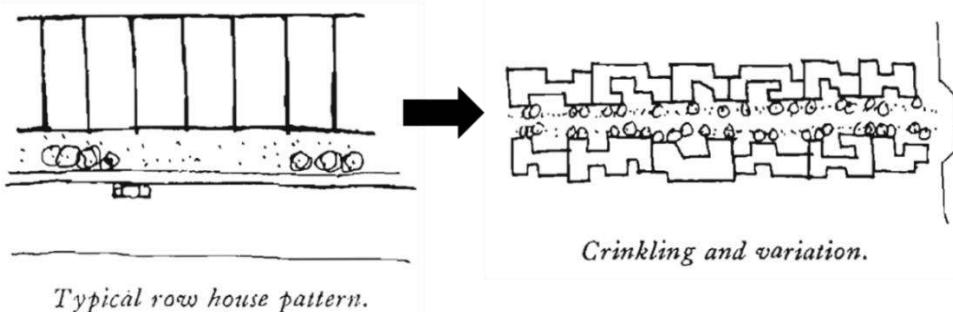
Figura 58 - *City Pattern*: estrutura da escala 1

Fonte: da autora, 2020.

Escala 2: Disposição das edificações

Como o nome da escala já indica, os *patterns* que a formam lidam com a maneira como as edificações serão dispostas em quadras ou em recortes urbanos amplos. O *pattern* âncora dessa escala é o #38 Moradias em fita (*Row houses*) (Figura 59).

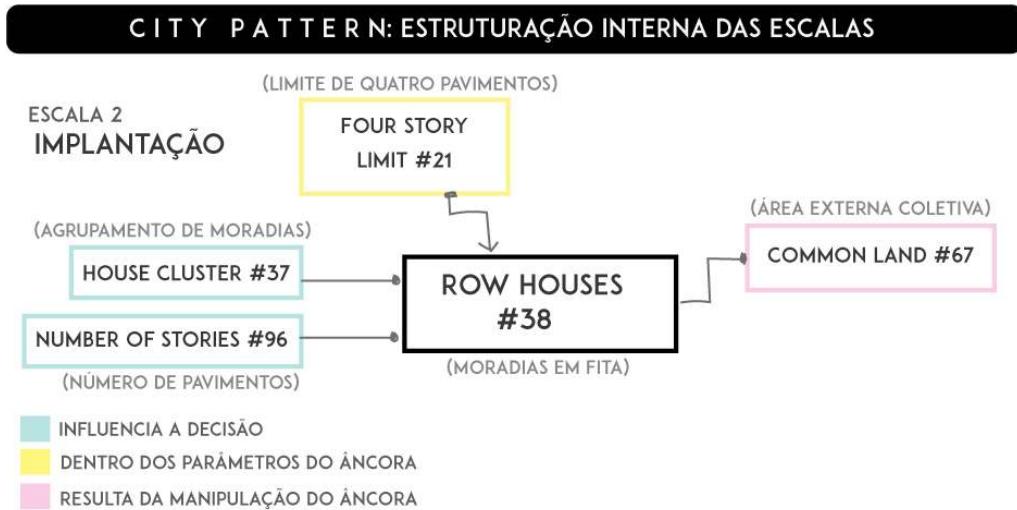
Esse *pattern* âncora aponta que a organização das edificações devem gerar passeios de pedestres, potencializando a vida urbana e o espaço compartilhado, ao mesmo tempo que criam configurações diferentes e variadas com as edificações.

Figura 59 - *Pattern #38 Moradias em fita*

Fonte: Adaptado de Alexander et al. (1977, p.205-206)

Juntamente com o #38 Moradias em fita, outros quatro *patterns* formam a escala 2 do sistema. São eles: #37 Agrupamento de moradias (*House cluster*), #67 Área externa coletiva (*Common land*) e o #96 Número de pavimentos (*Number of stories*); sendo que esse último faz uma conexão com a escala anteriormente descrita. Assim como feito na escala 1, a estrutura pode ser melhor entendida pelo esquema da figura 60.

Figura 60 - *City Pattern*: estrutura da escala 2



Fonte: da autora, 2020

Escala 3: Distribuição de densidades construtivas

Por último, a escala de maior dimensão lida com a distribuição da forma urbana edificada em relação à aspectos decisórios de organização espacial a nível de várias unidades de quadras ou um recorte urbano maior que aquelas trabalhadas nas escalas anteriores.

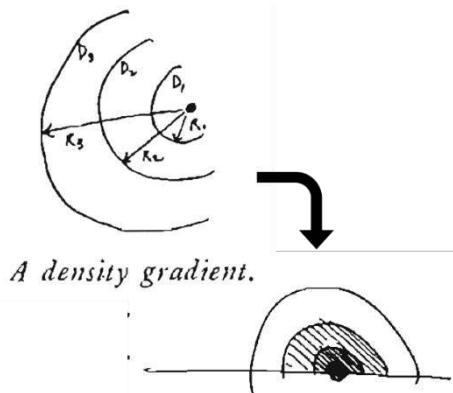
Sabe-se que, a densidade urbana é um tema extremamente amplo e lida com vários tipos de variáveis e aspectos do urbano (densidade demográfica, habitacional, construtiva) e seus valores absolutos não correspondem à totalidade da forma urbana (BERGHAUSER PONT e HAUPT, 2009).

Além disso, após décadas de discussões sobre a existência de uma densidade ideal, em que autores como Howard [1996 (1898)], Unwin (1912), Le Corbusier (1920s) e Jacobs (1993) estudaram números para definir um valor ótimo, foi observado que tais números não correspondem à diversidade de configurações e de culturas que são expressas no ambiente urbano. Logo, valores por si só não acompanham soluções perfeitas.

Assim, o estudo da densidade construtiva nesse trabalho não visa apontar um valor único e ótimo, mas uma configuração de densidade que varie de acordo com as características do contexto urbano estudado.

O *pattern* âncora dessa escala #29 Anéis de densidade (*Density rings*) recomenda que o espaço urbano varie de densidade de acordo com a distribuição de serviços e infraestruturas urbanas, fornecendo opções de maior ou menor densidade habitacional de acordo com o que os autores denominam “gradientes de densidade” (Figura 61).

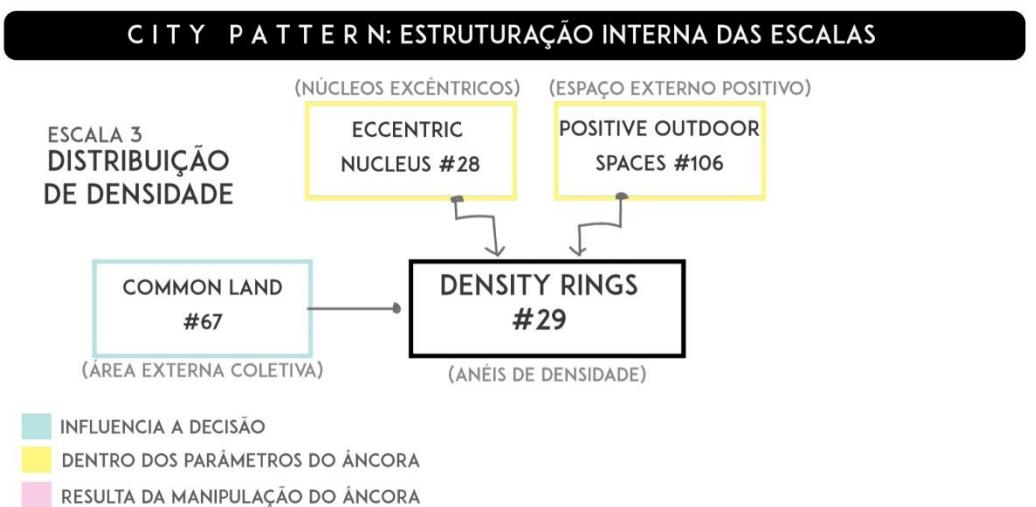
Figura 61 - Pattern #29 Anéis de densidade



Fonte: Adaptado de Alexander et al. (1977, p.157-162)

Além do #29 Anéis de densidade, outros três *patterns* formam a escala 3 do *City Pattern*: #28 Núcleos excêntricos (*Eccentric Nucleus*), #67 Área externa coletiva (*Common land*) e o #106 Espaço externo positivo (*Positive outdoors space*) (Figura 62). Além da forma urbana edificada, esses outros *patterns* apontam como os vazios dos espaços urbanos devem ser considerados nos processos de edificação da cidade.

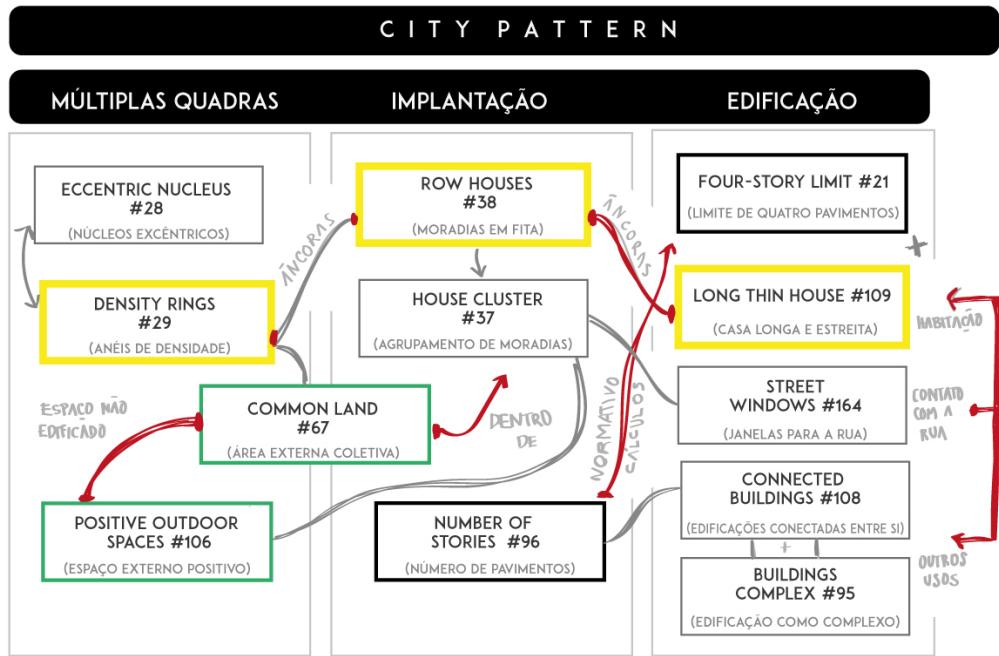
Figura 62 - *City Pattern: estrutura da escala 3*



Fonte: da autora, 2020

Após a descrição das escalas e dos *patterns* que estruturaram cada parte do sistema desenvolvido, pode-se resumir a estrutura teórica do *City Pattern* através do esquema presente na figura a seguir.

Figura 63 - *City Pattern*: estrutura resumo do sistema



Fonte: da autora, 2020.

5.2 LINGUAGEM FORMAL: CONSTRUÇÃO DO CÓDIGO

[...] Não é o produto final desse processo que está vivo, mas o próprio fluxo incessante. Não há produto desse processo: o prédio e a cidade, que vivem, **mas esse fluxo incessante, guiado por sua linguagem**, que constantemente se cria (ALEXANDER, 1979, p.364 – tradução e negrito da autora).

Apresentado todo o processo teórico e metodológico da construção do sistema desenvolvido, o presente tópico objetiva, como já dito anteriormente, descrever a interface prática do *City Pattern*. Além de expor as funcionalidades e contribuições para a área de pesquisa em questão, esse tópico também tem um cunho metodológico, uma vez que discute e apresenta a tradução do sistema para uma linguagem de programação visual, gerando a parametrização do *design*.

Como aponta Woodbury (2010), o *design* paramétrico é mais uma atitude do que qualquer aplicação de um *software* específico. Sua maior contribuição é ser uma nova maneira de pensar que tem como requisito inicial expressar e explorar as relações. Assim, apesar de utilizar uma ferramenta específica neste trabalho (o *Rhinoceros3D* e o *plug-in Grasshopper*), esclarece-se que o *software* utilizado é uma plataforma de ação, não o principal elemento do sistema.

Apesar de não ser o principal elemento do sistema desenvolvido, conhecer e entender o funcionamento básico do *software* é importante para compreender a escolha dessa plataforma

e o código em si. Assim, o presente tópico pretende expor a parte prática do sistema através de quatro principais partes: (i) *Grasshopper*: Software para a programação visual; (ii) Objetivos do código; (iii) Dados: *Inputs* e *outputs*; e (iv) Funcionamento do *City Pattern*.

5.2.1 *Grasshopper*: software para programação visual

O software *Grasshopper* é um *plug-in* paramétrico do programa de modelagem tridimensional *Rhinoceros3D*. Este *plug-in* consiste em um editor de algoritmo gráfico que se integra com as ferramentas de modelagem do *Rhinoceros3D* e que não exige conhecimentos de programação em *scripting*¹⁹. Tal característica amplia as possibilidades de integrar a lógica de programação em áreas diferentes daquelas de ciências da computação, tal como a de arquitetura e urbanismo.

Como um *plug-in* para *Rhino3D*, o *Grasshopper* é integrado com o robusto e versátil ambiente de modelagem usado por profissionais criativos em diversos campos, incluindo arquitetura, engenharia, design de produto, e mais. – (*The Grasshopper Primer* V3.3. p.6 – tradução livre da autora)²⁰.

Tratando do seu funcionamento, Holst (2012) aponta que no programa existem dois elementos básicos: dados e ações (Figura 64). Os códigos se organizam em “caixinhas” que se conectam como linhas em um código escrito. Todas as caixas podem ser consideradas como representando comandos que recebem entradas (*inputs*) e geram saída (*output*) através da ação solicitada.

Figura 64 - Funcionamento básico dos comandos da modelagem paramétrica no *plug-in Grasshopper*.



Fonte: Cavalcanti (2018) adaptado de Holst (2012, p.22)

O *Grasshopper* é formado por uma extensa quantidade de componentes que desempenham as mais variadas funções; desde operações matemáticas e condicionais, até o controle de pontos e curvas para geração de formas orgânicas. Como aponta Cavalcanti (2018),

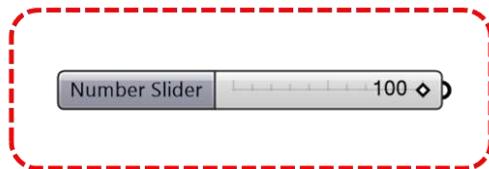
¹⁹ Scripting é uma linguagem de programação que suporta programas escritos para um sistema de tempo de execução especial que automatiza a execução de funções.

²⁰ *The Grasshopper primer* é um projeto *open source* iniciado por Bob McNeel, Scott Davidson e o time de desenvolvimento do *Grasshopper* na *Robert McNeel & Associates*. O documento está disponível em: <https://www.modelab.is/grasshopper-primer>

a maior particularidade desse *software* é a possibilidade de alterar valores - parâmetros - de maneira bastante simples.

Muitos desses parâmetros são controlados por um componente chamado *Number slider* (Figura 65). Ele é basicamente uma barra deslizante que possibilita a mudanças de valores apenas com um clique do *mouse*.

Figura 65 - Componente *Number slider*



Fonte: Cavalcanti (2018, p.53)

Apesar de não necessitar de conhecimentos de *scripting*, o *Grasshopper* possibilita a integração de linguagens de programação tradicional por meio de componentes que possibilitam o *scripting* e a geração de novas possibilidades de componentes. Dentre essas possibilidades, destaca-se a programação em *Python*²¹, *VB*²² e *C#*²³.

5.2.2 Objetivos do *City Pattern*

Diferentemente do objetivo de desenvolver um código, criar o sistema paramétrico em si necessita de um alto nível de explicitude e intencionalidade das ideias (DINO, 2012). É preciso entender sua finalidade para que os componentes sejam escolhidos e a estrutura do código corresponda ao uso desejado.

Assim, com a explicação teórica feita no capítulo anterior e a compreensão básica de como funciona o *software* aqui utilizado, os objetivos pretendidos para o código desenvolvido nesta pesquisa são:

- a) Estabelecer três escalas de mudança e manipulação de parâmetros da forma urbana edificada.
- b) Traduzir para a linguagem computacional os fundamentos dos seguintes *patterns*: #28 Núcleos excêntricos, #29 Anéis de densidade, #67 Área externa coletiva, #106 Espaço externo positivo, #38 Moradias em fita, #37 Agrupamento de moradias, #96 Número de pavimentos, #21 Limite de quatro pavimentos, #109

²¹ Python é uma das mais conhecidas linguagens de programação atualmente. Criada por Guido Van Rossum em 1991, o objetivo era criar uma linguagem de código bom e de fácil manutenção.

²² Visual Basic (VB) é uma linguagem de programação produzida pela empresa Microsoft. Ela faz parte do pacote do Visual studio.

²³ C# é uma linguagem de programação também desenvolvida pela Microsoft. Ela é conhecida por sua tipagem forte e sua sintaxe orientada a objetos foi baseada na linguagem C++.

Casa longa e estreita, #164 Janelas para rua, #108 Edificações conectadas entre si e #95 Edificação como complexo.

- c) Gerar não apenas a parametrização como também a otimização dos cálculos de características relativas ao espaço urbano edificado e não edificado, tais como: áreas, alturas médias, distâncias.

5.2.3 Dados: *Inputs e outputs*

Como visto anteriormente, para o funcionamento de qualquer código, faz-se necessária a existência de dados. Esses dados são usados para que o algoritmo funcione, chamados de *inputs* (dados de entrada) e também são resultantes do seu funcionamento, chamados *outputs* (dados de saída). Para que um código seja considerado útil e funcional, espera-se que se tenha uma maior quantidade e/ou complexidade de *outputs* do que *inputs* necessários.

Para que o código do *City Pattern* fosse o mais simples possível, e que atendesse aos objetivos de ser utilizado em um processo projetual de *design* urbano, foram estabelecidos **inputs essenciais** nos quais dão ponto de partida para o algoritmo funcionar e **inputs secundários**, que são necessários para determinadas funcionalidades, mas que não são indispensáveis para o funcionamento geral (Figura 66).

Figura 66 - *Inputs* do *City Pattern*

INPUTS:



Fonte: da autora, 2020.

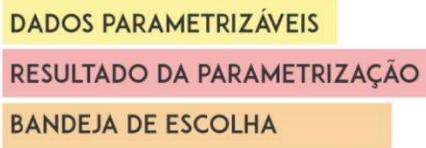
Já em relação aos *outputs*, classifica-se os componentes em três tipos: **bandeja de escolha, parametrizáveis e resultantes da parametrização**. Os dados presentes nas bandejas de escolha possibilitam a seleção de determinados padrões e elementos para serem visualizados e ativados no código. Os componente parametrizáveis possibilitam uma rápida são os que refletem na mudança da geometria gerada pelo código, normalmente são controlados pelo componente *number slider*, já exposto anteriormente. Por fim, os resultantes da parametrização são valores numéricos ou booleanos (de resposta verdadeiro ou falso) gerados automaticamente a partir da mudança dos dados parametrizáveis.

A fim de traduzir os fundamentos presentes nos *patterns* já expostos e discutidos no subtópico anterior, o sistema desenvolvido contribui para o design urbano com 33 novos dados, *outputs* que fornecem a capacidade de variação, cálculos e escolhas para a simulação e criação

de cenários urbanos. Esses tipos de dados foram esquematizados nas figuras a seguir (Figura 67) e identificados de acordo com as classificações mencionadas no parágrafos anteriores.

Figura 67 - Tipos de *dados manipuláveis*

LEGENDA

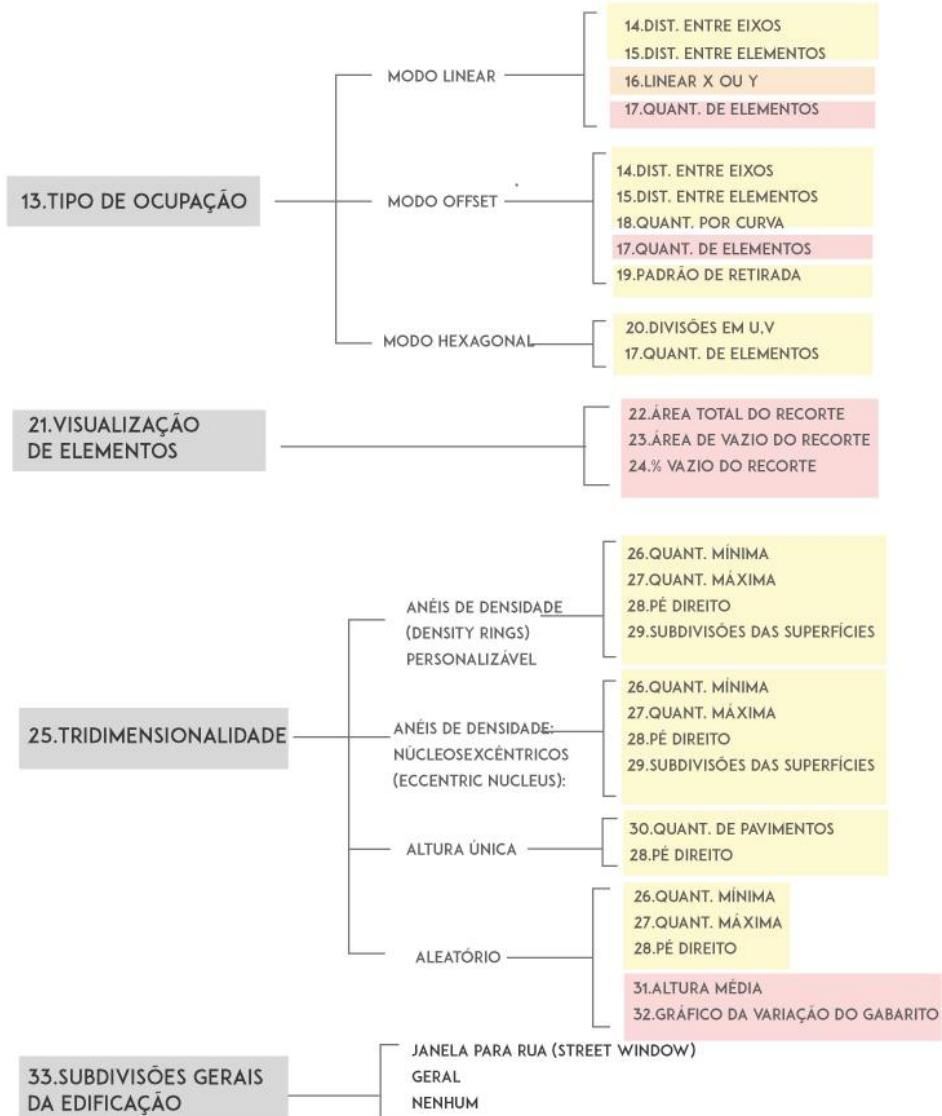


Fonte: da autora, 2020.

Figura 68 - *Outputs* presentes no *City Pattern*

OUTPUTS:





Fonte: da autora, 2020

5.2.4 Funcionamento do *City Pattern*

Após a apresentação teórica do código no primeiro tópico deste Capítulo, a apresentação da porção prática do sistema finaliza-se com o presente tópico. Após apontar o *software* utilizado, os objetivos e o mapeamento dos dados existentes, a descrição da interface computacional do sistema desenvolvido é concluída com uma breve discussão sobre seu funcionamento. Por funcionamento esta pesquisa não se refere ao passo-a-passo de como o usuário deve manipular o código nem ao detalhamento da construção do sistema, mostrando cada um dos componentes, mas do discurso teórico que esse trabalho toma como base para explicitar a maneira de como o código pode ser utilizado pelo projetista.

Logo, o presente subtópico objetiva apresentar o conceito de “Grafos Acíclicos Dirigidos” (*Directed Acyclic Graph - DAG*) aplicado ao código desenvolvido por esta pesquisa,

a fim de unir conceitos relacionados às ciências computacionais com o processo projetual na Arquitetura e Urbanismo.

Grafos Acíclicos Dirigidos (DAG)

Se por um lado a inserção de tecnologias computacionais são, em alguns momentos, subestimadas por profissionais – principalmente durante o ensino de projeto – em outros momentos, acredita-se que seu uso é capaz de solucionar qualquer problema e realizar qualquer desejo de quem a utiliza. De fato, as capacidades da inserção de tecnologias computacionais podem muito contribuir no processo de projeto e nas tomadas de decisão, mas absolutamente nenhum computador ou tecnologia de otimização irá criar, a partir do nada, soluções.

Nenhum sistema, e nessa afirmação incluo totalmente o código desenvolvido nesta pesquisa, é fechado e capaz de fornecer a resposta absoluta para qualquer problema. Como já discutido neste trabalho, a interação entre o projetista e o código é essencial para a criação de um sistema que considera uma quantidade finita de variáveis.

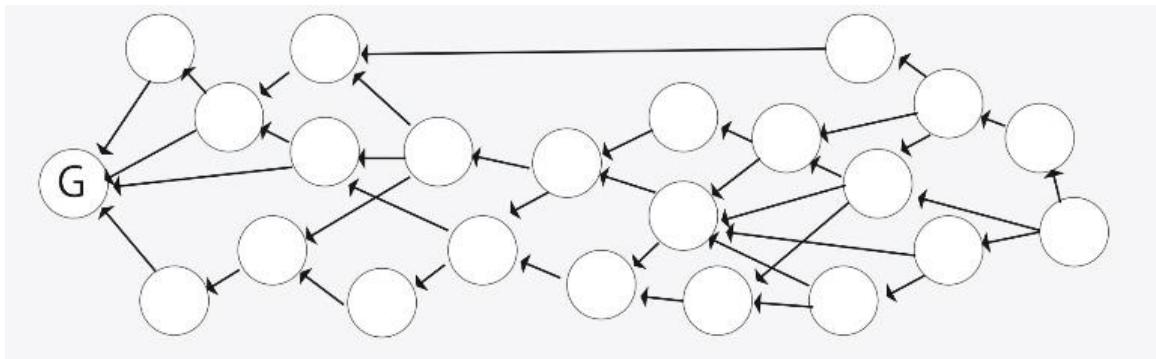
Assim, mesmo os mais complexos programas produzem uma infinidade de opções dentro de um sistema finito de elementos. Com essa noção de finitude, insere-se neste trabalho o conceito de DAG e sua relação com o funcionamento do código desenvolvido.

DAG pode ser estudado pelo viés de duas áreas de conhecimento: a matemática e as ciências computacionais. Apesar de distintas, não há uma grande diferença entre seus significados e aplicações (JOSHI, 2017). No entanto, antes de conceituar DAG, é preciso apresentar o significado de grafo.

Matematicamente, grafo é a maneira de representar uma *network*, um sistema de elementos conectados. Na área computacional, a teoria dos grafos tem sua principal aplicação no desenvolvimento de algoritmos. Esses usados para resolver ou representar conceitos e passos para solução de problemas (SHIRINIVAS *et al.* 2010).

Tratando especificamente do DAG, como o nome já diz, é um grafo acíclico dirigido e/ou direcionado. Ele representa uma coleção de eventos que possuem influência entre si e que não existe ciclo único entre seu começo e seu fim, mas que funcionam em prol de um ou mais objetivos (Figura 69).

Figura 69 - Representação do DAG



Fonte: <https://worldnuquimoritytransporters.com/wnt-en/dag.html>

Aplicado ao sistema aqui desenvolvido, o conceito de DAG está presente na construção do código assim como em seu funcionamento. Segundo o professor da *Graduate School of Design* - GSD, Jose Luis García del Castillo, no curso GSD-6338: *Introduction to Computational Design*²⁴, a lógica do *Grasshopper* assemelha-se ao DAG principalmente porque os códigos, apesar de variáveis, não seguem um ciclo contínuo.

Assim, apesar de ter sido desenvolvido em passos específicos (já discutidos neste Capítulo), propõe-se que a interação com o código, após fornecer os *inputs* necessários, não tenha uma maneira única, mas que a manipulação dos parâmetros e as experimentações e visualizações dos *patterns* sejam livres e variem de acordo com a necessidade e escolha de cada projetista.

²⁴ Disciplina ofertada no outono de 2019 para alunos de *Harvard* e disponível em:
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLvxxYImPCApUXhX3te3IK32ileXHpzKY4>

FOTO: FOTÓGRAFO DESCONHECIDO | PARIS | 1934



6 CITY PATTERN: FUNCIONAMENTO E APLICAÇÃO DO CÓDIGO

Após a descrição do processo de desenvolvimento, destacando a importância da clareza dos objetivos, este capítulo pretende apresentar a forma final do City Pattern, aprofundando os princípios presentes nos *patterns* escolhidos, assim como seu rebatimento no código computacional. A fim de enfatizar as capacidades e funcionamentos, cada escala de atuação será relacionada com autores e projetos contemporâneos, afirmando a aplicabilidade e viabilidade de utilização das obras de Alexander *et al.* (1975, 1977, 1979) na contemporaneidade. O código em sua completude e um fluxograma esquemático do mesmo pode ser consultado nos apêndices A e B deste documento.

Seguindo a mesma maneira lógica de apresentação teórica das escalas e a configuração final do código desenvolvido, este capítulo será estruturada em três tópicos principais: (i) formato da edificação; (ii) disposição das edificações e (iii) distribuição de densidades construtivas (Figura 70). Em cada tópico serão, resumidamente, apresentadas as principais características de cada *pattern*, a maneira como foram traduzidos para a linguagem computacional e, finalmente, será discutida a aplicabilidade da escala no contexto atual de projeto, relacionando-a com outros autores e diretrizes contemporâneas.

Figura 70 - Tópicos do Capítulo 6



Fonte: da autora, 2020

Como já enfatizado no capítulo anterior, a manipulação do código não necessita seguir um sentido único, parte da vantagem da criação de parâmetros facilmente alteráveis é ter a possibilidade de criar um fluxo de idas e vindas, criando diferentes e únicas soluções. No entanto, todo código necessita ser construído de maneira clara e se apresentar minimamente estruturado para que sua interpretação pelo usuário seja rápida e clara.

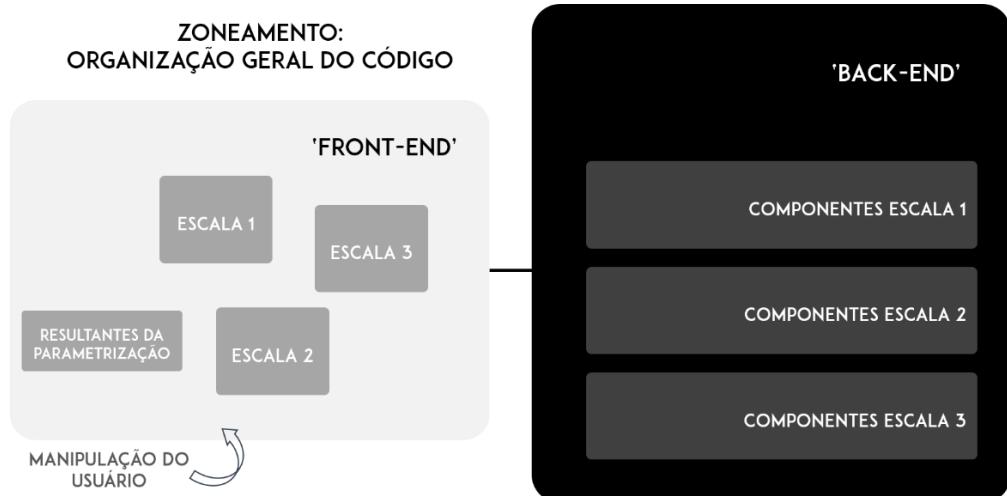
Para tal, o código desenvolvido por essa pesquisa segue algumas lógicas de organização. Devido à quantidade de componentes e prevendo a manipulação por usuários sem muita prática com a linguagem de programação visual utilizada, foi feito um grande zoneamento, separando os componentes a serem alterados e aqueles que têm a funcionalidade de processar as informações e realizar os cálculos.

Esse zoneamento inspira-se nos termos '*Front-end*' e '*Back-end*' da área de ciências da computação, especificamente de desenvolvimento *web*. Enquanto o *front-end* corresponde a parte que o usuário acessa e manipula (*web design*), o *back-end* funciona como os bastidores do *site*, onde tudo é processado, armazenado e trabalhado pelas funcionalidades daquele código (servidor).

Uma vez que os detalhes da construção do código não é o principal elemento da construção do *City Pattern*, pois existem várias formas de executar uma mesma função, os tópicos desse capítulo irão se concentrar na apresentação dos parâmetros e elementos que o usuário deve manipular, ou seja, qual a capacidade do código, não a maneira como essa capacidade foi desenvolvida. Apesar disso, o resultado final do código pode ser verificada no Apêndice 1 deste documento.

Após o zoneamento principal, o '*Front-end*' do código foi organizado a fim de facilitar o entendimento e a correspondência entre os parâmetros e as escalas que eles atuam. Logo, agrupou-se os dados parametrizáveis com as bandejas de escolhas de acordo com os *patterns* traduzidos e os resultantes da parametrização foram organizados para facilitar o acesso e a visualização (Figura 71).

Figura 71 - Esquema de organização geral do código



Fonte: da autora, 2020

A elaboração e constantes testes de funcionamento duraram cerca de um mês e meio com uma carga horária semanal de aproximadamente 45 horas e foram feita inteiramente pela autora dessa pesquisa. Importante mencionar que o tempo de elaboração de qualquer código não está condicionado apenas pela quantidade de *outputs* que se deseja obter (complexidade), mas principalmente pela clareza dessas intencionalidades e capacidade (repertório) de quem o desenvolve.

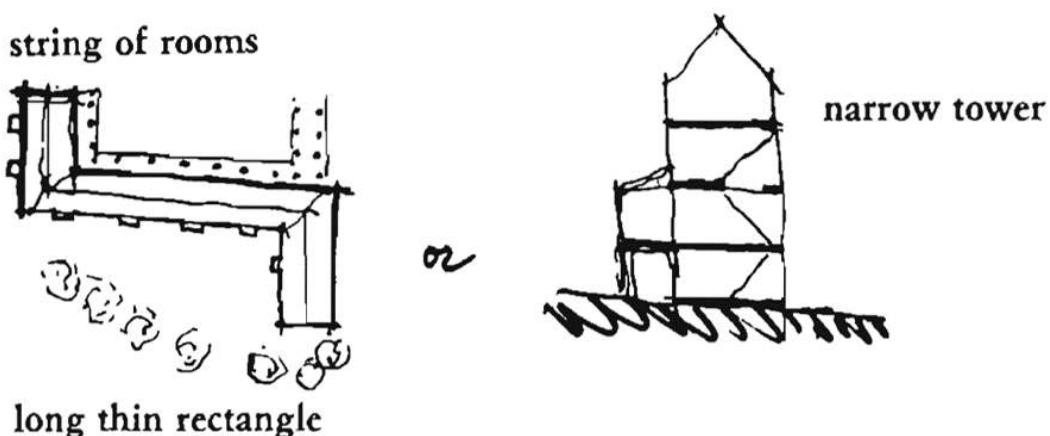
6.1 FORMATO DA EDIFICAÇÃO

The very quality of our day-to-day living is profoundly influenced by the quality of our design. – Sr. Norman Foster²⁵

Partindo da menor dimensão, a escala ‘formato da edificação’, como já apresentado no capítulo anterior, objetiva questionar qual o formato edilício é mais adequado e proporciona maior sensação de amplitude espacial e relação com a vida urbana. Composta por seis *patterns*, a tradução dessa escala possibilita a fácil manipulação de variáveis relacionadas à tridimensionalidade da forma urbana a nível do lote.

Como o *pattern* âncora, o ‘#109 Casa longa e estreita’ defende que em lotes de pouca área não se deve dispor os ambientes todos juntos em volta um do outro, mas organizá-los de maneira a expandir a distância de caminhada interna da edificação. Ele ainda afirma que isso pode ser feito horizontalmente – para que o plano seja estreito e longo – ou verticalmente (Figura 72).

Figura 72 - Núcleo de solução do *pattern* #109



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.537)

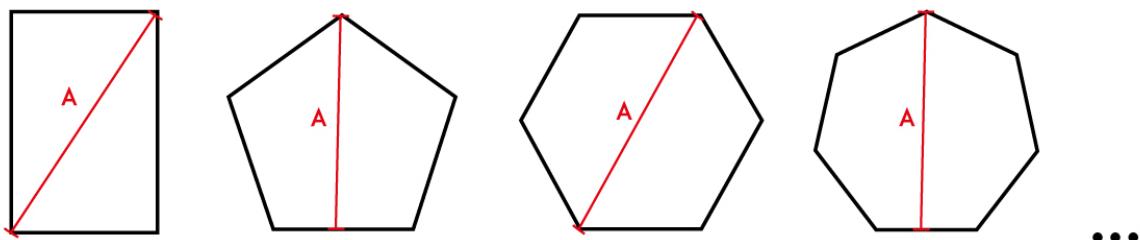
²⁵ “A qualidade do nosso dia-a-dia é profundamente influenciada pela qualidade do nosso *design*”. Frase publicada primeiramente em 1969 na BP Shield, revista da British Petroleum Company e disponível no artigo ‘Design for living’ em: <https://www.readingdesign.org/design-for-living>. Acesso em 05.06.2020

Assim como todos os *patterns* presentes na obra, os autores afirmam que o núcleo de solução não deve ser utilizado como resposta única e definitiva, mas deve ser bem estudado e analisado caso a caso. Também enfatizam que existe um limite no estreitamento desse plano planta, para que a sensação de amplitude espacial não seja perdida e a forma se torne opressora.

Para a tradução da ‘Casa longa e estreita’ as características óbvias da forma edificada para a manipulação seriam os valores dimensionais de cada lado de um polígono base para o plano da edificação. No entanto, a fim de ampliar as possibilidades formais da edificação, o primeiro parâmetro estabelecido foi do tipo bandeja de escolha, possibilitando a escolha entre um quadrilátero e polígono regular. Assim, além de manipular as dimensões de comprimento e largura do formato base da edificação, o usuário é capaz de controlar a quantidade de lados da forma.

No entanto, além de alterar as dimensões e o tipo base de geometria da planta, o *pattern* âncora afirma que o aumento da distância entre os dois extremos da geometria é algo desejado para promover uma maior sensação de amplitude espacial, logo, outro elemento adicionado foi o dado resultante da parametrização que fornece automaticamente a distância interna dos extremos (Figura 73). Dessa forma, ao modificar os valores de quantidade de lados, comprimento e largura, é possível comparar valores em busca de uma maior distância interna.

Figura 73 - Maiores distâncias calculadas e fornecidas pelo código



A.MAIOR DISTÂNCIA INTERNA

Fonte: da autora, 2020

Partindo para os demais *patterns*, o ‘#21 Limite de quatro pavimentos’ e ‘#96 Número de pavimentos’ lidam com a tridimensionalidade da edificação. Apesar do primeiro ser um tanto radical em algumas afirmações tal como “Existem evidências que mostram que prédios altos deixam as pessoas loucas” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.115, tradução da autora), há de se concordar que em determinadas áreas, deve-se limitar o gabarito das edificações e proporcionar uma variação nas alturas, dinamizando a paisagem e a forma urbana (Figura 74).

Figura 74 - Núcleo de solução do *pattern* #21.

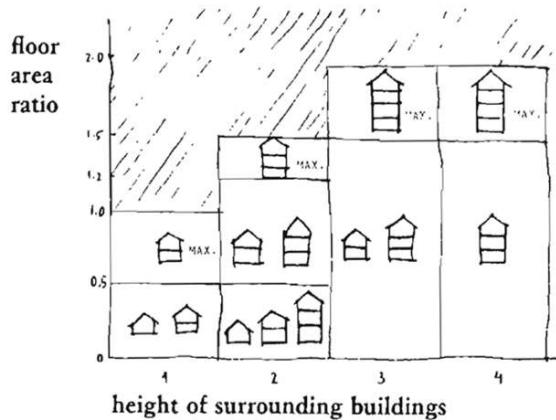


Fonte: Alexander et al. (1977, p.119)

Ainda relacionado ao gabarito, o *pattern* #96 lida com a relação entre altura e entorno edificado. Os autores afirmam que ao se planejar a construção, deve-se perceber o entorno construído, a fim de inserir a nova edificação de maneira não agressivamente contrastante. Além disso, ele também aborda a quantidade de solo a ser ocupado e indica que a edificação não deve ultrapassar 50% do total disponível.

Cientes que ambas indicações, máximo de quatro pavimentos e ocupação do solo máxima de 50%, não são possíveis em muitos casos, os princípios por trás dessas indicações que são válidos para a inserção no código aplicável à contemporaneidade foram: a relação entre alturas totais; controle nos valores mínimos e máximos de gabarito; e áreas construídas (Figura 75).

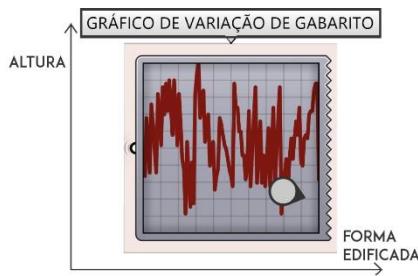
Figura 75 - Relação entre altura e área de solo, *pattern* #96



Fonte: Alexander et al. (1977, p.476)

Assim, traduzidos a partir dos patterns #21 e #96 e referentes ao formato da edificação, os dados parametrizáveis foram: quantidade de gabaritos (máximo, mínimo e pé direito), dados resultantes da parametrização relativos às áreas (das edificações e do recorte urbano), a altura média das edificações e um gráfico para visualização da variação de gabarito (Figura 76).

Figura 76 - gráfico de variação de gabarito, resultante da escala 1

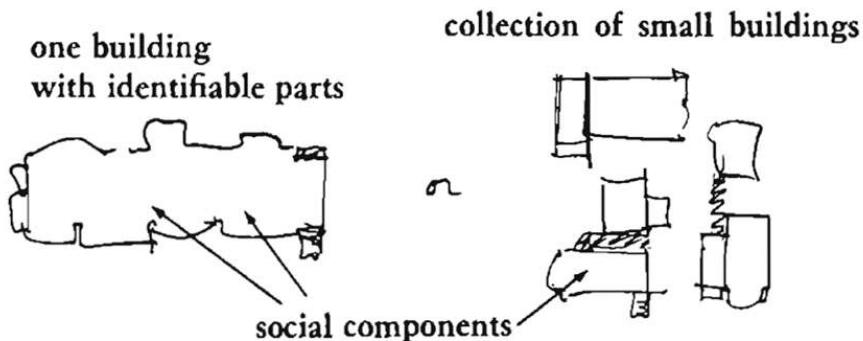


Fonte: da autora, 2020

Também relacionados à tridimensionalidade da forma urbana, os *patterns* '#95 Edificações como complexo' e '#108 Edificações conectadas' tratam da relação entre edifícios de um mesmo complexo. Ambos possuem um caráter menos diretamente aplicável, uma vez que são mais como recomendações, mas que podem ser alcançados a partir da manipulação dos parâmetros anteriores.

O *pattern* #95 aponta que um edifício só é de fato um edifício humano se for constituído por partes socialmente vivas e claramente definidas. Logo, a indicação é que ao se projetar um complexo, não se deve construir um edifício monolítico e isolado, mas prever diferenciações e relações entre eles. Em baixas densidades, o *pattern* indica a construção de uma coleção de pequenos edifícios e em alta densidade, em que só possível a construção única, deve-se criar partes identificáveis (Figura 77).

Figura 77 - Pattern #95 configuração para complexo de edifícios



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.472)

Semelhantemente ao anterior, o '#108 Edificações conectadas' também trata da relação entre prédios, mas afirma que “edifícios isolados, são sintomas de uma sociedade desconectada e doente” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.532, tradução livre da autora) (Figura 78). Diante dessa afirmação, os autores indicam que novos edifícios sejam, de alguma maneira, conectados com

aqueles já existentes e entre si. Esse também é um *pattern* escolhido para ser um princípio base para manipulação dos parâmetros já apresentados.

Ao identificar que o modo de construção dos edifícios é resultado e agente influenciador da vida social na cidade, os autores estão relacionando a forma com a vivência urbana, recorte temático escolhido para o estudo nessa pesquisa.

Figura 78 - Problema identificado pelo *pattern* #95



*These buildings pretend to be independent of one another—
and this pretense leads to useless space around them.*

Fonte: Alexander et al. (1977, p.432)

Finalmente, o último *pattern* que compõe a escala 1 refere-se diretamente à relação entre edifício e vida urbana. O ‘#164 Janela para rua’ identifica um comportamento e indica um princípio bastante interessante e apontado por outros autores, principalmente por Jane Jacobs. “**Uma rua sem janelas é cega e assustadora.** E é igualmente desconfortável estar em uma casa que limita uma rua pública sem nenhuma janela na rua.” (ALEXANDER et al. 1977, p.770, tradução e negrito da autora).

Ao identificar a importância da conexão entre edifício e a rua, os autores recomendam que quando os edifícios estiverem ao longo de ruas movimentadas, deve-se estabelecer permeabilidade e interação, criando possibilidades de encontros, vigilância natural e contato com a vida urbana (Figura 79 e 80).

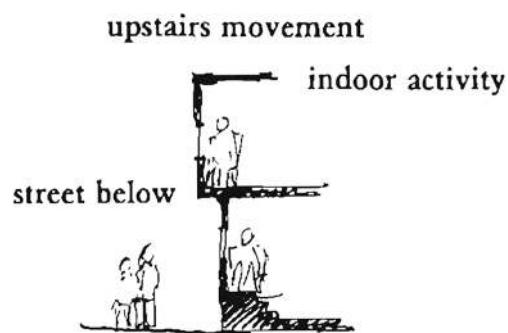
Figura 79 - Janelas para a rua



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.769)

A maneira escolhida para a tradução computacional desse *pattern* foi a criação de um algoritmo capaz de, a partir da indicação da rua mais movimentada pelo usuário, destacar qual(is) fachada(s) dos edifícios analisados está(ão) mais próximas da rua e, portanto, deve(m) ser trabalhada(s) para possibilitar o contato com a vivência da cidade.

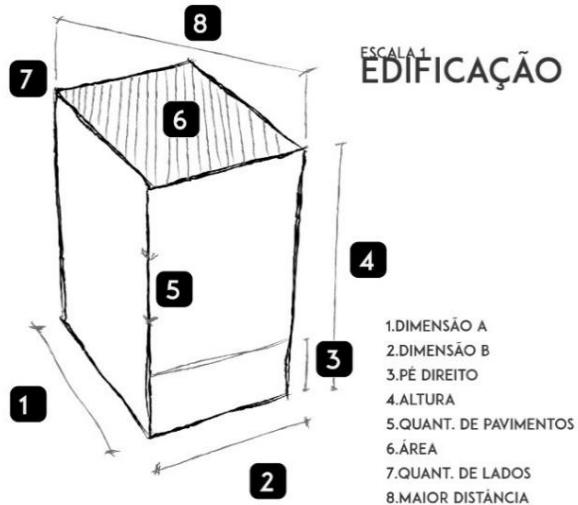
Figura 80 - *Pattern #164*, criando contato e vida urbana a partir da forma do edifício



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.772)

Os principais parâmetros resultantes da tradução dos *patterns* da Escala 1 que alteram a forma edilícia podem ser resumidos pela figura 81.

Figura 81 - Esquema resumo dos parâmetros da Escala 1



Fonte: da autora, 2020

Aplicação projetual – *Gap House*, Pitman Tozer Architects

Como já discutido nessa pesquisa, as contribuições deixadas por Christopher Alexander ultrapassam o campo teórico. Um exemplo disso é destacado por Battaus (2015) ao escrever da importância do projeto desenvolvido no Peru por Alexander e sua equipe.

Na proposta desenvolvida pelo arquiteto e sua equipe, era grande a ênfase social no processo de construção das moradias, com plena participação dos usuários e diferentes tipologias que melhor se adequassem às suas necessidades, além da proposição de espaços coletivos que promovessem sua maior integração (BATTAUDS, 2015, p.114).

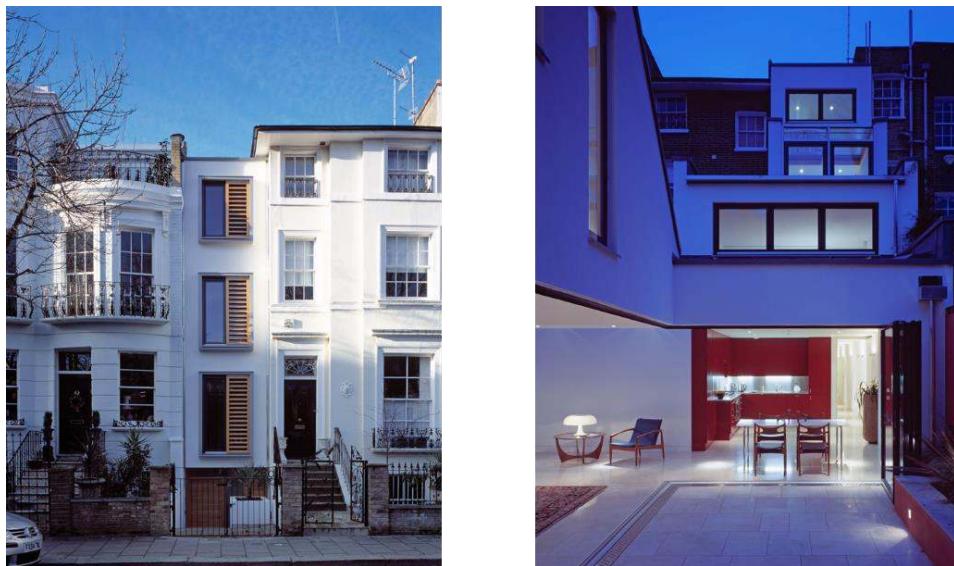
A fim de criar uma conexão entre os princípios apontados pela obra *A Pattern Language* (1977) e a prática projetual contemporânea, ao final de cada tópico de descrição das escalas, será apresentado um projeto que ilustra a materialização dos princípios traduzidos na linguagem computacional.

Os projetos não foram escolhidos por terem explicitado a utilização de princípios defendidos por Alexander *et al.* (1977), mas por conterem, mesmo que sem intenção clara, a reprodução de diretrizes presentes nos *patterns* discutidos no tópico. Através dessa breve análise e relacionando-os com solução projetuais contemporâneas, o trabalho demonstra a possibilidade de aplicação e a validade dessas diretrizes até o presente momento, quatro décadas depois da publicação de *A Pattern Language*.

Diante da grande quantidade de princípios possíveis de relacionar com projetos, decidiu-se selecionar os projetos que possuem uma relação mais clara com o *pattern* âncora da escala.

Nesse sentido, o primeiro projeto a ser analisado é o Gap House, do escritório *Pitman Tozer Architects* (Figura 82)

Figura 82 - *Gap House, Pitman Tozer Architects*



Fonte: <https://pitmantozer.com/work/gap-house/>. Fotógrafo: © Nick Kane

Datada de 2007, a edificação é definida pelo escritório como “uma casa engenhosamente entalhada em um lote não promissor”²⁶. Com uma fachada de 2,3m de largura e quatro pavimentos, a *Gap House* se encaixa em uma área de conservação na zona oeste de Londres e destaca-se pela criação de espaços agradáveis e iluminados em um lote de dimensão restrita.

Para além dos prêmios que recebeu, é interessante notar como a *Gap House* utiliza os princípios apontados pelo *pattern* ‘#109 Casa longa e estreita’. Mais do que a clara referência de ser uma casa longa e estreita, a maneira como os arquitetos dispõem os cômodos da residência possibilita a criação de uma distância considerável para caminhar em seu interior (Figura 83).

²⁶ Frase de apresentação do projeto no site do escritório. Disponível em <https://pitmantozer.com/work/gap-house/>. Acesso em 18 de junho de 2020

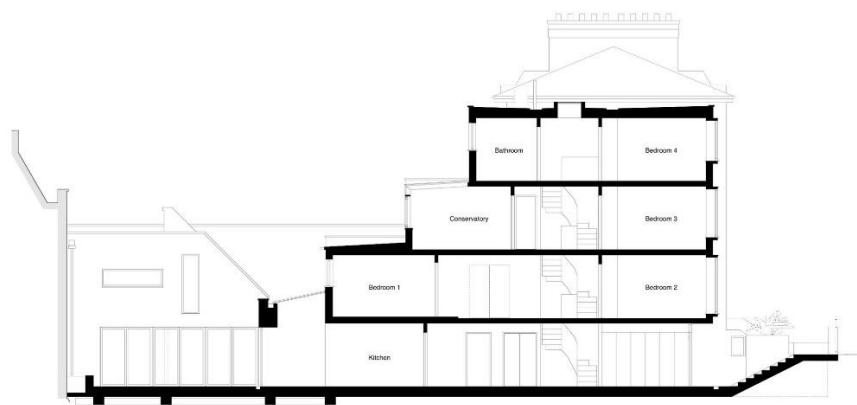
Figura 83 - Planta baixa do primeiro piso, *Gap House* - Pitman Tozer Architects



Fonte: adaptado de <https://www.archdaily.com/397465/gap-house-pitman-tozer/>

A edificação também é formada por quatro pavimentos que ampliam a caminhada existente no sentido horizontal para o vertical, aplicando mais uma vez a diretriz sugerida pelo *pattern* em questão. Através do escalonamento e a diminuição gradativa da área de piso dos pavimentos, o projeto mantém contato com o exterior e possibilita a entrada de iluminação natural em todos os andares.

Figura 84 - Corte lateral, *Gap House* - Pitman Tozer Architects



Fonte: <https://www.archdaily.com/397465/gap-house-pitman-tozer/>

6.2 DISPOSIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

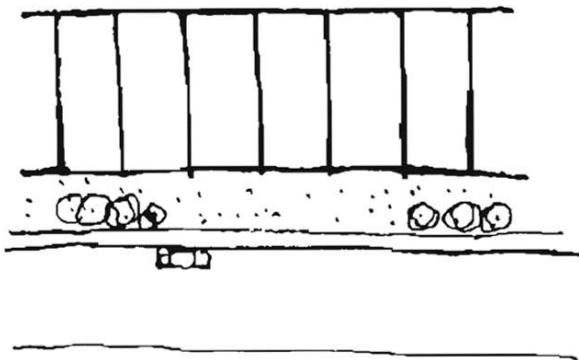
Urban science não fornece nem pode fornecer vistas objetivas e neutras da cidade. Em vez disso, produz uma visão específica através de uma lente específica. (KITCHIN, 2016, p.11 – tradução livre da autora).

Após a manipulação das características referentes à edificação, a Escala 2 corresponde à mudança de variáveis que afetam a implantação das edificações em dimensão de quadras e/ou recortes urbanos. Formado por cinco *patterns*, essa escala do código objetiva possibilitar a

geração de opções de agrupamentos urbanos e de organização edilícia que estimule a interação, e a criação de espaços vazios de qualidade para a vivência urbana. Os *patterns* presentes nessa escala são: '#38 Moradias em fita' (*Row houses*), '#37 Agrupamento de moradias' (*House cluster*), '#21 Limite de quatro pavimentos' (*Four story limit*), '#96 Número de pavimentos' (*Number of stories*) e '#67 Área externa coletiva' (*Common land*)

Diante disso, o *pattern* âncora desta escala chama-se '#38 Moradias em fita' (*Row Houses*). Nesse *pattern* os autores apontam que a organização comum das edificações em fita geram edificações escuras por dentro e são distribuídas monotonamente (Figura 85).

Figura 85 - Típica organização de edificações em fita segundo o *pattern* #38



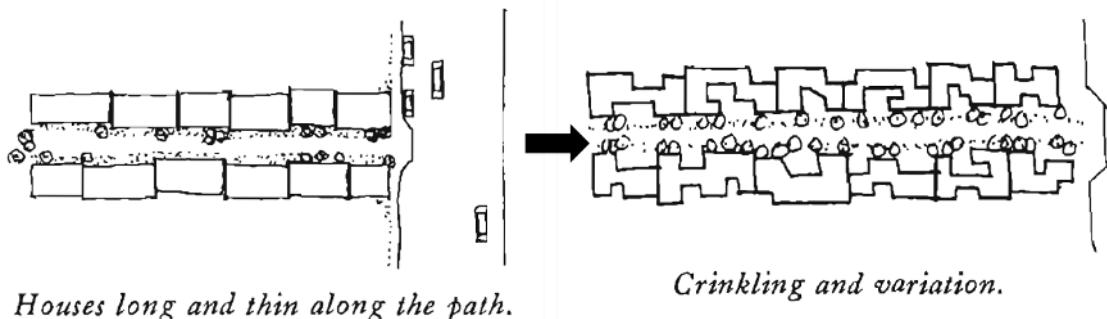
Typical row house pattern.

Fonte: Alexander et al. (1977, p.205)

A fim de apontar um núcleo de solução para essas questões, os autores propõem uma mudança na organização dessas edificações em fita, rotacionando-as e propondo a criação de formas edilícias variadas para novas configurações. O princípio desse *pattern* levado ao código desenvolvido está principalmente relacionado ao questionamento das formas tradicionais e conhecidas de disposição de edificações.

Nesse sentido, não defende-se que a melhor maneira para a implantação é a proposta pelos autores (Figura 86) ou que deve ser totalmente excluída a possibilidade da forma 'tradicional' de moradias em fitas, mas há de se concordar com a necessidade de se propor e, principalmente testar, novas configurações urbanas que propiciem maior contato com a vida urbana e melhor qualidade dos espaços da cidade.

Figura 86 - Novas possibilidades de moradias em fita, *pattern #38*

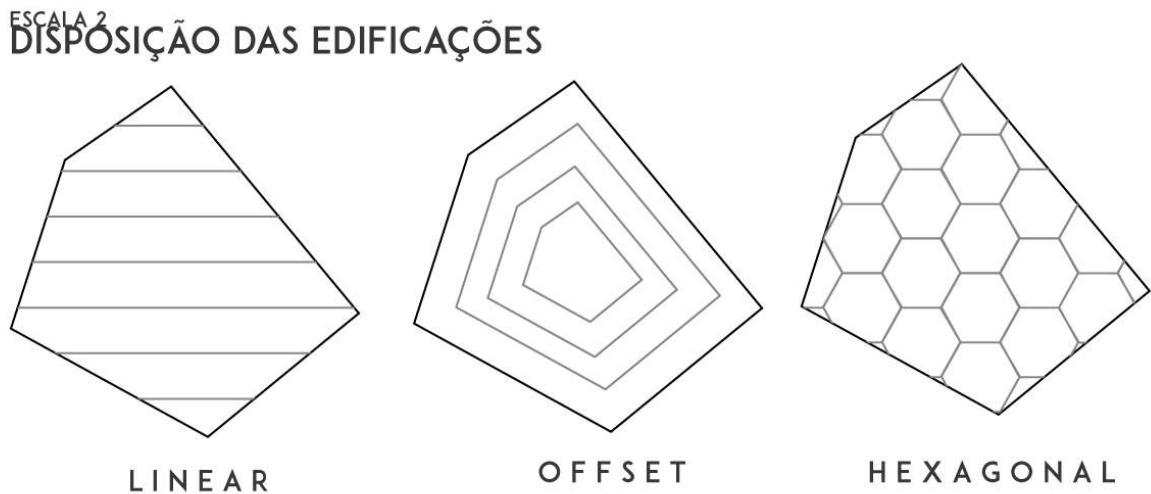


Fonte: adaptado de Alexander et al. (1977, p.206)

Assim, a tradução desse *pattern* no código desenvolvido é feita na possibilidade de gerar diferentes distribuições de edificação em uma ou mais quadras/recortes urbanos. Seguindo a descrição do código a partir do que já foi apresentado na Escala 1, o usuário tem a possibilidade de selecionar, em uma bandeja de escolha, a análise a nível de lote e manipular a geometria de maneira unitária, ou com elementos múltiplos, adentrando assim nos parâmetros e análises da Escala 2 e criando cenários a partir da manipulação dos parâmetros.

Uma vez que o objetivo é a criação de diferentes opções de implantação a partir de determinadas lógicas (como é o modo em fita, proposto pelo *pattern*) o código aqui apresentado estabeleceu três grandes lógicas de configuração: linear, *offset* e hexagonal (Figura 87). Cada um com sua especificidade e parâmetros próprios.

Figura 87 - Tipos propostos para disposição das edificações

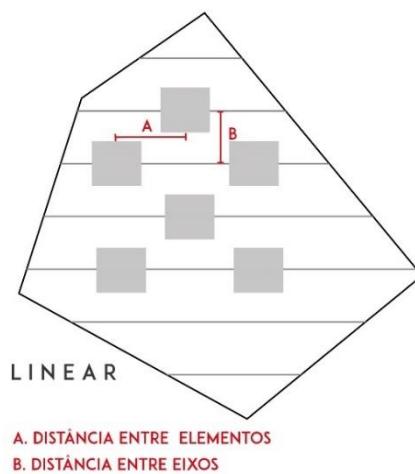


Fonte: da autora, 2020

6.2.1 Modo Linear

O modo linear de distribuição é o que mais se assemelha ao que foi discutido no *pattern* #38. Como o nome já indica, ele dispõe as edificações em uma ordem de linhas que podem ser no eixo x, y ou seguindo uma direção escolhida pelo usuário. A partir da escolha desse padrão, é possível alterar a distância entre os eixos que distribuem as edificações, proporcionando uma maior ou menor distância entre os elementos (Figura 88).

Figura 88 - Parâmetros principais do modo linear de distribuição



Fonte: da autora, 2020

Ao manipular esses parâmetros o código distribui automaticamente as edificações de acordo com o recorte ou quadra urbana selecionada. Logo, a quantidade de elementos presentes é proporcional às distâncias mencionadas. Com a finalidade de ter uma resposta quantitativa sobre o cenário, um dado resultante da parametrização de todos os modos de distribuição é a quantidade de edificações geradas.

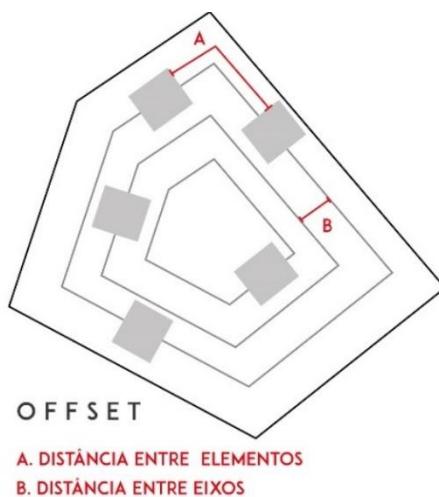
Apesar do aparente fluxo de funcionamento descrito, é importante mencionar que ao mesmo tempo que se trabalha com os modos de distribuição das edificações, ainda é possível alterar os valores referentes à Escala 1, seguindo assim um movimento de idas e vindas nas simulações.

6.2.2 Modo Offset

O segundo modo de distribuição, *Offset*, foi assim denominado fazendo referência à função *offset* dos programas CAD em que cria-se uma geometria, normalmente linha ou curva, a partir de uma já existente. O objetivo desse modo de implantação é criar opções de organização que variam de acordo com o formato da quadra ou recorte urbano simulado.

A lógica de geração da forma é semelhante ao modo linear uma vez que parte da criação de um eixo em que as edificações serão distribuídas. A diferença principal é que esses eixos seguem a geometria da quadra. Ao escolher a simulação tipo *offset*, o usuário pode variar as distâncias entre os eixos, assim como no modo anterior, e pode escolher a quantidade de curvas e/ou linhas além do número de edificações geradas em cada uma (Figura 89). O parâmetro de variação da quantidade de curvas foi criado pois ao fazer *offsets* do recorte trabalhado, em algum momento uma nova curva criada teria um tamanho menor que o necessário para a distribuição de edificações.

Figura 89 - Principais parâmetros do modo *offset*



Fonte: da autora, 2020

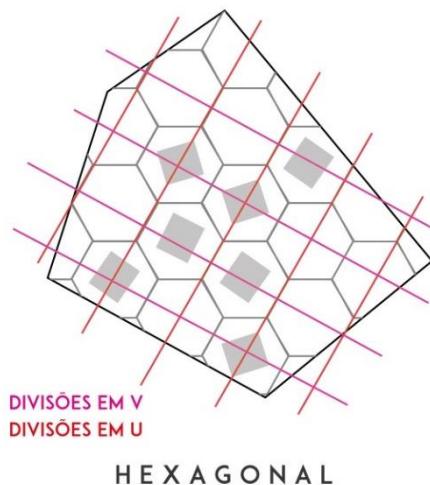
Além do dado resultante da parametrização que contabiliza os elementos criados, esse modo de distribuição tem um tipo de parâmetro que cria uma lógica para a distribuição. Manipulado através de um bloco de nota, o usuário pode escolher a retirada de elementos, criando um diferente tipo de configuração.

6.2.3 Modo Hexagonal

O último modo de implantação escolhido para essa escala simula a implantação seguindo o desenho de um padrão de vários hexágonos no recorte urbano. Esse padrão que se assemelha a um padrão de comeia e é gerado automaticamente por um componente; sua escolha se deu a fim de fornecer uma diferente configuração de implantação. A base para a construção da edificação não é mais uma linha, mas o centro de uma geometria (Figura 90).

Os parâmetros estabelecidos para esse modo foram as divisões da superfície. Assim, o usuário pode escolher se o padrão hexagonal é mais ou menos fechado, gerando edificações mais ou menos próximas.

Figura 90 - Principais parâmetros do modo hexagonal



Fonte: da autora, 2020

A fim de possibilitar uma maior variabilidade a nível do lote, tanto no modo hexagonal como nos anteriores, é possível rotacionar as edificações geradas. Essas rotações podem seguir um valor único, podendo ser usada para adequação da melhor orientação segundo dados climáticos e de incidência solar, variarem em um intervalo ou serem aleatórios, gerando uma maior dinamicidade na implantação edilícia.

Partindo para os demais *patterns* presentes na Escala 2, como já apresentado no diagrama do capítulo anterior (Figura 66), o #96 Número de pavimentos e o #37 Agrupamento de moradias funcionam como princípios e diretrizes a serem seguidas, ou não, pelos parâmetros traduzidos dos demais. O primeiro já foi apresentado na Escala 1, mas o *pattern* #37 trata de como os autores acreditam que as edificações devem ser agrupadas. Segundo eles, as pessoas não se sentem confortáveis em suas casas a não ser que estejam agrupadas de modo a ter uma um espaço de área em comum para o convívio comum. Como núcleo de solução, esse *pattern* indica que as casas devem ser organizadas a formarem uma vizinhança de 8 a 12 edificações em torno de uma área comum. Essa área comum tem o objetivo de promover vivência urbana entre os moradores como também não deve ser privada de maneira a excluir o passante de fora da vizinhança (Figura 91).

Figura 91 - Exemplo edificações agrupadas, seguindo o *pattern* #37



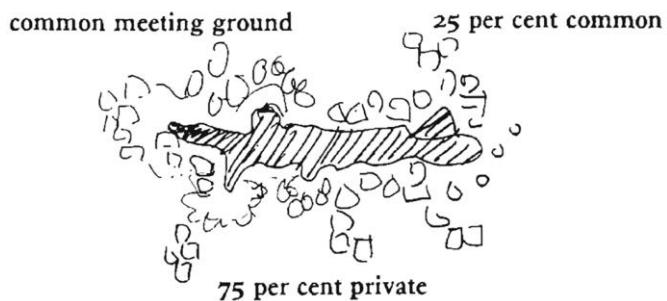
A cluster of 12 houses.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.200)

Seguindo com a questão da área livre, o *pattern* #67 Área externa coletiva, defende que “sem a existência de uma área comum, nenhum sistema social é capaz de sobreviver” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.337). Ou seja, a configuração urbana, seja ela qual for, deve ser escolhida também a partir da análise dos espaços vazios, potenciais locais de encontro e vida social.

Para a promoção desses espaços de convívio, os autores indicam que seja destinado no mínimo 25% da área total. Nesse sentido eles ainda alertam sobre o “perigo” do automóvel, ocupando cada vez mais uma maior porcentagem do solo urbano (Figura 92).

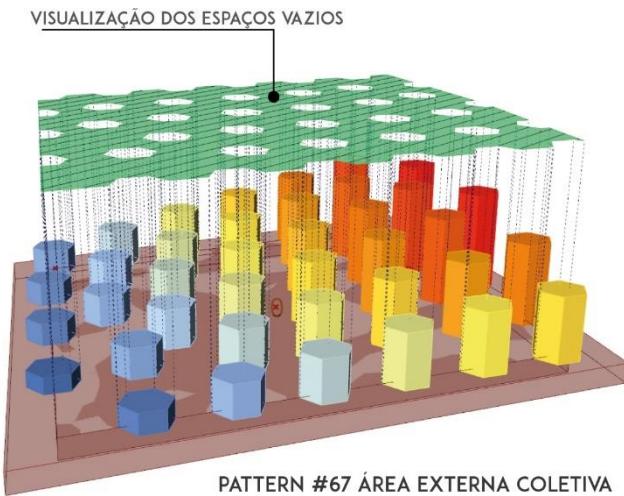
Figura 92 - Núcleo de solução apresentado pelo *pattern* #67



Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.340)

Diante da necessidade de considerar os espaços vazios para possível usos sociais de vivência urbana, a maneira escolhida para a tradução do *pattern* #67 Área externa coletiva foi a geração de uma geometria destacando a área do recorte que não é ocupada por nenhuma edificação (Figura 93). Assim, o usuário consegue ter uma noção espacial mais completa de como os espaços vazios estão conectados ou não, sendo assim base para a tomada de decisão e mudanças na implantação.

Figura 93 - Destaque dos espaços vazios gerado pelo código



Fonte: da autora, 2020

Além do resultado espacial, dados quantitativos resultantes da parametrização também são gerados: área total desses espaços vazios e a porcentagem que essa área corresponde ao total disponível do recorte urbano.

Aplicação projetual – Quinta Monroy, Elemental

Dando continuidade à análise e conexão entre os princípios apresentados por Alexander *et al.* (1977) escolhidos para a construção do código e projetos executados e reconhecidos na contemporaneidade, o projeto Quinta Monroy do escritório ELEMENTAL se encaixa em diversos aspectos com a Escala 2 apresentada nesse tópico.

Localizado no Chile, executado no ano de 2003, Quinta Monroy é um projeto de habitação social que põe em prática uma série de recomendações existente não apenas na obra principal aqui estudada, como na prática profissional do arquiteto Christopher Alexander.

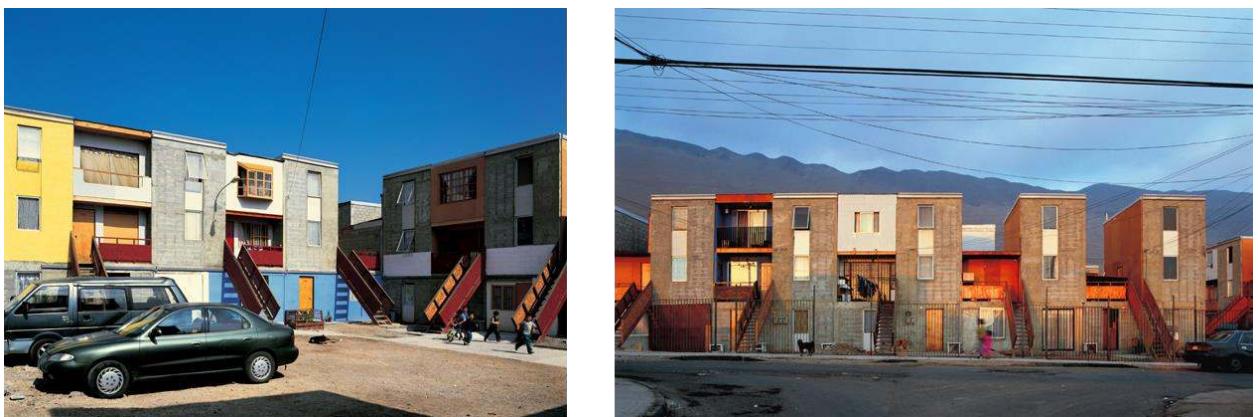
A primeira semelhança entre o projeto e o que afirma Alexander em grande parte de suas obras é a importância da participação do usuário. Ele destaca que a interação entre o arquiteto e usuário é determinante para o êxito da atuação profissional do arquiteto (BATTIUS, 2015). Tal interação contribuiria nos processos de construção de repertório do projetista, identificação das necessidades reais e em experiências de construção, criando um processo verdadeiramente participativo.

Decorrente da séria crise de habitação que existe em todo o mundo, a solução apontada pelos arquitetos do Quinta Monroy é a junção de forças. “Pensamos em criar um sistema aberto

capaz de canalizar todas as forças disponíveis em jogo. Dessa forma, as pessoas farão parte da solução e não do problema”²⁷.

A participação do usuário ocorre na expansão e finalização da moradia após a edificação já se encontrar em condições de ser habitada (Figura 94). A partir do princípio de ‘Incrementalidade’, o projeto foca na construção inicial do que é mais difícil, do que não pode ser feito individualmente e do que irá garantir um bem comum no futuro.

Figura 94 - Habitações em processo de expansão, Quinta Monroy - ELEMENTAL



Fonte: <https://skyrisecities.com/news/2016/01/exploring-pritzker-prize-winner-alejandro-aravenas-socially-conscious-designs>

Posta a relação entre o processo participativo defendido por Christopher Alexander e o princípio de incrementalidade visto na prática pelo projeto Quinta Monroy, faz-se a conexão também entre a materialidade do projeto e o *pattern* âncora da Escala 2 do código desenvolvido por essa pesquisa.

Além da finalização participativa, o projeto de habitação destaca cinco importantes condições de *design* para a concretização desse projeto incremental. Dentre princípios de boa localização, crescimento harmonioso, fornecimento de estrutura para o cenário final de crescimento, planejamento para uma área de 72m² para moradias de classe média, o princípio de *layouts* urbanos põe em prática os *patterns* discutidos nessa escala.

O princípio de *layouts* urbanos introduz entre o espaço privado do lote e o público do sistema viário, o espaço coletivo. Os espaços gerados a partir da disposição das edificações possibilitam o contato social e a vivência urbana (Figura 95). Além da semelhança entre a disposição das edificações em fitas e o que aponta o *pattern* ‘#38 Moradias em fita’, os espaços externos põem em prática o ‘#67 Área externa coletiva’.

²⁷ Texto de apresentação do projeto Quinta Monroy disponível em <http://www.elementalchile.cl/en/> tradução livre da autora e acessado em 18 de junho de 2020.

Figura 95 - Planta baixa zoneada do projeto Quinta Monroy, Elemental



Fonte: adaptado de <http://www.elementalchile.cl/en/>

6.3 DISTRIBUIÇÃO DE DENSIDADES CONSTRUTIVAS

Ao tratar de recortes urbanos extensos ou dimensões a nível de cidade, Alexander *et al.* (1977) destinam toda a primeira parte do livro para discutir tendência de crescimento de regiões, políticas de ordenamento de parcelas do solo multiculturais, modos de organização e *design* de sistema viário, entre outros.

Uma vez que o recorte temático escolhido para esta pesquisa é a relação entre forma e vida urbana, o *pattern* principal selecionado como âncora para a escala de maior dimensão possui uma abordagem conciliatória em relação à densidade e vida urbana. ‘#29 Anéis de densidade’ propõe a criação de diferentes distribuições de habitação em uma vizinhança a fim de atender a variados modos e desejos de se viver.

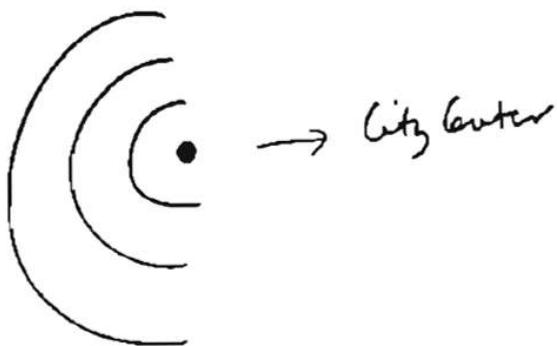
Concordando com os autores ao defender que a densidade construtiva deve variar de acordo com os contextos cultural e histórico de cada lugar, o objetivo de traduzir esse princípio é trazer à discussão o ponto principal que é não estabelecer um valor único de densidade construtiva, mas basear decisões dessa dimensão em análises locais e estudos aprofundados sobre a cultura e os desejos de se viver.

As pessoas querem estar perto de lojas e serviços, ou da excitação e da conveniência. E querem ficar longe dos serviços, por um tempo e para ir o verde. O equilíbrio exato desses dois desejos varia de pessoa para pessoa, mas no agregado é o equilíbrio desses dois desejos, que determina o gradiente de densidades habitacionais em uma vizinhança (Alexander *et al.* 1977, p.156).

A partir dessa afirmação, o *pattern* propõe uma opção conciliatória de se estabelecer a densidade que é a criação de uma espécie de gradiente de densidade. Esse gradiente refere-se a um crescimento gradual desses valores, criando em um mesmo recorte urbano diferentes opções e modos de ocupação.

Para ilustrar esse gradiente, os autores criam um esquema de semicírculos concêntricos. Os semicírculos formam então uma série de anéis de dimensões proporcionais. Ao estabelecer esse esquema, o *pattern* aponta que o crescimento ou decrescimento ocorre a partir da indicação de algum elemento de atração, indicado por eles como centro de atividade (Figura 96)..

Figura 96 - Esquema de anéis concêntricos do *pattern* #29



Rings of equal thickness.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.157)

Nesse sentido, ao indicar um elemento de atração, os locais com maior densidade aproximam-se da zona mais movimentada da vizinhança e, consequentemente, de menor densidade e mais calma, na zona mais distante do centro de atividades. Interessante destacar que esse tipo de distribuição pode ser proposta a nível de bairros, criando um decrescimento a partir de números de quadras, ou a nível de cidade ou macrozonas urbanas no qual áreas de centro e subcentros recebem maior densidade em detrimento das mais distantes.

Posto as principais características do *pattern* #29 e os demais princípios já apresentados nas escalas menores, a maneira de aumento e diminuição de densidade escolhida para o código desenvolvido foi feito a partir da mudança de valores de verticalização. Uma vez que valores de área de planta, dimensões de lado e formato base são parâmetros essenciais para a Escala 1, decidiu-se que a quantidade de unidades habitacionais seria variável na Escala 3 a partir da quantidade mínima e máxima de gabaritos.

Assim, o funcionamento previsto para a tradução desse *pattern* segue a lógica das demais escalas: após a indicação do recorte urbano que se deseja simular, a seleção do *pattern* para ser manipulado, o usuário deve apontar a localização do centro de atividades para que o

algoritmo computacional gera o gradiente de densidade. Essa indicação é feita de maneira simples com a criação de uma pequena curva localizando o ponto de atração.

Ao seguir esses três passos, o código cria uma série de anéis indicando o ponto de atração escolhido e sua influência no decrescimento de densidade do recorte urbano (Figura 97). Considerando que a Escala 3 abrange uma grande dimensão, a simulação desse *pattern* permite a seleção de recortes múltiplos e uma análise e criação de um cenário urbano mais amplo (Figura 98).

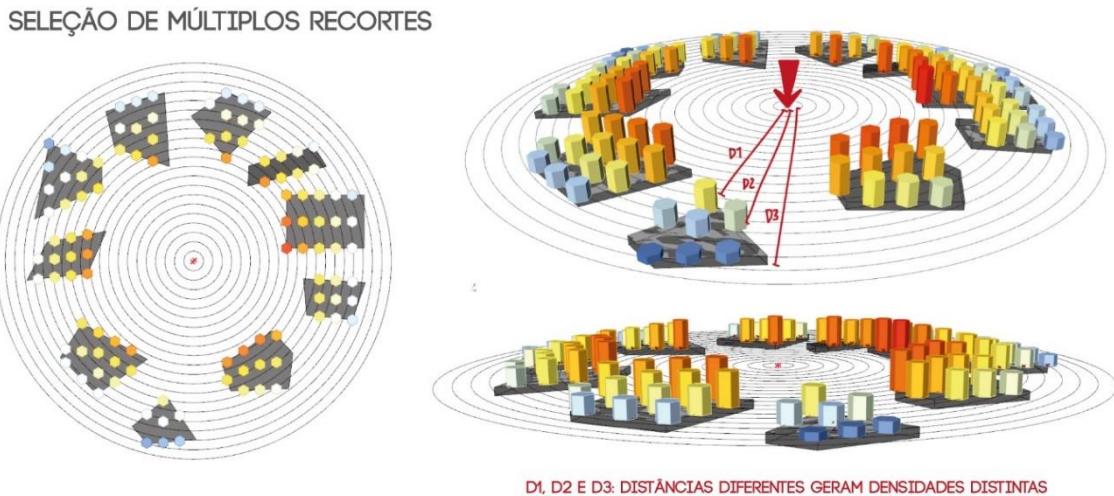
Apesar da separação na apresentação das escalas, o código desenvolvido, como já mencionado nos tópicos anteriores, é um sistema de elementos em interação, logo, o componente gráfico de visualização da variação das alturas geradas funciona igualmente para os parâmetros da escala 3.

Figura 97 - Visualização computacional do *pattern* '#29 Anéis de densidade'



Fonte: da autora, 2020

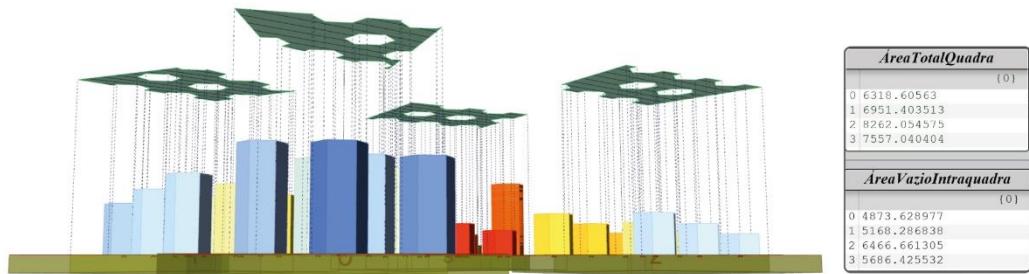
Figura 98 - Anéis de densidade com múltiplos recortes urbanos



Fonte: da autora, 2020

Além do *pattern* ‘Anéis de densidade’, o já apresentado ‘#67 Área externa coletiva’ também faz parte da Escala 3. Funcionando como um conectivo entre as duas escalas, a tradução desse *pattern* pode ser acessada e funcionar ao serem selecionados um ou mais recortes urbanos. Em relação aos dados quantitativos já apresentados relacionados às áreas não edificadas, ao ser selecionado mais de um trecho, o componente automaticamente gera uma lista com esses valores (Figura 99).

Figura 99 - Pattern #67 Área externa coletiva e áreas geradas automaticamente

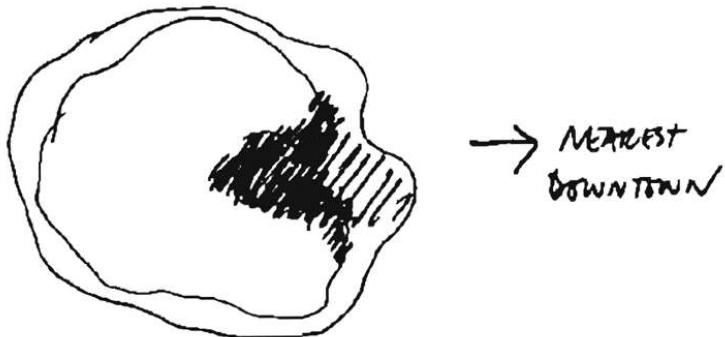


Fonte: da autora, 2020

Outros dois *patterns* que tratam de densidade e espaços livres também foram adicionados como princípios a serem seguidos, ou não, pelo usuário. O primeiro deles é o ‘#28 Núcleos excêntricos’. Bastante relacionado ao âncora, os autores introduzem o ordenamento das densidades através desse *pattern* afirmando que “o caráter aleatório das densidades locais confunde a identidade de nossas comunidades e também cria um caos no padrão de uso da terra” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.150 – tradução livre da autora).

Ao apresentar essa aleatoriedade, os autores chamam atenção que ao subutilizar ou adensar em demasia uma área, a ocupação torna-se dissonante da existente infraestrutura e acaba gerando uma má qualidade de vida urbana. Como ponto inicial para a análise, os autores destacam a existência de centros de atividades como primordiais elementos no processo de adensamento, mas destacam que esses centros não precisam, nem devem estar, localizados no centro geométrico da comunidade, e sim em algum ponto de tangência, facilitando o escoamento e circulação, e concentrando o maior movimento em um só lugar (Figura 100).

Figura 100 - Esquema de localização do centro de atividades local



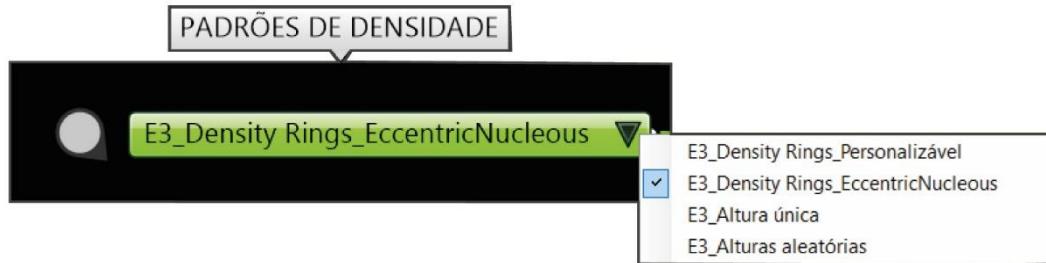
The inward bulge.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.153)

Além de indicar o adensamento desses pontos de contato com os centros de atividades, o ‘Núcleos excêntricos’ destaca a criação de delimitações claras entre comunidades vizinhas, algo já defendido pelos autores em *patterns* anteriores (‘#8 Mosaico de subculturas’, ‘#12 Comunidade de sete mil pessoas’, ‘#13 Limites e costuras entre subculturas’, entre outros). Não concordando que esse tipo de delimitação é possível ou deve ocorrer em cidades brasileiras, esses aspectos de separação não foram traduzidos e inseridos no código apresentando.

Logo, a maneira como o *pattern* #28 insere-se na Escala 3 é através da demarcação do centro de atividade local e a geração de um maior adensamento ao redor desse ponto. Seu funcionamento pode ser ativado ou desativado a partir da seleção na bandeja de escolha da Escala 3 (Figura 101).

Figura 101: Bandeja de escolha da escala 3



Fonte: da autora, 2020

Finalmente, o último *pattern* inserido nessa escala, ‘#106 Espaço externo positivo’ relaciona-se diretamente com o ‘#67 Área externa coletiva’, mas de uma maneira mais analítica dos espaços vazios. Enquanto o já apresentado *pattern* #67 defende a existência de espaços livres de convívio social comunitário, o #106 destaca a existência de dois tipos de espaços vazios: o positivo e o negativo.

Os espaços externos negativos são aqueles residuais, sem um formato definido e existentes a partir do negativo daquilo que foi edificado. Segundo os autores, “os espaços vazios que são meramente ‘sobras’ entre os prédios geralmente não serão utilizados” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.518 – tradução livre da autora). Já os positivos são aqueles espaços conectados entre si e que são potenciais para serem utilizados, criando caminhos, bolsões de atividades e demais interações sociais ao ar livre (Figura 102).

Figura 102 - Diferença entre espaços externos negativos e positivos



*Buildings that create negative, leftover space . . .
buildings that create positive outdoor space.*

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.518)

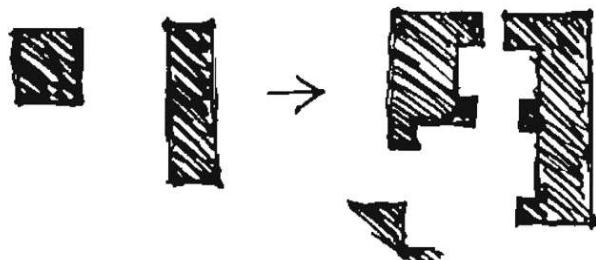
Se você observar o plano em que os espaços ao ar livre são negativos, verá os edifícios como figura e o espaço ao ar livre como solo [...] Se você observa o plano de um ambiente em que os espaços ao ar livre são positivos, você pode ver os edifícios como

figura e os espaços ao ar livre como solo e como figura (ALEXANDER *et al.* 1977, p.518-9 – tradução livre da autora)

Nota-se portanto que a principal diferença é a maneira como os espaços para além da forma edificada são tratados. Ao estudar e colocar o espaço vazio como protagonista assim como o edificado, espaços positivos são gerados e o convívio social potencializado. Além da conexão entre os espaços, o *pattern* diferencia os tipos de espaços vazios a partir de uma análise geométrica e matemática.

Essa análise pode ser feita diferenciando através da associação de espaços positivos com as formas convexas e os negativos com as não convexas. Os autores apontam que formas convexas são mais atraentes porque possibilitam que as pessoas se concentrem nas margens e não no centro. “Quando uma pessoa procura um lugar para se sentar ao ar livre, ela raramente opta por ficar exposta no meio de um espaço aberto [...] geralmente procura uma árvore [...] uma fenda natural que a abriga.” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.521 – tradução livre da autora) (Figura 103 e 104).

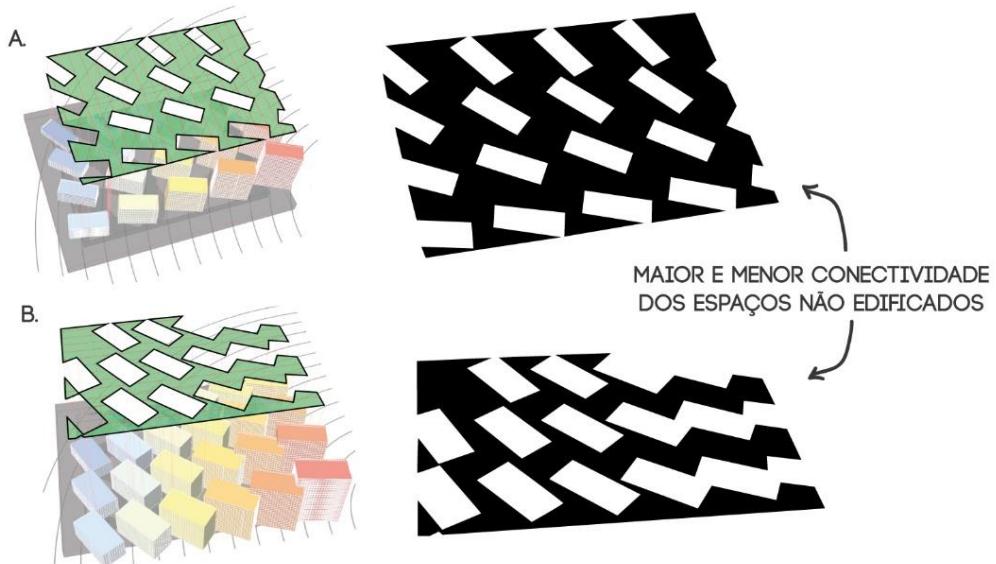
Figura 103 - Transformar espaços negativos em positivos



Transform this.to this.

Fonte: Alexander *et al.* (1977, p.521)

Figura 104 - Visualização *City Pattern* dos espaços não edificados



Fonte: da autora, 2020

Dessa maneira, o núcleo do ‘#106 Espaço externo positivo’ é fazer todos os espaços livres, positivos. Todos os espaços que cercam e ficam entre os edifícios, “dê a cada um, um certo grau de proteção; rodeie cada espaço com árvores, cercas vivas [...] até que se torne uma entidade com uma qualidade positiva” (ALEXANDER *et al.* 1977, p.522 – tradução livre da autora). A fim de embasar a tomada de decisão, o código permite a visualização exclusiva dos espaços vazios, possibilitando que o usuário identifique se os espaços além dos construídos estão se comportando como espaços negativos ou positivos.

Aplicação projetual – Plano Diretor Estratégico (PDI), São Paulo

Figura 105 - Ilustração PDI, São Paulo



Fonte: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/>

Diante da grande dimensão da Escala 3, projetos que colocam em prática ações dessa extensão normalmente estão associados com ações de gestão e planejamento urbano e regional. Nesse sentido, a conexão entre os princípios apresentados nesse tópico e a contemporaneidade pode ser feita com seções presentes no Plano Diretor Estratégico da cidade de São Paulo (Figura 105).

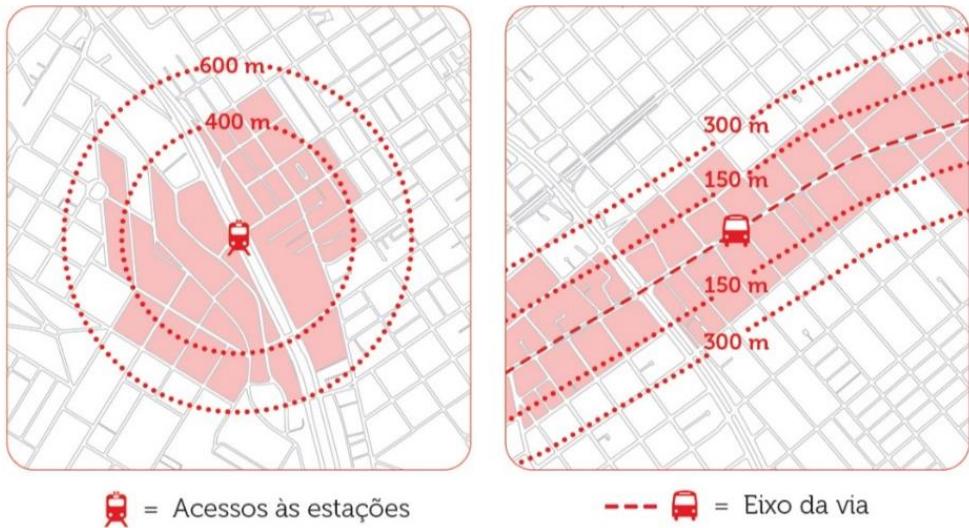
Publicada no ano de 2014, a Lei nº 16.050 é formada por um “amplo conjunto de diretrizes, estratégias e medidas para a formação da cidade. Representa um pacto da sociedade em direção à justiça social, ao uso mais racional dos recursos ambientais, à melhoria da qualidade de vida e à intensa participação social” (SÃO PAULO, 2014, p.9).

Dentre as estratégias principais ilustradas no começo do texto da Lei, encontra-se o princípio de orientação do crescimento da cidade nas proximidades de transportes públicos. Apesar de não abordar diretamente o sistema viário e o funcionamento de nenhum modal de transporte, a maneira de planejamento da cidade através da densidade do *pattern* ‘#29 Anéis de densidade’ e do PDI em muito se assemelham.

A fim de reduzir a necessidade de grandes deslocamentos diários e aproximar o emprego e a moradia, a legislação urbanística de São Paulo planeja a criação de eixos de estruturação da transformação urbana com uma otimização do aproveitamento do solo nas áreas próximas à rede de transporte público. Nessas áreas prevê-se então um adensamento habitacional e construtivo, juntamente com o aumento da oferta de serviços e equipamentos urbanos e sociais (SÃO PAULO, 2014).

Os detalhes desse princípio são apresentados principalmente no art.23 da seção II e art. 75 da seção VIII do documento. De acordo com as características ambientais, geológico, geotécnicas e os bens e áreas de valor histórico, cultural, paisagístico e religioso, os eixos de transporte recebem valores específicos de índices construtivos que, como o princípio de gradiente de densidade, diminuem conforme se distanciam desses equipamentos urbanos (Figura 106).

Figura 106 - Indicação de área de influência dos eixos de transporte, PDI – São Paulo



Fonte: São Paulo (2014, p.24)

Além da clara semelhança entre o adensamento da área próxima aos eixos de transporte e o *pattern #29*, a Lei também propõe a qualificação das múltiplas centralidades e a criação de ‘novas centralidades’. Essas áreas são caracterizadas por grande comércio, serviços e ofertas de emprego. No art.180 do PDI, o fortalecimento das múltiplas centralidades é apresentado e é formado, entre outras coisas, pela criação de centros comerciais populares em áreas de grande circulação, como terminais de transporte coletivo e estações de metrô e trem; implantação contígua de equipamentos públicos como elementos catalisadores do comércio e serviços privados, em especial nas Áreas de Estruturação Local (Figura 107).

Figura 107 - Centralidade polares e lineares, PDI - São Paulo



Fonte: São Paulo (2014, p.102)

A partir da relação existente entre os eixos de transporte e as novas centralidades, o texto da lei assemelha-se também com o *pattern* #28, a partir da identificação de locais de maior fluxo de pessoas, serviços e modais e criação de áreas dedicadas a esse tipo de comportamento urbano.

Os últimos dois capítulos apresentaram o código paramétrico e o processo de desenvolvimento do *City Pattern* como abordagem de método projetual no qual toma-se a existência de uma base teórica e/ou diretrizes projetuais, formais ou não, para a construção de um artefato computacional. O desenvolvimento desse tipo de instrumento e evolução desse processo de tradução de princípios em muito pode contribuir não apenas no processo projetual colaborativo como também na atualização e ensino das teorias de arquitetura e urbanismo.

Para tal, a apresentação do *City Pattern* partiu, no Capítulo 5, da descrição metodológica desde o estudo aprofundado da obra ‘A pattern Language’ (ALEXANDER *et al.* 1977), seleção e criação das conexões entre os patterns, até a consolidação teórica daquilo que se objetivava traduzir computacionalmente.

Nesse capítulo foi descrito então todo o sistema computacional, detalhando o caráter interescalares do código, suas capacidades e opções de modelagem a partir do artefato digital.

FOTO: INGE MORATH | MONTMARTRE, PARIS | 1957 XML

GHX XML

GHX XML



GHX XML



7 CONCLUSÕES

A dissertação apresentada, de caráteres exploratório e metodológico, desenvolveu um código paramétrico e uma metodologia para a tradução computacional de princípios e diretrizes projetuais encontradas nos *patterns* da obra do consagrado matemático e arquiteto Christopher Alexander.

Para isso tomou-se como principal referência teórica a trilogia do autor formada pelos livros ‘*The Timeless Way of Building*’ (ALEXANDER, 1979), ‘*A Pattern Language*’ (ALEXANDER *et al.* 1977) e ‘*The Oregon Experiment*’ (ALEXANDER *et al.* 1975), principalmente o segundo. A partir da escolha de se estudar com maior profundidade os *patterns* relacionados à forma e vida urbana, desenvolveu-se também procedimentos metodológicos de escolhas e classificações dos *patterns* para a posterior implementação computacional.

Mais do que o desenvolvimento do código ou dos procedimentos utilizados na metodologia, essa pesquisa visa contribuir para a maior inserção de tecnologias computacionais nos processos projetuais como bases para tomada de decisão. Além de ser um potente instrumento de processamento de imagens e de apresentação realística de projetos, sabe-se que a tecnologia computacional, tal como a paramétrica, de desempenho e generativas no geral, em muito podem contribuir para a geração formal e otimização de processos de cálculos e de análises.

Essas amplas possibilidades podem e, como apontado nesse trabalho, devem ser inseridas na atividade projetiva de forma a contribuir na colaboração multidisciplinar, e tornar mais clara as intenções do projeto e a visualização das intenções para a tomada de decisão. Ao ter e ampliar o já existente acesso às tecnologias de geração e de fabricação digital, o arquiteto e urbanista depara-se com um grande universo de novas possibilidades projetivas e de fabricação.

Pôde-se notar no desenvolvimento dessa pesquisa, que a tecnologia desempenha unicamente aquilo que é criada para fazer. Ao programar uma variação de alturas de acordo com a distância de algum elemento, o *City Pattern* não iria, por si só, decidir variar qualquer outro parâmetro. Logo, nota-se que a tecnologia paramétrica através da geração de códigos é capaz de criar, sim, uma infinidade de opções, mas em um sistema finito.

Ao ter a possibilidade de gerar e visualizar uma grande variedade de opções de resultados projetivos, o uso computacional também mostra-se útil e, cada vez mais necessário, no cenário de degradação ambiental com o uso cada vez maior dos recursos finitos. O uso de

métricas de desempenho e de simulação são potenciais na geração e execução de projetos muito mais embasados e testados antes de sua materialização.

Além disso, as possibilidades de inserção de multivariáveis torna capaz de considerar outros aspectos que não foram abordados nesse trabalho, mas que são na atualidade essenciais na atividade projetiva, tal como os custos, a compacidade da forma urbana: o *retrofit*, adequando formas urbanas existentes à novas necessidades, também é um processo que pode ser inserido aos estudos e aplicações computacionais e de simulação.

Na realidade complexa e repleta de variáveis que influenciam a construção da cidade, é inevitável que alguns elementos, importantes e até indispensáveis, sejam deixados de lado ou pouco considerados no planejamento e projeto urbano. A partir da leitura do presente e de estudos já desenvolvidos pela autora em relação à forma urbana edificada, nesta pesquisa de mestrado foi escolhido como tema principal a relação entre a forma urbana e seus efeitos na vida urbana.

Para isso, diversos autores, consagrados e de publicação recente, foram consultados para a construção teórica do tema até finalizar com um diálogo entre esses conceitos e a obra de Alexander *et al.* (1977). Logo, no estudo aprofundado dos *patterns* e a sua relação com o tema escolhido, todo um repertório construído teve papel determinante nos critérios e na seleção dos princípios a serem traduzidos para a linguagem computacional.

Ao tornar os *patterns* de Alexander visíveis em uma plataforma de modelagem e de geração formal digital, esse trabalho também visa abrir discussões sobre como estabelecer um diálogo mais colaborativo entre a teoria e a prática na arquitetura e urbanismo. Além do estudo teórico de leitura e análise da obra escrita, a tradução de princípios consagrados e propostos na era “pré-digital” não apenas atualiza um saber, garantindo sua relevância em projetos atuais, como utiliza seus estudos e importantes fundamentos como base para projetos contemporâneos.

Nesse sentido, a máquina também funciona como uma ponte: entre passado e presente, teoria e prática. Isto posto, espera-se que a relevância desse trabalho não esteja unicamente na construção de um código paramétrico, mas como um exemplo de uso computacional para além da representação ou criação de imagens impressionantes.

Importante deixar claro que o desenvolvimento do código ou o compartilhar dos passos metodológicos para a implementação computacional não visam apontar para um processo único e suficiente para todo o processo de projeto urbano. A cidade é um organismo dinâmico e complexo e as facetas e variáveis que a influenciam devem ser tratadas e trabalhadas em um conjunto multidisciplinar.

Ao desenvolver o código, tornou-se clara a importância da definição dos objetivos e intenções do sistema antes da sua implementação propriamente dita. Isto se comprova pelo fato do processo de formulação teórica do *City Pattern* ter durado cerca de dois meses (após a construção do embasamento teórico e a escolha temática específica da pesquisa) enquanto a sua implementação computacional primária ter acontecido em pouco mais de duas semanas (após esse período foram feitos ajustes pontuais, mas a partir de uma base de código já consolidada e objetivos quase completamente alcançados).

Obviamente a diferença de tempo entre a construção teórica e a implementação poderia ter sido diferente caso algum problema ou imprevisto tivesse acontecido no processo de desenvolvimento do código, algo bastante comum de acontecer. A programação visual no editor gráfico *Grasshopper* assim como a programação em qualquer linguagem em *script* dependem do conhecimento do programador e nem sempre o repertório é suficiente para a construção do código em um curto período de tempo. É um processo muitas vezes cíclicos de resolução de problemas (*bugs*).

Nesse sentido, as dificuldades encontradas no desenvolvimento dessa pesquisa foram mais relacionados à definição e construção dos objetivos a serem desempenhados pelo sistema do que a programação propriamente dita. Após a implementação dos principais objetivos, a segunda maior dificuldade foi a organização do código a fim de facilitar e deixar claro as funcionalidades desempenhadas pelo *City Pattern*. A solução encontrada para essa questão foi o zoneamento já apresentado no capítulo anterior.

Ao estudar de maneira mais profunda as obras de Christopher Alexander publicadas na década de 1970, foi possível perceber quão atuais alguns de seus apontamentos são e como a arquitetura e o urbanismo contemporâneo podem tomar proveito de sua teoria. Nessa pesquisa apenas uma pequena parte de sua obra fora explorada e traduzida para a linguagem de programação visual, apenas aquela que tratava mais diretamente da forma edificada e vida urbana.

Logo, um possível e interessante aprofundamento e continuação dessa dissertação é a exploração de outros temas a partir da obra de Alexander. Temas como o ordenamento urbano a partir do desenho de sistemas viários mais eficientes e que considerem aspectos de vivência na cidade, diretrizes construtivas para edificações e diversos outros *patterns* (são 253!) poderiam ser estudados e traduzidos para uma plataforma digital, contribuindo para a prática atual.

Além disso, diversas teorias de autores consagrados e importantes na historiografia arquitetônica, como Palladio e Durand, por exemplo, têm claramente a potencialidade de se tornarem algoritmos computacionais, sendo atualizadas tanto para o uso em processos de projetos como no próprio ensino de Arquitetura e Urbanismo.

Conclui-se que a pesquisa desenvolvida e apresentada é um convite à exploração mais aprofundada da tecnologia computacional, levando o projetista desenvolver suas próprias maneiras de geração e possivelmente alcançando um maior criatividade projetiva para situações que contemporaneamente são de alta complexidade. Nesse sentido, parafraseando o brilhante professor Jose Luis Garcia del Castillo da ‘*Harvard University Graduate School of Design*’, o que queremos é “*power and freedom*” e o uso de ferramentas de programação na inserção de tecnologia computacional parece ser um bom caminho para começar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABASCAL, Eunice Helena Sguizzardi. Cidade e arquitetura contemporânea: uma relação necessária. **Arquitectos, São Paulo, ano 06, n. 066.06, Vitruvius**, nov. 2005 <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/06.066/410>>. Acesso em 10.09.2019.
- AGUIAR, Douglas e NETTO, Vinicius M. (org). **Urbanidades**. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e imagem, 2012.
- ALBISINNI, Piero *et al.* (Ed.). **Architettura disegno modello: Verso un archivio digitale dell'opera di maestri del XX secolo**. Gangemi Editore spa, 2011.
- ALEXANDER, Christopher. ISHIKAWA, Sara.; SILVERSTEIN, Murray. **A pattern language: Towns, buildings, construction**. New York: Oxford University Press, 1977
- ALEXANDER, Christopher. **Notes on the Synthesis of Form**. Harvard University Press, 1964.
- ALEXANDER, Christopher *et al.* **The oregon experiment**. Oxford University Press, USA, 1975.
- ALEXANDER, Christopher. **The timeless way of building**. New York: Oxford University Press, 1979
- ANDRADE, Max. **Processo digital de geração da forma baseada no desempenho e com suporte em building information modeling**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2012. 399 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2012.
- ANGEL, Shlomo *et al.* **Houses generated by patterns**. 1969.
- BAIR, Frederick. H. **Planning cities**, Chicago, American Society of planning officials, 1970.
- BARROS, Raquel Regina Martini Paula *et al.* **Habitação coletiva: a inclusão de conceitos humanizadores no processo de projeto**. São Paulo: Annablume, 2008.
- BATTAUS, Danila Martins de Alencar. O *new urbanism* e a linguagem de padrões de Christopher Alexander. **Oculum Ensaios**, v. 12, n. 1, p. 111-126, 2015.
- BAYAZIT, Nigan. Investigating design: A review of forty years of design research. **Design issues**, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2004.

BEIRÃO, José Nuno; ARROBAS, Pedro. Projeto paramétrico urbano interativo: geração dinâmica de alternativas para o planejamento de ambientes urbanos complexos In: **eCAADe 2013**, pgs. 292-302. 2013

BEIRÃO, José Nuno. *CityMaker: designing grammars for urban design*. TU Delft, 2012.

BEIRÃO, José Nuno; DUARTE, José Pinto; INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DO TRABALHO E DA EMPRESA. **Gramáticas urbanas: por uma metodologia de desenho urbano flexível**. 2005.

BEIRÃO, José; DUARTE, José. Urban grammars: towards flexible urban design. [23nd **eCAADe Conference Proceedings** / ISBN 0-9541183-3-2] Lisbon (Portugal) 21-24 September 2005, pp. 491-500.

BEIRÃO, José Nuno; MENDES, Letícia Teixeira; CELANI, Gabriela. O uso do CIM (*city information modeling*) para geração de implantação em conjuntos de habitação de interesse social: uma experiência de ensino. In: **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 2, p. 101-112, 2015.

BENBASAT, Izak; WEBER, Ron. Research Commentary: Rethinking "Diversity" in information systems research", **Information Systems Research**, v. 7, n. 4, p. 389-399, 1996.

BENTLEY, Ian. *Urban transformations: Power, people and urban design*. Londres: Routledge. (1999), 2004.

BERGHAUSER PONT, Meta Yolanda; HAUPT, Per André. *Space, density and urban form*. Países Baixos, 2009.

BROADBENT, Geoffrey H. et al. *Diseño arquitectónico: arquitectura y ciencias humanas/Design in architecture. Architecture and the Human Sciences*. Gustavo Gili, 1976.

BUCKLEY, W. A sociologia e a moderna teoria dos sistemas. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1976. 307 p. [Trad. de Octavio Mendes Cajado, *Sociology and the Modern Systems Theory*, 1967]

ÇAĞDAŞ, Volkan; STUBKJÆR, Erik. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 1, p. 77-87, 2011.

CANTAMESSA, Marco. *An empirical perspective upon design research.* **Journal Engineering Design**, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2003.
<http://dx.doi.org/10.1080/0954482031000078126>

CARLSSON, Sven A. Towards an information systems design research framework: A critical realist perspective. In: **Proceedings of the First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology**, Claremont, CA. 2006. p. 192-212.

CAVALCANTI, Isabella E. **Urbanismo Paramétrico e Densidade Urbana: Simulando os parâmetros urbanísticos do código de obras de Campina Grande, PB.** Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de bacharela em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). 2018.

CELANI, Gabriela Caffarena. *Beyond analysis and representation in CAD: a new computational approach to design education.* Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, Department of Architecture. 2002.

CELANI, Gabriela; CANCHERINI, Laura. Digitalização tridimensional de objetos: um estudo de caso. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS (SIGRADI)** São Paulo: Sigradi, 2009.

CELANI, Gabriela. *Generative designs in architecture: history and applications with the new production methods.* In: **SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA EMERGENTE (SIMAE 08)**, 1., 2008, Barcelona. Anais... Barcelona, 2008.

CHAILLOU, Stanislas. *AI + Architecture towards a new approach.* Tese de doutorado. Harvard University Graduate School of Design, 2019

CHASZAR, André. *Blurring the Lines: Computer-Aided Design and Manufacturing in Contemporary Architecture (Architecture in Practice).* Academy Press, 2006.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração.** Elsevier Brasil, 2003.

CORBUSIER, Le. **Por uma arquitetura** [Le Corbusier][3e. dr., 1981]. Editora Perspectiva. São Paulo, 1981.

CORREA, Charles. *The new landscape: urbanisation in the third world.* 1989.

DAWES, Michael J.; OSTWALD, Michael J. *Christopher Alexander's A Pattern Language: analysing, mapping and classifying the critical response.* ***City, Territory and Architecture***, v. 4, n. 1, p. 17, 2017.

DEZEN-KEMPTER, Eloisa *et al.* Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 2, p. 113-124, 2015.

DIANA, Daniela. História e Evolução dos Computadores. 2019. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/historia-e-evolucao-dos-computadores/>> Acessado em: 02 mai. 2019.

DINO, Ipek. *Creative design exploration by parametric generative systems in architecture.* ***METU Journal of Faculty of Architecture***, v. 29, n. 1, p. 207-224, 2012.

DOBBINS, Michael. *Urban design and people*. John Wiley & Sons, New Jersey - EUA, 2011.

DOXIADIS, Constantinos A. *'How to build the city of the Future' In R. Eels, Man in the City of the future*, Collier -Macmillan, Toronto. pp, 171-2, 1968.

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:John Wiley & Sons, 2008

EISENMAN, Peter. *The formal basis of modern architecture*. University of Cambridge – Cambridge, 1963.

FINK, Theresa; KOENIG, Reinhard. Integrated Parametric *Urban Design in Grasshopper/Rhinoceros 3D-Demonstrated on a Master Plan in Vienna*. In: **eCAADe 2019** vol 3, 2019, p.313-322.

FISCHER, Thomas; HERR, Christiane M. *Teaching generative design*. In: **Proceedings of the 4th Conference on Generative Art**. 2001.

GABOR, Dennis. *Inventing the future*. Borzoi Book series. New York: A.A.Knopf, 1964

GARCIA, Luis Paulo Hayashi. **O diagrama no processo de concepção arquitetônica**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Centro Universitário Senac (Campus Santo Amaro). 2016

- GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. Editora Perspectiva. São Paulo, 2013.
- GERBER, David; PANTAZIS, Evangelos. *Design Exploring Complexity in Architectural Shells Interactive form finding of reciprocal frames through a multi-agent system*. In: eCAADe 2016 vol1 pag 455-465. 2016
- GRIFFIN, Toni L. GREENBERG, Laura. SMITH, Laier- Rayhon (ed). **Patterned Justice. The Just City Lab (Harvard Graduate School of Design)**. 2020
- GUZDIAL, Mark; ROSE, Kim. **Squeak: Object-oriented design with multimedia applications**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- HAGGET, Peter. **Locational analysis in human geography**, London Arnold, 1965.
- HEALEY, Patsy. *Planning through debate: the communicative turn in planning theory*. In: **S.Campbell and S. Fainstein (eds), Readings in planning theory**, pp. 234-257, Blackswell, Oxford, 1996
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. McGraw Hill Brasil, 2013.
- HOLANDA, Frederico de. Urbanidade: Aquitetônica e social, p.162-187 In: AGUIAR, Douglas e NETTO, Vinicius M. (org). **Urbanidades**. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e imagem, 2012.
- HOLST, Rasmus. *Think, script, build: architectural engineering through parametric modelling of inteligente system in architecture*. Architectural Engineering at the Technical University of Denmark (DTU), Dinamarca 2012
- HOWARD, Ebenezer. **Cidades-Jardins de amanhã**. São Paulo: Hucitec. 1ed 1898, 1996
- HUBKA, Vladimir; EDER, W. Ernst. **Design Science**. London: Springer-Verlag, 1996
- JACKSON, John. N. **The urban future: a choice between alternatives**. University of Birmingham, 1972.
- JACOBS, Jane. **The death and life of great American cities**. New York: The Modern library, 3 ed. (1961). 1993

JÄRVINEN, Pertti. Action research is similar to design science. **Quality & Quantity**, v. 41, n. 1, p. 37-54, 2007.

JONES, Barclay. *Design from Knowledge, Not Belief*. In: WHIFFEN, Marcus (Ed.). **The Architect and the City: Papers from the AIA-ACSA Teacher Seminar**, Cranbrook Academy of Art, June 11-22, 1962. Cambridge, Mass., MIT Press, 1966, p.139-152

JONES, Christopher. *Design methods: seeds of human futures*, John Wiley & Sons, New York and Chichester, 1970.

JOSHI, Vaidehi. *A Gentle Introduction To Graph Theory*. 2017 Disponível em: <https://medium.com/basecs/a-gentle-introduction-to-graph-theory-77969829ead8>. Acesso em 23 de março de 2020.

KENNEDY, Luke. *A brief history of AutoCAD*. 2014. Disponível em <<https://www.scan2cad.com/tips/autocad-brief-history/>> Acesso em 02 mai.2019

KITCHIN, Rob. The ethics of smart cities and urban science. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 374, n. 2083, p. 20160115, 2016.

KOLAREVIC, Branko. *Architecture in the Digital Age: Design and manufacturing*. London. Taylor & Francis, 2003

KOSTOF, Spiro. *The city shaped: urban patterns and meanings through history*. 1991.

KUCHPIL, Eneida. **Edifício vertical e a cidade: imagens da modernidade sob o olhar do espaço público**. 2008. Tese (Doutorado em Projeto de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/T.16.2008.tde-02032010-164331. Acesso em: 2019-03-08.

KÜHN, Christian; HERZOG, Marcus. A language game approach to architectural typology. In: **Proceedings of the eCAADe**, v. 91, 1991.

LACAZE, Jean Paul. *La ville et l'urbanisme: un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir*. Flammarion, Paris, 1995.

LACERDA, André Pedroso de. **Pioneiros dos métodos de projeto (1962-1973): redes na gênese da metodologia do design**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em *Design*, Porto Alegre, 2012.

LACERDA, Daniel Pacheco *et al*, Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos , v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000400001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17.07.2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>

LANG, Jon; BURNETTE, Charles. *A model of the designing process. Designing for Human Behaviour*. University of Pennsylvania. 1974.1

LANG, Jon. *Urban design: A typology of procedures and products*. Routledge, 2006.

LAWSON, Bryan. *How designers think: the design process demystified*. 4 ed. Oxford: Elsevier/Architectural,2005

LEDRUT, Raymond. *L'espace en question: ou, Le nouveau monde urbain*. Éditions Anthropos, c1976, tiragem de 1977

LEFEBVRE, Henri. Prefácio: a produção do espaço. **estudos avançados**, v. 27, n. 79, p. 123-132, 2013.. 1ed 1985

LEIBOVICH, Liz., NITZAN-SHIFTAN, Alona., SPRECHER, Aaron. Cybernetic Methodologies for Flexible and Generative Architectural Systems. **eCAADe-2020**. p.703-708. 2020

LEITE, Carlos. **Cidades sustentáveis cidades inteligentes: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LÉVY, Albert. *Formes urbaines et significations: revisiter la morphologie urbaine. Espaces et sociétés*, n. 3, p. 25-48, 2005.

LIMA, Fernando Tadeu de Araujo. **Métricas Urbanas: Sistema (para)métrico para análise e otimização de configurações urbanas de acordo com métricas de avaliação de desempenho**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). 2017

LOUSINHA, Maria Elisa Andrade Vieira. **PADRONIZAÇÃO NA ARQUITETURA. Uma resposta ao concurso Sydney affordable housing.** Dissertação FAUP - Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Portugal, 2018

MENDES, Letícia. T. **Personalização de Habitação de Interesse Social no Brasil: o caso da implantação urbana nos conjuntos habitacionais.** Campinas, 2014. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2014.

MITCHELL, Melanie. *Evolutionary computation*. In: **MITECS, Massachusetts Institute of Technology**, 1999. Disponível em: <HTTP://cognet.mit.edu/MITECS/Articles/mitchell>.

MTSCHERLICH, Alexander. **A cidade do futuro.** Tempo Brasileiro, 1972.

MCLoughlin, J. Brian. **Control and urban planning.** Faber & Faber.London, 1973.

MOREIRA, Daniel de Carvalho. **Os princípios da síntese da forma e a análise de projetos arquitetônicos.** 351 p. Tese de Doutorado. Tese (doutorado)-Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2007.

MOUGHTIN, Cliff. ***Urban design: street and square.*** Routledge, 2007

MUMFORD, Lewis. **Arquitetura , Construção e Urbanismo.** São Paulo: Editora Fundo de Cultura, 1956.

OXMAN, Rivka. *Theory and design in the first digital age*. In: **Design studies**, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.

OXMAN, Rivka. *Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium*. In: **Design Studies**, v. 29, n. 2, p. 99-120, 2008.

OZEL, Filiz. Pattern language and embedded knowledge in Building Information Modeling. **eCAADe 2007**. p.457-464. 2007.

PANERAI, Philippe. ; LANGÉ, Lucien. **Formes urbaines, tissus urbains. Essai de bibliographie raisonnée**, MELT-DGUHC, Centre de Documentation de l'Urbanisme. 2001

PEFFERS, Ken *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of management information systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PEIXE, Marco Aurélio; TAVARES, Sergio. A linguagem de padrões de Christopher Alexander. Parâmetros projetuais para a humanização do espaço construído. **Arquitextos**, São Paulo, ano 18, n. 212.04, Vitruvius, jan. 2018 . Disponível em <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/18.212/6866>>. Acesso em 14.09.2019

PINEDA, José Octávio de Carvalho *et al.* **A entropia segundo Claude Shannon: o desenvolvimento do conceito fundamental da teoria da informação.** Pontifícia Universidade Católica. São Paulo, 2006.

PERKINS, Holmes G. The Architect and the City In: WHIFFEN, Marcus (Ed.). **The Architect and the City: Papers from the AIA-ACSA Teacher Seminar**, Cranbrook Academy of Art, June 11-22, 1962. Cambridge, Mass., MIT Press, 1966, p.1-12.

PUPO, Regiane.; CELANI, Gabriela. Implementando a fabricação digital e a prototipagem rápida em cursos de arquitetura: dificuldades e realidades. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS** (SIGRADI), 14., 2008, Habana. Anais... Habana: Sigradi, 2008

QUEIROZ, Marcos . O experimento com a escola de música da UFBA: um processo participativo utilizando a linguagem de padrões de Christopher Alexander. **Cadernos PPG-AU/UFBA**, v.3, n.1, 2004. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/ppgau/article/view/1410/958>>. Acesso em: 14.09.2019.

REAS, Casey; FRY, Ben. **Processing: a programming handbook for visual designers and artists.** Mit Press, 2007.

ROSSI, Aldo. **A arquitetura da cidade.** São Paulo: Martins Fontes, 1995 [ed. orig. L'Architettura Della Città, 1966].

SADLER, Simon. **Archigram: architecture without architecture.** Mit Press, 2005.

SALINGAROS, Nikos A. *Structure of pattern languages.* In: **Architectural Research Quarterly**, v.4, San Antonio, p. 149-161, 2000.

SASS, Larry. OXMAN, Rivka. *Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design.* **Design Studies**, v. 27, n. 4, p. 53-69, Nov. 2006.

SÃO PAULO (cidade). **Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.** São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo. 2014

SCHÖN, Donald. *The reflective practitioner: how professionals think in action*. Nova York: Basic Books, 1983.

SCHÖN, Donald. **Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2000.

SHIRINIVAS, S. G.; VETRIVEL, S.; ELANGO, N. M. *Applications of graph theory in computer science an overview*. **International journal of engineering science and technology**, v. 2, n. 9, p. 4610-4621, 2010.

SILVA, R.C., AMORIM, L.M.E. Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico. In **V!RUS.** N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt>>. Acessado em: 09/07/2019

SIMON, Herbert. A. **The Sciences of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996 .

SITTE, Camillo. *Der Städte-Bau nach seinen künstlerischen Grundsätzen: ein Beitrag zur Lösung moderner Fragen der Architektur und monumentalen Plastik unter besonderer Beziehung auf Wien*. Graeser, 1901.

SOUSA, Jose Pedro. Praxis Digital. In: **Trama nº0**. Lisboa 2010. Retrieved in Decembre 2012, from cargocollective.com. 2010. Disponível em: <<http://cargocollective.com/jpsousa/filter/Writings/Praxis-Digital>>. Acesso em 03/05/2019.

SOUSA, Jose Pedro; OLIVEIRA, Rui. *Building Traditions with Digital Research Reviewing the Brick Architecture of Raúl Hestnes Ferreira through Robotic Fabrication*. In: **eCAADe 2016** vol1 p.123-133. 2016

SOUZA, Marcelo José Lopes. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Bertrand Brasil, 2001.

SOUZA, Valéria. **A Influência da Ocupação do Solo no Comportamento da Ventilação Natural e na Eficiência Energética em Edificações. Estudo de Caso em Goiânia – Clima Tropical de Altitude**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. PPG/FAU. Brasília, 2006.

STEINØ, Nicolai. *Parametric thinking in urban design: a geometric approach*. In: *5th international conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design Proceedings*. 2010

STINY, George. Introduction to shape and shape grammars, Environment and Planning B: Planning and Design, 7, 1980. pp. 343-351.

STINY, George. GIPS, James. *Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture in CV Freiman (ed), Information Processing 71*. 1972.

TEDESCHI, Arturo. *AAD algorithms aided design parametric strategies using grasshopper*. Brienza, Italy : Le Penseur Publisher, 1ed 2014.

TELLER, Jacques. *La régulation morphologique dans le cadre du projet urbain. Spécification d'instruments informatiques destinés à supporter les modes de régulation performantiels*. Tese de Doutorado. Université de Liège, Liège, Belgique, 2001

THACKARA, John. *In the bubble: Designing in a complex world*. MIT press, 2006.

UNWIN, Raymond. *Town planning in practice: An introduction to the art of designing cities and suburbs*. TF Unwin, 1909.

VAZ, Carlos Eduardo Verzola. **As linguagens compostivas de Roberto Burle Marx: aplicação e caracterização pela Gramática da Forma**. Dissertação de mestrado, Unicamp, 2009.

VAZ, Carlos Eduardo Verzola. **Um sistema de ensino de projeto baseado no conhecimento sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística**. Tese de doutorado, Unicamp. 2011.

VARGAS, Heliana Comin. Da arquitetura corporativa à cidade corporativa. **Arquitextos, São Paulo, ano 04, n. 040.06, Vitruvius, set. 2003** Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.040/655>>. Acesso em 12.09.2019

VAN AKEN, Joan E. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of management studies**, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004.

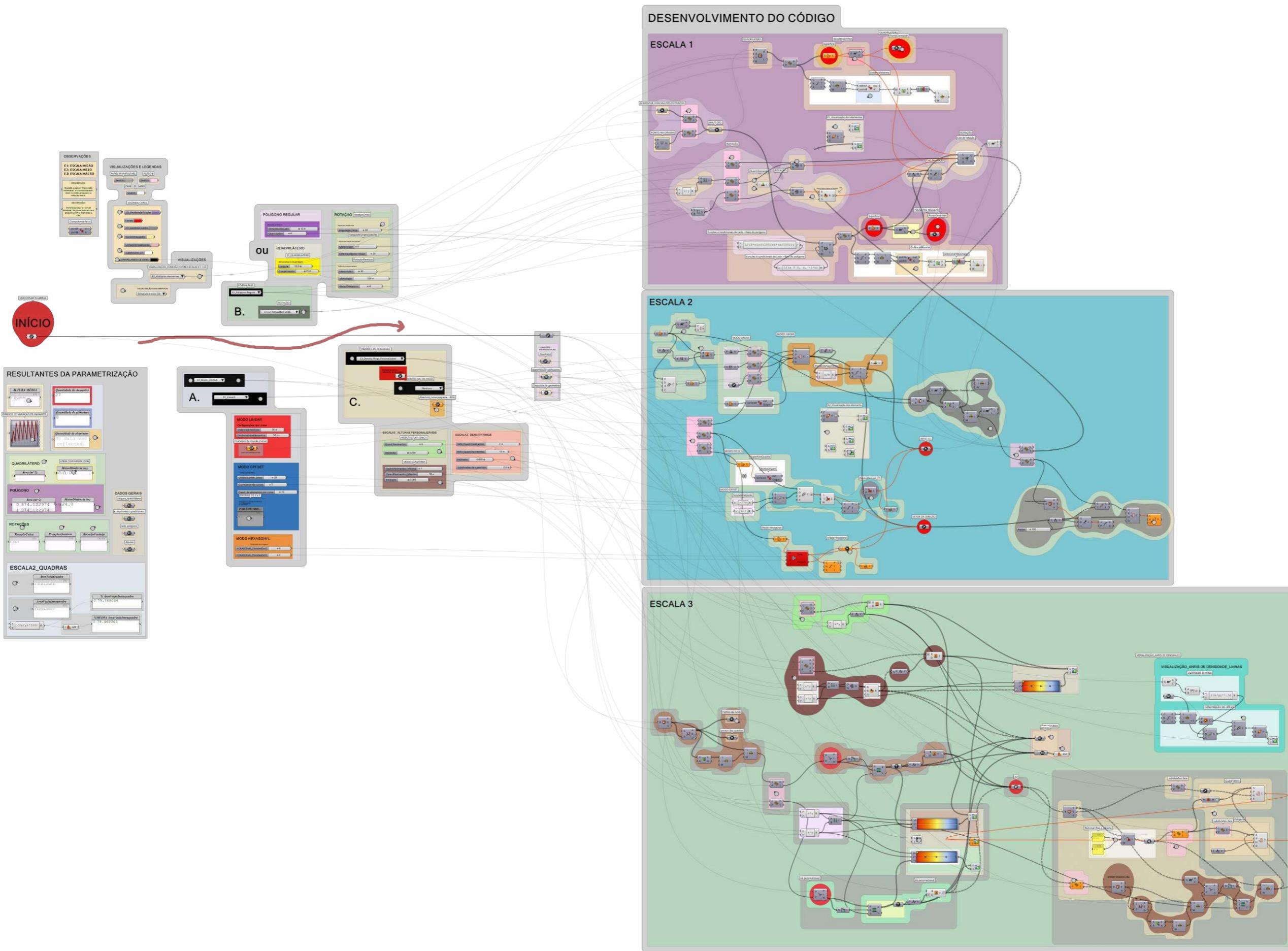
VON FOERSTER, Heinz; PAKMAN, Marcelo; SLUZKI, Carlos E. *Las semillas de la cibernetica*. Barcelona: Gedisa, 1996.

WALCZAK, Anetta Kępczyńska. BIAŁKOWSKI, Sebastian (ed.). **eCAADe Computing for a better tomorrow, volume 1**. Faculty of Civil Engineering, Architecture and Environmental Engineering, Lodz University of Technology.Poland. 2018.

WATANABE, Makoto Sei. *Induction design: a method for evolutionary design*. Springer Science & Business Media, 2002.

WOODBURY, Robert. *Elements of Parametric Design*. United States of America: Routledge, 2010

APÊNDICE A – CÓDIGO CITY PATTERN



APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DO CÓDIGO CITY PATTERN

