RAIMUNDO NONATO BORGES JUNIOR

Concepção arquitetônica de Habitação de Interesse Social com uso de dados socioambientais: desenvolvimento de um *framework* baseado em processamento de imagens e modelagem algorítmica

SÃO PAULO
2019

RAIMUNDO NONATO BORGES JUNIOR

Concepção arquitetônica de Habitação de Interesse Social com uso de dados socioambientais: desenvolvimento de um *framework* baseado em processamento de imagens e modelagem algorítmica

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Inovação na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Rogerio Corrêa.

SÃO PAULO
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, dede 2019

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

Catálogo-na-publicação

BORGES JUNIOR, RAIMUNDO NONATO

Concepção arquitetônica de Habitação de Interesse Social com uso de dados socioambientais: desenvolvimento de um framework baseado em processamento de imagens e modelagem algorítmica / R. N. BORGES JUNIOR -- versão corr. -- São Paulo, 2019.

113 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.habitação socail 2.comunidades informais 3.processamento de imagens 4.desenho algorítmico I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Nome: BORGES JUNIOR, Raimundo Nonato

Título: Concepção arquitetônica de Habitação de Interesse Social com uso de dados socioambientais: desenvolvimento de um *framework* baseado em processamento de imagens e modelagem algorítmica

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço à orientação do prof. Fabiano, a quem sou grato pela orientação durante todo o percurso de desenvolvimento deste trabalho, pelos primeiros contatos no aprendizado em programação computacional e em extração de dados, e pelo estímulo e pela compreensão em prosseguir na temática abordada nesta pesquisa.

A todos os professores do programa Construinova os quais tive a oportunidade de ser aluno, e que progressivamente encaminharam o desenvolvimento da pesquisa direta ou indiretamente no decorrer das disciplinas.

Aos colegas de turma que compartilharam vivências e aprendizados, não apenas acadêmicos, mas de também de vida, durante o convívio destes anos.

A Raíssa Linhares, por ter sido fundamental para o pontapé inicial desta jornada e pelos braços sempre abertos em oferecer estímulo e suporte.

À minha família, pelo apoio incondicional, e em especial aos meus pais Borges e Elda, por nunca terem deixado de cumprir a missão de prover os filhos com amor, cuidado e suporte necessários para que sejam capazes de sonhar.

“A arquitetura é onívora: se alimenta de tudo. É a última arte que compreende o mundo em sua totalidade: esta é sua maldição e ao mesmo tempo seu futuro, o futuro humano.”

Graciela Silvestri

RESUMO

O projeto de arquitetura é uma atividade que frequentemente demanda respostas claras a problemas não bem definidos. Isto conduz a diferentes tipos de abordagem para a elaboração de propostas de projetos, muitas das quais baseadas em tomadas de decisão intuitivas. Sistema de Apoio à Decisão (SAD) é um conceito que se aplica a qualquer ferramenta capaz de organizar informações com o intuito de apoiar a tomada de decisões. Na prática, se traduz em softwares que conduzem e organizam informações, para que a tomada de decisões possua maior embasamento, maior grau de racionalização e melhor eficiência. O uso de softwares na arquitetura data da década de 1960, com a introdução dos sistemas de Desenho Assistido por Computador (CAD), dedicado quase inteiramente restrito à atividade representacional, possuindo pouco impacto sobre o processo de concepção do projeto. O desenho algorítmico, ou paramétrico, entretanto, apresenta crescente utilização no mercado da arquitetura, com o intuito de fornecer arcabouços lógicos, típicos da programação de computadores, orientados à concepção de projetos. Estudos demonstram que o desenho algorítmico pode ser de grande valia na compreensão de espaços urbanos, e em espacial, de assentamentos informais. Os assentamentos informais geralmente possuem conformação complexa, dada a sua natureza transgressora, alheia à lógica e aos códigos da cidade formal. Por outro lado, os projetos de habitação social, comumente direcionado a população residente nestes assentamentos, pouco correspondem a esta complexidade ou se apoiam em leituras locais. As experiências nacionais de programas de oferta habitacional, como o Banco Nacional de Habitação (BNH) e o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) priorizaram, de uma maneira geral, quantidade sobre a qualidade, resultando em massificação de unidades habitacionais repetitivas e pouco conectadas ao perfil socioambiental local. Dados locais que possam auxiliar no desenvolvimento de propostas habitacionais de melhor qualidade são escassos quando relativas aos assentamentos informais. Este estudo objetivou a elaboração de um *framework* para a condução de informação de assentamentos informais, extraída por meio de processamento de imagens de satélite e dados censitários, na elaboração de estudos primários volumétricos desenvolvidos com uso do desenho algorítmico. Para isso, uma estrutura de trabalho de 6 etapas foi desenvolvida e explorada num estudo de

caso hipotético, tendo por base uma comunidade informal real, o bairro da Ilhinha, localizado em São Luís – MA. Neste estudo de caso, foi possível verificar que o *framework* forneceu amparo para a tomada de decisões no desenvolvimento de estudos de implantação de blocos, quantificação de unidades e distribuição destas nos blocos, parâmetros conectados direta e dinamicamente com os dados extraídos nas etapas iniciais.

Palavras-chave: habitação social, comunidades informais, processamento de imagens, desenho algorítmico.

ABSTRACT

Architectural design is an activity that often demands clear answers for not well-defined problems. That incurs in different approaches to design process. Many of these approaches are based in intuitive decision making. Decision Support Systems (DSS) is a concept applied to any tool capable of organizing information that aims to support decision making process. In practice, this concept is applied to software oriented to drive and organize information so that the decision-making process can be enhanced upon theoretical basis, rationalization and efficiency. In architecture, software usage dates from the 1960 decade, when Computer Aided Design (CAD) systems were introduced. That usage remains almost entirely restricted to the representational activity, having small impact upon conceptive design stages. Algorithmic (or parametric design) on the other hand, gains increasing usage and acceptance within architecture market, aiming to deliver logic frameworks (common in computer programming) oriented to conceptive design. Some studies point out that algorithmic design can be useful to understand urban spaces, especially unformal settlements. The settlements usually have complex conformation, given is transgressive nature, aside from logic and codes of formal cities. Housing projects, often directed to these settlements resident population, weakly corresponds to this complexity and rarely is supported by local readings. Brazilian experiences with housing programs as Banco Nacional de Habitação (BNH) and Minha Casa Minha Vida program (PMCMV) prioritized, generally speaking, quantity over quality, resulting in massification of repetitive habitational units, weakly or not connected to local socioenvironmental characteristics. Local data availability, which can assist the development of better quality housing design, is rare when related to unformal settlements. This study aimed to develop a framework to drive information from unformal settlements, extracted by satellite imagery processing and census data, to develop basic volumetric studies with algorithmic modeling. To achieve this, a 6-stage workflow was developed and explored in a hypothetic case study, based in a real unformal settlement – Ilhinha neighborhood, in São Luís, northeast Brazil. It was verified that the *framework* enabled a better supported decision mass study making process of implantation of housing blocks and quantification and distribution of habitational unities, parameters directly and dynamically linked to information gathered from the framework first stages.

Keywords: housing, unformal settlements, image processing, algorithmic design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Influência das etapas de projeto nos custos totais da construção	23
Figura 2 - Conceitos em diálogo entre o pensamento intuitivo ou selvagem e o pensamento racional ou instrumental.....	35
Figura 3 - Modelo (espelhado na vertical) feito de cordas e pequenos pesos, resultando em curvas catenárias, usadas como base da concepção estrutural do trabalho de Gaudí.....	39
Figura 4 - "O Peixe", obra de Frank Gehry.....	40
Figura 5 - Igreja de São Carlos nas Quatro Fontes, de Borromini e o Museu Guggenheim de Bilbal, de Gehry	43
Figura 6 - Exemplo de gramática da forma aplicada na subdivisão de polígonos em janelas tradicionais chinesas.....	45
Figura 7 - Hof Karl Marx, em Viena	49
Figura 8 - Colônia Dammerstock, projetada por Gropius.	50
Figura 9 - Esquema de Gropius relacionando densidade, espaçamento e insolação em blocos laminares.	51
Figura 10 - Linha do tempo de órgãos e instrumentos de habitação e urbanismo no Brasil, desde o Banco Nacional de Habitação (BNH) até o Programa “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV)	56
Figura 11 - Localização dos empreendimentos da faixa 1 do PMCMV na Região Metropolitana de São Paulo.	59
Figura 12 - Localização dos empreendimentos das três faixas do PMCMV na Região Metropolitana de Fortaleza.....	59
Figura 13 - Exemplo de casa térrea com 35m ² do PMCMV disponibilizada pelo manual da Caixa	60
Figura 14 - Planta baixa de tipologia básica de moradia na Vila Maria Zélia (1919), à esquerda, e Projeto Cohab/SC (2001), à direita.....	61
Figura 15 - Estrutura em árvore de Brasília. As asas são servidas por eixos principais, que por sua vez, são servidas por vias cada vez menores até atingir os acessos às super-quadras.	67
Figura 16 - Estrutura semi-reticulada de Cambridge. A vida universitária e a vida da cidade de interceptam em vários níveis, como por exemplo, nos happy-hours em bares e cafés ou na utilização do hospital-escola utilizada pela comunidade local.	68

Figura 17 - Croqui manual esquemático da leitura da estrutura do lugar do Complexo do Alemão como ferramenta de leitura para intervenção do arquiteto Jáuregui.	70
Figura 18 - Planta geral de projeto de intervenção do arquiteto Jáuregui no Morro do Alemão, com base em imagem de satélite.....	71
Figura 19 – Algumas regras de formação da malha urbana identificadas na favela da Rocinha (Rio de Janeiro - RJ) através do uso da gramática da forma	72
Figura 20 – Algumas regras de evolução das edificações identificadas na favela da Rocinha (Rio de Janeiro – RJ) através do uso da gramática da forma	72
Figura 21 – Algumas regras da gramática da forma de setorização em autoconstruções residenciais estudadas no Planato Pici, Fortaleza-CE.....	73
Figura 22 - Elaboração de um elemento de sombreamento e de volume de edificação a partir do estudo de seus desempenhos térmicos, lumínicos e de ventilação com base em dados geográficos locais.	75
Figura 23 - Exemplo do processo de locação de blocos de habitação por meio de modelagem condicionada por regras. A imagem apresenta a inserção progressiva de blocos no terreno até que a regra de distanciamento mínima seja violada.....	76
Figura 24 - Após a etapa de implantação dos blocos, os autores desenvolveram um algoritmo para a geração de diferentes configurações dos cômodos (cada prisma colorido representa um tipo diferente de cômodo: quarto, cozinha, varanda, etc.), com base na proximidade de vizinhos e fachada resultante.....	76
Figura 25 - Interface de visualização, avaliação e modificação do projeto de habitação social	77
Figura 26 - Fluxograma de etapas do <i>framework</i> de estruturação do Sistema de Apoio à Decisão para o projeto de habitação social.....	80
Figura 27 – Bairro da Ilhinha no contexto urbano adjacente. Em preto, delineamento dos setores censitários que compõem o bairro segundo o IBGE.....	81
Figura 28 - Palafitas no junto ao mangue, no bairro da Ilhinha.	82
Figura 29 - Em cores de destaque, o setor censitário estudado no bairro Ilhinha. Em azul, palafitas, em laranja, construções em terra firme.	83
Figura 30 - Imagem de divulgação do projeto de habitação social para moradores de palafita do bairro da Ilhinha.	84
Figura 31 - Captura de satélite escolhida para o desenvolvimento e aplicação do SAD (rodada em 90° sentido anti-horário para melhor disposição na página).	85
Figura 32 - Fluxograma utilizado para a etapa de processamento de imagens	85

Figura 33 – Algumas das etapas de processamento de segmentação de imagem por algoritmo RAG e ‘slic’.	86
Figura 34 - Captura original, acima, e após o processamento de geração de máscara de área construída.	87
Figura 35 – Resultado do processamento de filtragem de pixels de telhados cerâmicos (valor de pixel vermelho entre 140 e 170)	88
Figura 36 - Interface do <i>software</i> Grasshoper, com a representação tridimensional de uma esfera, gerada a partir de duas entradas (ponto de base e raio) conectadas a um nó (função de geração da esfera)	92
Figura 37 - Informações inseridas e convertidas em pontos tridimensionais no <i>software</i> Grasshopper. Os pontos representam os domicílios identificados pelo processamento de imagem (vermelho, teto cerâmico e preto, palafita).	93
Figura 38 - Grafo de conectividade intracomunitária. Acima, visão de topo, abaixo, visão perspectivada, explicitando pontos de diferentes elevações.	94
Figura 39 - Centralidades (nós de maiores conectividades) filtradas num raio de 100m	95
Figura 40 - Conectividade extracomunitária. A esfera representa o centro equidistante da comunidade, enquanto os pontos quadrados representam os equipamentos públicos municipais de saúde e educação.	96
Figura 41 - Conectividade ambiental da comunidade da Ilhinha com o mangue.	97
Figura 42 - Curva de distribuição das categorias da variável "morador por domicílio". Cada ponto da curva apresenta uma classe que varia de 1 a 10+ moradores por domicílio. (O histograma desenhado é relativo, ou seja, o ponto mais baixo é o menor valor encontrado, podendo ou não ser zero).	98
Figura 43 - Conectividade extracomunitária e determinação de ponto equidistante entre a comunidade da Ilhinha e os equipamentos urbanos adjacentes. Acima, a esfera central representa o ponto equidistante. Abaixo, um volume ilustrativo de blocos habitacionais.	99
Figura 44 - Centralidades (pontos de maior conectividade) levantadas entre as palafitas.	100
Figura 45 - Configuração resultante de posicionamento de blocos de habitação no novo terreno, em consideração aos equipamentos adjacentes e ao terreno prévio da comunidade da Ilhinha.	101

Figura 46 - Remapeamento das 10 classes de distribuição de moradores por moradia (IBGE) para 4 classes, que servirão de base para a quantificação de tipologias no estudo habitação social. (O histograma desenhado é relativo, ou seja, o ponto mais baixo é o menor valor encontrado, podendo ou não ser zero)	102
Figura 47 - Distribuição de tipologias de acordo com a curva de distribuição de moradores por domicílio levantada com dados do IBGE, para a modelagem de estudo volumétrico de habitação social.	103
Figura 48 - Alternativas de estudo utilizando a mesma base algorítmica de distribuição de tipologias.	103
Figura 49 - <i>Framework</i> para a etapa de modelagem algorítmica, envolvendo etapas de leitura e etapa propositiva	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do processamento de imagens	47
Quadro 2 - Razão entre população residente total e população residente em aglomerados subnormais de algumas Regiões Metropolitanas brasileiras	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de domicílios em aglomerados subnormais segundo o tipo de via de circulação interna.....	65
Tabela 2 - Valores utilizados nos parâmetros dos algoritmos de processamento de imagem	89
Tabela 3 - Variáveis censitárias básicas utilizadas no SAD e seus valores correspondentes à comunidade da Ilhinha.....	90
Tabela 4 - Variáveis de distribuição de moradores por domicílio e seus valores correspondentes à comunidade da Ilhinha.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Justificativa e importância do estudo	21
1.2	Objetivos	24
1.2.1	Objetivo geral:.....	24
1.2.2	Objetivos específicos:.....	24
1.3	Métodos de pesquisa.....	25
1.3.1	Estudo de referências	25
1.3.2	Pesquisa construtiva.....	25
1.4	Estrutura do trabalho	28
1.5	Escopo e limitações do trabalho	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	30
2.1	A atividade de projeto e os Sistemas de Apoio à Decisão na Arquitetura	30
2.2	Modelagem algorítmica e processamento de imagens.....	37
2.2.1	O uso de computadores e a modelagem algorítmica na arquitetura	37
2.2.2	Processamento de imagens	46
2.3	Habitação Social no Ocidente e no Brasil.....	48
2.4	Cidade, Habitação Social e tecnologias digitais	62
3	SAD PARA ESTUDO VOLUMÉTRICO DE HABITAÇÃO SOCIAL COM BASE EM DADOS SOCIOAMBIENTAIS.....	79
3.1	Estudo de caso: Bairro da Ilhinha	81
3.1.1	Aquisição e processamento das imagens de satélite	84
3.1.2	Aquisição de dados sociais.....	89
3.1.3	Estudo de massa para habitação social com base no contexto socioambiental do bairro da Ilhinha.....	92
4	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

1 INTRODUÇÃO

O projeto de arquitetura é uma atividade complexa e multidisciplinar, que frequentemente lida com múltiplas variáveis na busca de soluções a problemas pouco definidos. Por lidar com indefinição, métodos de processo de concepção arquitetônica variam entre os profissionais, nos quais a influência de diversos fatores, como experiências prévias, disponibilidade de informações, “preferências” cognitivas, disponibilidade de ferramentas, relacionamento com outros profissionais, entre outros, impacta diretamente sobre o processo criativo. O grande volume de tomadas de decisão existente no processo de projeto de arquitetura revela o quão complexa é esta atividade e o quão importante é o desenvolvimento de propostas claras e bem fundamentadas.

Por outro lado, o crescimento da disponibilidade e complexidade de informação, proporcionado por tecnologias de informação e comunicação, demanda novas estratégias para que se possa ter seu domínio e proveito. Neste sentido, a arquitetura enquanto disciplina passa por uma transição carregada pela crescente adoção de ferramentas computacionais. Esta transição em direção ao digital não se dá apenas em um aspecto isolado, mas em diversos âmbitos da produção arquitetônica: representação, concepção, manufatura, gerenciamento. Nardelli (2007), traz a seguinte reflexão:

“(...) as tecnologias digitais libertaram a imagem dos tradicionais conceitos de representação e as formas já não estão mais sendo representadas de um modo convencional baseado nos parâmetros de um espaço estático estabelecido pelo papel, já que foram introduzidos novos conceitos de espaço e formas dinâmicas e interativas que produzem novas categorias de projetos que se viabilizam, necessária e exclusivamente, através das Tecnologias da Informação e Comunicação e que, portanto, devem ser definidos como “Projetos Digitais”, ou, num conceito mais amplo, como “Arquitetura Digital”. (NARDELLI, 2007)

As tecnologias digitais têm auxiliado no surgimento de um novo paradigma de processos na construção civil. A Modelagem da Informação da Construção (BIM – *Building Information Modeling*), por exemplo, se propõe a relacionar, por meio de

desenho paramétrico, modelagem virtual com um banco dos dados pertinentes à realização e manutenção da edificação. O uso de tecnologias digitais na arquitetura se apresenta na indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) principalmente como elemento de ganho de competitividade na iniciativa privada.

Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) também são uma face do emprego de tecnologias digitais no planejamento urbano e arquitetônico. SAD são, na prática, softwares orientados na busca do aumento do aporte de informação disponível e sistematizá-la para melhor fundamentação e delineamento de soluções em cenários de pouca determinação.

O projeto de habitação social, por se tratar de uma situação onde há grande número e diversidade de agentes envolvidos em cenários de geralmente alta complexidade, ilustra a necessidade de grandes níveis de informação prévia para o desenvolvimento de edificações de qualidade. No Brasil os projetos de habitação social atuais traduzem, entretanto, a lógica da produção massificada, orientada para a busca da minimização de custos por meio de soluções padronizadas, incorrendo em malefícios já conhecidos, como a discordância com a realidade socioeconômica, descon sideração dos condicionantes físico-ambientais e impessoalidade da habitação (MARROQUIM, 2017 *apud* MORORÓ, PEQUENO e CARDOSO, 2016). Brandão (2011) aponta que unidades habitacionais inadequadas não atendem à diversidade de necessidades dos usuários, levando-os a realização de adequações de baixa qualidade ou mesmo ao abandono das unidades.

Este fato é um contrassenso quando se observa o aprimoramento de práticas na indústria da construção, relacionadas em especial ao avanço da informática. Com uso de novas técnicas e assessorada principalmente pela alta capacidade de processamento provida pelos computadores, a concepção arquitetônica passou a ser capaz de envolver um grande volume de informações relacionadas de maneira complexa.

Neste contexto, o desenho computacional representa um conjunto de práticas e métodos em que a forma não é desenhada, mas programada num arcabouço lógico. O projetista define um conjunto de parâmetros e regras necessários para a construção da forma e do espaço, e os ajusta à conveniência de seu objetivo, gerando coleções de soluções para um único programa de necessidades.

Por sua capacidade em lidar com grandes volumes de dados, ferramentas paramétricas têm sido exploradas em estudos urbanos (TALEB e MUSLEH, 2015)

(BEIRÃO, 2014) em aplicações de caráter regional (FATHI, SALEH e HEGAZY, 2016) (YUAN, 2016), na compreensão de territórios informais (DIAS, GANI e CHOKYU, 2013) e em estudos de habitação social (CHRONIS, LIAPI e SIBETHEROS, 2012) (MARTINO, 2015) (MENDES, BEIRÃO, *et al.*, 2013)

A aquisição de dados é ponto primordial para a elaboração do planejamento de oferta habitacional, sobretudo em territórios informais e assentamentos precários, cuja população é frequentemente destinatária de projetos de habitações sociais. Instituições governamentais e não-governamentais fornecem considerável volume de dados que podem ser utilizados no entendimento de localidades e concepção de projeto de habitação social. Dados censitários disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como a Pesquisa Brasileira por Amostra de Domicílio (PNAD) e o próprio Censo Demográfico, se encontram tabulados ou dispostos em gráficos e mapas dinâmicos. Em São Paulo, a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) e a Empresa de Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA) fornecem indicadores categorizados e filtráveis sobre diversos temas. Além destes tipos de fontes e recursos de dados e indicadores, Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou G/S) são plataformas capazes de organizar, coletar e manipular dados geográficos sobre um sistema de coordenadas, sendo utilizados com frequência para sensoriamento remoto.

Territórios informais, entretanto, não constam por vezes em cadastros oficiais de prefeituras ou em bases de dados com longo período de atualização, como o Censo. Em casos assim, o sensoriamento remoto via imagens de satélite – alguns casos com atualização diária de varredura, a exemplo dos satélites estadunidense LandSat e o europeu Sentinel – é um recurso para captura de dados em escala urbana nessas localidades.

Este estudo se propõe a desenvolver um *framework* para um sistema de apoio à concepção arquitetônica da habitação social, tendo por base a leitura local – com uso e processamento de imagens de satélite e dados censitários – e desenho algorítmico, na busca de estudos de massa com maior embasamento na realidade local.

1.1 Justificativa e importância do estudo

A habitação de interesse social brasileira apresenta projetos e iniciativas emblemáticas e referenciadas por sua boa qualidade, como o conjunto habitacional Pedregulho, no Rio de Janeiro, ou como a perspectiva de produção da construção racionalizada proposta pelo arquiteto Lelé ao Programa Minha Casa Minha Vida em Salvador. Entretanto, por conta de diversos condicionantes, entre os quais se sobressaem pressões econômicas e de ordem política, a produção de habitação social no Brasil, de maneira geral, incorpora características de massificação. A massificação demonstra ser uma abordagem equivocada na concepção destes empreendimentos, por conduzir a elevados índices de insatisfação dos usuários, que por sua vez, ao abandonarem ou realizarem adaptações sem a técnica adequada, termina por degradar intenções originais do projeto de habitação social, impactando não apenas na edificação, mas também em seu contexto urbano imediato.

A compreensão prévia dos modos de vida local geralmente aponta soluções encontradas pelos moradores, baseadas na experiência do enfrentamento de problemáticas inerentes ao sítio. Sobre este tema, FERREIRA (2012) *apud* MORORÓ *et al* (2016) ressalta que:

Geralmente, as soluções autóctones, que representam a cultura local, como casas caiçaras, casas caipiras, são indicativas das melhores soluções para a região, pois incorporam o saber local e suas tradições. (FERREIRA 2012 *apud* MORORÓ 2016)

A análise urbana local orientada ao projeto de habitação social poderá propiciar um aumento na qualidade deste projeto, através da melhoria do levantamento de necessidades locais e do direcionamento da elaboração de soluções envolvidos na intervenção. Neste contexto, o sensoriamento remoto (fotografias aéreas) permite a captura de dados não acessíveis por outro método e além disso, possui atualização recorrente.

Alimentando-se deste substrato de dados, o desenho paramétrico auxilia a tomada de decisões com maior grau de informação na criação e avaliação de formas e espaços. Para a modelagem destas formas, a programação visual em *softwares* de

desenho paramétrico dispõe de uma interface gráfica onde a inserção de informações desejadas torna-se simplificada, mesmo para pessoas com pouco ou nenhum conhecimento em programação computacional.

SUYOTO (2014) aponta bons resultados na avaliação do design computacional no contexto de estudos iniciais de edificações. No Brasil, estas ferramentas ainda são pouco conhecidas ou utilizadas por grande parte dos profissionais da AEC (arquitetura, engenharia e construção), havendo, entretanto, um esforço por parte das academias e entidades profissionais na disseminação destas.

Apesar do crescente interesse no tema nos últimos anos, a relação entre o uso de tecnologias de desenho paramétrico e o projeto de habitação social é um assunto ainda pouco explorado por profissionais da AEC no Brasil. Considerando-se a complexidade entre o programa arquitetônico de habitação social, sua dependência na leitura urbana, e a capacidade de manipulação de dados igualmente complexos proporcionada pelo desenho paramétrico, esta conjugação poderá ser benéfica para a qualidade da produção da habitação social.

As etapas iniciais de concepção de um projeto de arquitetura são pontos em que há grande volume de tomadas de decisão que irão impactar nas demais etapas até sua execução. Igualmente, é a etapa com menores custos para o empreendimento, representando 3% a 7% do custo total. Bertezini (2006) afirma que a utilização de informações adequadas desde as etapas iniciais de concepção poderá garantir menor custo global da obra, além de aumentar competitividade e produtividade, com a redução de retrabalhos e desperdícios. Isso se dá não somente pela maior segurança na escolha de melhores alternativas, como também por evitar propostas mal dimensionadas. A **Figura 1** demonstra a sobreposição das curvas de custo acumulado de produção com a curva de possibilidade de interferência ao longo do tempo transcorrido de projeto. É visível o contraponto entre os picos de cada curva, apontando a grande influência das etapas conceptivas a troco de um baixo custo acumulado.

Figura 1 - Influência das etapas de projeto nos custos totais da construção

Fonte: (HAMMARLUND e JOSEPHOSON, 1992) *apud* (BERTEZINI, 2006)

Sendo o processo de projeto arquitetônico parte de uma família de processos de decisão cuja complexidade demanda controle e planejamento do processo cognitivo, e havendo muitas vezes aspectos pouco determinados e até mesmo conflitantes (KOWALTOWSKI, CELANI, *et al.*, 2006), vê-se na utilização de SAD a possibilidade de maior definição do processo criativo, dando maior segurança na tomada de decisão no projeto arquitetônico tanto na identificação de soluções quanto de decisões incongruentes. Seu uso adquire maior valor na etapa inicial de concepção, onde há maior possibilidade de intervenção a menor custo, cuja influência reverbera por todas as demais etapas de produção do edifício.

A problemática do déficit habitacional apresenta números relevantes, entretanto, a experiência mostra que soluções quantitativas são insuficientes. O uso de rotinas pré-estabelecidas para leitura urbana e exploração de desenho nas etapas da concepção arquitetônica poderá contribuir para processos mais eficientes direcionados à garantia de habitações adequadas e de qualidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral:

Elaborar um *framework* para um Sistema de Apoio à Decisão para o projeto arquitetônico de habitação social, baseado em processamento de imagens e modelagem algorítmica.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar levantamento teórico e do uso do design computacional na etapa de concepção de projetos.
- Identificar e selecionar fontes de dados socioambientais para uso no projeto de arquitetura de habitação social:
 - Selecionar fontes de imagens de satélite e topográfico (Modelos digitais de elevação – DEM) conforme disponibilidade de imagens relacionadas ao estudo (descarte de imagens com grande cobertura de nuvens, má formação de mosaico ou baixa resolução).
 - Avaliar e selecionar dados censitários para aglomerados subnormais.
- Desenvolver *framework* do Sistema de Apoio à Decisão com uso dos dados mencionados:
 - Realizar processamento das imagens adquiridas.
 - Importar imagens processadas em ambiente de desenho algorítmico
 - Conduzir dados obtidos para a modelagem tridimensional de estudo primário de habitação social.
- Avaliar o *framework* desenvolvido através de estudos hipotéticos de concepção de arquitetura de habitação social em contextos reais.

1.3 Métodos de pesquisa

1.3.1 Estudo de referências

A revisão bibliográfica realizou-se por busca de publicações indexadas nas plataformas Science Direct, Web of Knowledge, Google Scholar, portal de periódicos CAPES, e outras relacionadas, utilizando-se os termos:

“design computacional” “design generativo” “algoritmo genético”
“sensoriamento remoto” “processamento de imagens” “arquitetura paramétrica”
“habitação de interesse social” “decisões de design” “arquitetura algorítmica”
“levantamento socioambiental” “minha casa, minha vida” “habitação social no brasil”
“histórico da habitação social” “aglomerados subnormais” “comunidades informais”

Deu-se atenção na busca por artigos nacionais ou de países em desenvolvimento, para melhor paralelismo entre os contextos de estudo, o de habitação social e comunidades informais.

A revisão bibliográfica buscou traçar os processos envolvidos nos métodos de concepção de projeto na arquitetura e como os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) podem se encaixar neste contexto. Além disso, buscou bases teóricas para o uso das duas principais ferramentas utilizadas na pesquisa construtiva: o processamento de imagens e a modelagem algorítmica. Por fim, a revisão bibliográfica orientou-se a buscar informações a respeito do percurso histórico da habitação social no ocidente e no Brasil, suas problemáticas, e referências literárias que utilizem SADs relacionados à habitação social e à cidade, paralelas ao tema da presente pesquisa

1.3.2 Pesquisa construtiva

O *framework* de estruturação do Sistema de Apoio à Decisão para o projeto de habitação social, tendo por base dados socioambientais locais, definiu-se em seis etapas principais, que vão desde a escolha inicial da comunidade até a modelagem tridimensional básica da proposta de habitação social. A seguir, a apresentação e descrição de cada etapa:

1.3.2.1 Escolha da comunidade de estudo

A escolha da comunidade informal a ser estudada e utilizada como base de desenvolvimento do SAD partiu dos seguintes critérios: estar inserida em contexto urbano, possuir relação territorial com diferentes elementos paisagísticos (corpos d'água, cobertura vegetal, acidentes topográficos, etc), possuir preferivelmente diferentes tipologias de habitação e estar situada no Brasil. Estes critérios foram escolhidos por aumentarem a variabilidade de elementos envolvidos, permitindo um melhor desenvolvimento do SAD e melhor adaptação a diferentes contextos. O requerimento de que a comunidade seja situada no Brasil baseia-se no fato de que os dados sociais analisados serão extraídos do Censo do IBGE.

1.3.2.2 Aquisição de imagens de satélite

As imagens referentes à comunidade em estudo foram obtidas através do *software* Google Earth, que combina diversas fontes em sua plataforma, tais como os satélites LandSat, Sentinel e Digital Globe. Algumas destas bases possuem plataformas de navegação próprias, permitindo filtragem com grande minúcia, tais como o USGS Earth Explorer, o ESA Sentinel e o catálogo do INPE. O *software* Google Earth foi escolhido por combinar estas fontes, além de ser conhecido por diversos profissionais, podendo facilitar o uso do SAD por pessoas com pouco conhecimento em obtenção de imagens de satélite.

Com a entrada das coordenadas da comunidade informal escolhida, priorizou-se a obtenção de imagens o mais atuais possíveis e livres de distorções, tais como grande presença de nuvens ou falha na formação do mosaico.

1.3.2.3 Aquisição de dados sociais (censo do IBGE)

Os dados necessários para a análise social da comunidade escolhida foram obtidos com o levantamento do último censo nacional (em 2010) realizado pelo IBGE. Os dados por universo de setor censitário (menor nível da pesquisa) estão disponibilizados no site do Instituto no formato de planilha eletrônica, bem como os arquivos de contorno de cada setor. Para o desenvolvimento do SAD,

escolheu-se os dados de quantidade de domicílios permanentes, quantidade de moradores permanentes e quantidade de moradores por domicílio. Estes parâmetros foram escolhidos por impactarem diretamente no dimensionamento e elaboração inicial de propostas de habitação social.

1.3.2.4 Processamento de Imagens

Em seguida, passou-se à etapa de processamento das imagens escolhidas. O processamento teve como objetivo a detecção de elementos a partir de atributos da imagem, tais como a variação de cores, detecção de bordas, etc. Este processamento foi realizado utilizando-se a linguagem de programação *Python*, com a biblioteca Scikit-Image. A linguagem de programação *Python* foi escolhida por possuir uma curva de aprendizado mais íngreme (ou seja, facilitada) em relação a outras linguagens, facilitando o seu uso por não-programadores. Sua biblioteca Scikit-Image é um conjunto de algoritmos dedicados ao processamento de imagens de cunho científico, com uso em diversas áreas que vão desde exames laboratoriais até observação astronômica. O processamento de imagens com estas ferramentas objetivou identificar edificações, cobertura vegetal e corpos d'água.

1.3.2.5 Leitura dos dados levantados

Os dados de edificações, cobertura vegetal e corpo d'água foram inseridos em uma plataforma de modelagem algorítmica tridimensional. O *software* escolhido para esta etapa foi o *Rhinoceros* versão 5.0, junto ao *plugin Grasshopper*. Pelo mesmo motivo de escolha das outras ferramentas, estes foram escolhidos por sua ampla disseminação, especialmente entre designers e arquitetos, e por tornarem o controle e desenvolvimento de algoritmos facilitado, por meio de uma interface visual de programação.

Os dados gerados no processamento de imagem foram traduzidos como pontos tridimensionais, e a partir de então, foi possível obter informações por meio do mapeamento destes dados iniciais. Para cumprir o objetivo de dirigir condições pré-definidas na comunidade na proposta de habitação social, foram definidos os seguintes parâmetros: proximidade e grau de aglomeração entre

edificações, proximidade entre edificações e corpos d'água, proximidade entre edificações e cobertura vegetal, proximidade entre edificações e equipamentos urbanos adjacentes.

Da mesma maneira, os dados sociais censitários foram inseridos na forma de bases numéricas para manipulação do modelo tridimensional.

1.3.2.6 Modelagem de estudos de massa para habitação social

A informação levantada pelo mapeamento das informações escolhidas foi traduzida em parâmetros que geram volumes básicos de edificações. A modelagem aqui desenvolvida atinge a etapa de definição e distribuição de unidades nos blocos de habitação, além da implantação deste no terreno escolhido.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em quatro tópicos principais. Primeiramente, a introdução apresenta o trabalho, sua importância e quais objetivos serão buscados. Em seguida, são apresentados os métodos para desenvolvimento desta pesquisa, agrupados em duas etapas, a metodologia para revisão bibliográfica e a metodologia para a pesquisa construtiva, ou seja, as etapas de desenvolvimento o *framework* objeto deste estudo.

No tópico seguinte, a revisão bibliográfica aborda com maior profundidade e levanta o que já foi produzido, em relação aos temas pertinentes ao presente trabalho. O primeiro tema revisado é o de Sistemas de apoio à decisão na arquitetura, onde se apresenta os fundamentos conceituais dos SAD e sua relação e importância com as tomadas de decisão na arquitetura. O tema seguinte levanta o histórico da habitação social no mundo e no Brasil, em busca da compreensão dos caminhos tomados por profissionais da arquitetura para que se chegasse na atual lógica de massificação da produção. Em seguida, o terceiro tema revisado é “O desenho algorítmico”, onde também se apresenta um relato histórico, desta vez, do uso de ferramentas digitais na arquitetura, além de definições e questionamentos levantados por esta prática. Finalmente, o tópico de revisão bibliográfica apresenta o tema “Exemplos da aplicação de desenho algorítmico no projeto de habitação social”, em que se buscou relatar que

tipos de iniciativas estão sendo desenvolvidas na conjugação entre desenho algorítmico e habitação social.

O terceiro tópico apresenta o desenvolvimento e aplicação do *framework* para um SAD de habitação social com base no contexto socioambiental. Detalha com maior minúcia os algoritmos utilizados, bem como a estruturação de mapeamento de dados tanto para a leitura de contexto urbano quanto para a condução desta leitura para a modelagem volumétrica de um estudo de massa para habitação social.

A seguir, são feitas as conclusões e considerações finais decorrentes do trabalho desenvolvido; ao fim do documento, é apresentada a bibliografia consultada durante todo o trabalho.

1.5 Escopo e limitações do trabalho

A pesquisa construtiva propõe-se a desenvolver um *framework* de SAD para o projeto de habitação social com base no contexto urbano local. O trabalho aqui apresentado limita-se à habitação social como blocos residenciais, excluindo demais configurações, como conjuntos horizontais de edificações unifamiliares. Este tipo de abordagem requer uma base de leitura, e conseqüentemente, de disponibilidade de informações de maior profundidade, abrangendo tópicos como infraestrutura viária, saneamento, transporte, etc. Assim, a leitura aqui realizada permanece no escopo específico à comunidade, se utilizando de dados como perfil dos moradores, perfil urbano e ambiental próximo, entre outros.

Este trabalho também se limita a prover uma ferramenta de apoio ao projeto de habitação em seus primeiros estágios, ou seja, no estudo de massa, a partir de uma situação primária de contato remoto com o local. Não pretende substituir outros métodos de projeto e aquisição de informação, como por exemplo, o levantamento e registro in loco, mas complementá-los.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A atividade de projeto e os Sistemas de Apoio à Decisão na Arquitetura

O projeto de arquitetura é uma grande área de conhecimento dentro da formação em Arquitetura, e, sendo assim, é objeto de discussão com vasta literatura produzida, sob múltiplas perspectivas. Sua definição por si só demanda intensa investigação, sendo necessários estudos dedicados. MONTANER (2017, p. 7) define o trabalho do arquiteto como uma antecipação de formas destinadas a satisfazer necessidades futuras. Segundo o autor,

(...) para que o projeto possa ser desenvolvido, é preciso conhecer o máximo possível a realidade e o contexto em que se atua e prever os usos e experiências das pessoas em relação aos espaços. O arquiteto transforma solicitações funcionais, sociais, simbólicas, materiais e contextuais em um projeto que por fim se materializa em formas. (MONTANER, 2017)

No contexto aqui delineado, o da convergência de múltiplas informações para um único resultado, entende-se o projeto de arquitetura como um processo criativo complexo, a envolver saberes de diferentes disciplinas na construção de soluções para questões nem sempre perfeitamente definidas. Este tipo de projeto, ao contrário do projeto de engenharia, não especifica um *design* detalhado, mas apresenta um conjunto de soluções aceitáveis. Em sistemas complexos, o projeto de arquitetura se torna uma tarefa trabalhosa e desafiadora, por passar a envolver um maior número de avaliações entre elementos e contexto e, por conseguinte, uma maior rede de decisões interdependentes a serem tomadas (SIMMONS, 2008). O exercício da arquitetura e urbanismo é pautado principalmente no esforço de abstração. De acordo com VASSÃO (2017), abstrair significa montar e desmontar sistemas através da linguagem, com a intenção de reduzir suas complexidades à nossa capacidade cognitiva, por meio de agregação e rotulação das partes constituintes.

A tomada de decisões é diferenciada entre os profissionais de engenharia e os arquitetos e designers. Frente a um cenário com disponibilidade limitada de informações, a tomada de decisão pode seguir por dois sistemas: o sistema intuitivo

e o sistema racional. Os sistemas são descritos por Kahneman (2003) da seguinte forma:

As ações do Sistema 1 (intuitivo) são rápidas, associativas, implícitas, emocionalmente carregadas, guiadas por hábitos e de difícil controle e modificação. Por outro lado, o Sistema 2 (raciocínio) é lento, requer muito esforço cognitivo e é guiado por regras. (KAHNEMAN, 2003)

Estas definições de sistema intuitivo e sistema de raciocínio relacionam-se com os diálogos entre conceitos de “pensamento selvagem” e “pensamento instrumental”, levantados pelo arquiteto VASSÃO (2017). Em abordagem filosófica e antropológica embasada no trabalho de Lévi-Strauss, Pierre Clastres, Gilles Deleuze e Félix Guattari, Vassão ressalta que o termo selvagem não implica diretamente em um estado primitivo, violento, incompleto ou bruto. Caracteriza-se por ser um pensamento indomado e sem planejamento, com finalidade em si próprio, ao contrário do pensamento civilizado – ou instrumental –, que necessariamente requer uma finalidade ou aplicação, ou seja, de motivação externa. No pensamento selvagem, o significado é percebido fenomenologicamente, tem natureza “incorporada” no sujeito, e é sustentado por comunicação informal. O pensamento instrumental, por sua vez, é estruturado para conformar a ação, embora seja separado desta, e requer modos formais de comunicação.

Rosa *et al* realizaram, em 2018, um estudo acerca da influência de fatores intuitivos e racionais na prática profissional de arquitetos, engenheiros e designers. O estudo aponta que em ocasiões de tomada de decisão necessária mesmo num cenário com pouca fundamentação, como é ocorrente em atividades de design, outras variáveis podem interferir na resolução dos problemas, tais como: o grau em que as pessoas buscam tomar decisões racionais; o quanto se baseiam em suas próprias experiências de forma intuitiva; em que medida buscam e avaliam diferentes alternativas antes de tomar uma decisão; o quão difícil é para elas fazer uma escolha; e o quanto têm um estilo de pensamento “mente aberta”. Este mesmo estudo buscou levantar quais as abordagens preferenciais tomadas por arquitetos, engenheiros e designers, quando da resolução de problemas de projeto. Após a aplicação e análise do Inventário Racional-Experimental (*Rational Experimental Inventory* – REI) em uma amostra de setenta profissionais das áreas citadas, Rosa *et al* (2018) observaram que

os arquitetos favorecem a experiência na sua prática, enquanto os engenheiros, a racionalidade, e os designers (de produto) encontraram-se num ponto mediano entre as duas práticas, embora com maior proximidade aos arquitetos, especialmente ao se utilizarem também da intuição como fator de tomada de decisões.

De maneira similar ao estudo de Rosa *et al* (2018), Simmons (2008) afirma que em situações de tomadas de decisões necessárias num curto prazo, frequentemente se utiliza analogias a situações de sucesso no passado, dando pouca margem a geração de alternativas, sendo razoável em situações militares, incêndios, etc. No caso de projetos arquitetônicos, a escala de prazo para soluções é geralmente da ordem de meses ou até mesmo anos, sendo possível maior dedicação na etapa de invenção e desenvolvimento de possíveis cursos para se chegar na solução. Simon (1977) estruturou o processo de tomada de decisões em quatro etapas, sendo elas:

- 1) atividade de inteligência: “procura no ambiente condições para tomar a decisão.”
- 2) atividade de design: “invenção, desenvolvimento e análise de possíveis cursos de ação.”
- 3) atividade de escolha: “seleção de uma escolha particular.”
- 4) atividade de revisão: “avaliação pós-escolhas.”

Destas, a atividade de design é a mais relevante em relação às outras por ser o ponto em que é possível a criação de novos procedimentos que podem estabelecerem-se na resolução de futuras tomadas de decisão. Além do processo de tomada de decisão, Simon (1977) também estruturou o espectro de tipos de decisões, sendo formado por dois extremos:

- Decisões programadas: rotineiras, bem definidas, podem ser modeladas e otimizadas precisamente. Sem problemas novos, podem ser resolvidas com procedimentos estabelecidos. São situações cujo procedimento para se encontrar uma solução já foi definido. Ressalta-se que decisão programada não implica em decisão fácil. A quantidade de

recursos utilizados na elaboração de uma decisão programada pode torna-la de difícil computação e resolução.

- Decisões não programadas: episódicas, debilmente definidas, possuem impactos significativos (comumente), resolvida por busca heurística ou por métodos gerais de solução de problemas, modelos imprecisos.

Existe uma grande variedade de recursos para a assistência na tomada de decisões, de modo a torna-las mais seguras e confiáveis. Em sistemas informatizados, há o conceito de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), de definição ampla. Apesar de atualmente se referir ao uso de sistemas informatizados, SAD pode se referir a qualquer procedimento racionalizado para se chegar a uma decisão, geralmente no espectro de decisões não programadas. Sua aplicação é voltada a sistemas de comunicação, dados, documentação, conhecimento e modelagem. Praticamente qualquer tipo de *software* utilizado para aumentar a quantidade de informação útil e

disponível para a tomada de decisão pode ser enquadrado como SAD, até mesmo uma planilha eletrônica ou um processador de texto. (SIMMONS, 2008)

Das quatro etapas do processo de tomada de decisão – inteligência, design, escolha e revisão –, o SAD se apoia principalmente na etapa de design, dada em outras quatro subdivisões (DINÇER, ÇAĞDAŞ e TONG, 2014):

- Representação: “inclui métodos e ferramentas para codificar um conjunto de variáveis de decisão, um conjunto de condicionantes entre as variáveis de design, e um conjunto de métricas para cálculo.”
- Estruturação: “inclui métodos e ferramentas para racionalizar variáveis interconectadas, provendo informações sobre as relações e manipulando-as de acordo com as condições.”
- Simulação: “inclui métodos e ferramentas para a identificação de combinações exequíveis de variáveis de decisão e computação das propriedades dos resultados das decisões.”
- Visualização: “inclui métodos e ferramentas para a apresentação, em formato legível para humanos, da informação de apoio à decisão obtida de outros estágios.”

Os SAD são ferramentas de grande utilidade para o ganho de racionalização (ou de pensamento instrumental) no processo de concepção arquitetônica. Entretanto, é importante reconhecer que 1) existem limitações na racionalização: a redução da complexidade do mundo em pequenos blocos “inquestionáveis de verdade”, podendo incorrer numa espécie de cegueira científica e no desprezo pelo saber intuitivo; e 2) existem potencialidades na intuição (ou pensamento selvagem), presente mesmo em sociedades civilizadas: significações profundas são produzidas em âmbito intuitivo, para então serem disciplinadas e burocratizadas pela racionalização (VASSÃO, 2017). A Figura 2 apresenta diálogos entre conceitos que transitam nestes dois aspectos. Na metade inferior, aspectos intuitivos/selvagens; na metade superior aspectos racionais/instrumentais. A leitura da imagem se dá em conceitos relacionados às suas contrapartes, espelhados a partir da linha tracejada mediana.

Figura 2 - Conceitos em diálogo entre o pensamento intuitivo ou selvagem e o pensamento racional ou instrumental

Fonte: (VASSÃO, 2017)

Deste conjunto de conceitos, ressaltam-se os diagramas (e sua contraparte, a linguagem). Na prática arquitetônica, diagramas podem ser tanto propositivos quanto analíticos, ambos com finalidade imaginativa. São utilizados como veículos para revelação de ideias, intuições, sentimentos e temas difíceis de comunicar e conceituar. O mecanismo por que percorre se dá de maneira pré-lógica, anteposta à escrita. Montaner (2017) afirma que a primeira definição de diagramas provém de Charles Sanders Peirce, segundo o qual, todo pensamento se expressa por um grafo ou um signo, que por sua vez, se subdivide em três tipos: ícone, índice ou símbolo. Os ícones podem ser do tipo metáforas, imagens ou diagramas, sendo o último definido como “um ícone que torna inteligíveis as relações, sobretudo espaciais, entre as partes que constituem um objeto”.

Ainda segundo Montaner (2017), o diagrama rompe com a rigidez estabelecida pela noção de tipologia, uma estrutura genérica aliada ao conceito de modelo como um carimbo que pode ser repetido, ideia perseguida sobretudo no período modernista que passou a buscar na habitação a preceitos replicáveis, como a linha de montagem de uma “máquina de morar”. A contraposição entre diagrama e tipologia é descrita da seguinte forma:

“(…) do conceito platônico de tipo passamos para a complexidade e o dinamismo dos diagramas. Se o conceito de tipologia é baseado nas semelhanças, o de diagrama, mais adequado ao mundo contemporâneo,

ênfatiza as diferenças. A tipologia já está determinada; o diagrama é estratégico: precisa ser revelado, registrado e desenvolvido. O conceito de tipologia é retrospectivo; o de diagrama é prospectivo. A ferramenta da tipologia é essencial para análise dos tecidos urbanos existentes. Os diagramas são adequados para projetar abertamente o futuro e responder aos novos impulsos sociais, culturais, energéticos e ambientais.” (MONTANER, 2017)

O autor adverte, porém que o uso arbitrário e excessivamente aberto dos diagramas, pode levar ao risco de se postergar indefinidamente a ação, decaindo num ciclo de autossuficiência abstrata e perdendo conexão com a experiência e a materialidade.

A incorporação da função pré-lógica, ou intuitiva e selvagem, dos diagramas aos Sistemas de Apoio à Decisão, que buscam aumentar a racionalização das decisões, poderá pautar um ganho no delineamento de problemáticas a serem resolvidas pelo design. A consideração de ambos aspectos durante as tomadas de decisões poderá aproximar a interpretação necessária de uma realidade presente para que a ideação de propostas em cenários ainda não-existent possa ter maior consistência. Além do caráter de apoio à abstração, os diagramas também representam o modo de pensar de cada época: diagramas funcionalistas do modernismo, diagramas metodológicos da década de 1960, diagramas pós-estruturalistas de 1990, até os atuais diagramas paramétricos. Montaner (2017) assim sintetiza essa relação:

“Enfim, os diagramas não são apenas instrumentos de análise e de projeto; eles possuem em cada momento uma estreita relação com as capacidades de representação e as descobertas no campo da visão. Se as imagens sequenciais das vanguardas surgem da nova linguagem abstrata, hoje as possibilidades dos diagramas têm muito a ver com os meios e com o grande potencial de representação dinâmica e tridimensional proporcionado pelos computadores e pela representação digital.” (MONTANER, 2017)

Este atual encaminhamento de tomadas de decisão apoiadas pelas possibilidades do processamento computacional converge com o elenco de

características que um Sistema de Apoio à Decisão utilizado na prática deverá contemplar preferivelmente: (DINÇER, ÇAĞDAŞ e TONG, 2014)

- Ser utilizado para decisões semiestruturadas ou desestruturadas;
- Assistir, e não substituir, a tomada de decisão por parte do projetista;
- Apoiar todos os estágios do processo de tomada de decisão;
- Ser controlado pelo usuário;
- Utilizar modelos;
- Ser interativo com o usuário
- Prover suporte para múltiplas decisões dependentes ou independentes entre si;
- Prover suporte para a tomada de decisão com base no individual e no grupal;
- Prover implementação fácil e flexível.

Atualmente, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com uso de SAD informatizados como ferramentas para melhora do processo de projeto, principalmente sobre plataformas parametrizadas. Estes sistemas são explorados desde o planejamento urbano (ARAMAPATZIS, KIRANOUNDIS, *et al.*, 2004), de infraestrutura (OS, HERBER e SCHOLTENS, 2014) até a etapa de concepção de edificações (LAING, LEON, *et al.*, 2014) (DINÇER, ÇAĞDAŞ e TONG, 2014), em que se utilizam da capacidade dos SAD em organizar e mapear informações para a elaboração de estudos volumétricos com maior previsibilidade em cenários escolhidos.

2.2 Modelagem algorítmica e processamento de imagens

2.2.1 O uso de computadores e a modelagem algorítmica na arquitetura

A introdução do uso de computadores na produção arquitetônica estabeleceu-se a partir dos anos 1980, com o uso de programas CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador), embora a programação gráfica com computador se principie ainda nos anos 1960 (ARANTES, 2012). A adoção do computador e de programas CAD transformou algumas práticas de produção arquitetônica. A

possibilidade de utilização de um ambiente virtual, onde é facilmente possível mover linhas e objetos, transformá-los, combiná-los (e desfazer tais ações), visualizá-los desde sua extensão completa até seus mínimos detalhes e, principalmente, copiá-los, com ações de mouse e teclado (dispositivos de uso simples), impactou grandemente a produção de desenhos técnicos.

A transição do trabalho manual para a produção informatizada foi marcada pelo uso do computador como, nas palavras de Arantes (2012), uma “prancheta digital”. As operações citadas de transformação e manuseio de objetos virtuais substituiu o processo manual de produção de desenhos – linhas desenhadas à mão (com o auxílio de acessórios específicos como a régua paralela, normógrafo, etc.) com tinta permanente sobre papel, processo suscetível a erros e baseado fortemente na habilidade do desenhista. O desenho em ambiente virtual, portanto, passou a permitir maior rapidez e exatidão na produção de desenhos técnicos.

A concepção do projeto, entretanto, manteve-se a mesma, pois a “prancheta digital” apenas copiou para o meio digital aquilo que antes era feito à mão, atendo-se à representação e não atingindo significativamente ato criativo. Houve, assim, um salto quantitativo de produção de desenhos técnicos, embora qualitativamente a produção se mantivesse a mesma. De acordo com Righ e Celani (2008), esse tipo de transição entre o processo manual e digital, dada de maneira pouco reflexiva e adaptativa, conduziu não apenas à manutenção de um pensamento projectual já instaurado, mas pôde levar mesmo a perdas ou abreviações cognitivas, deixando o arquiteto limitado às possibilidades da ferramenta. Se antes havia a liberdade da mão bem treinada sobre o papel em expressar grande variedade de formas a partir da intenção do projetista, na transição para o digital essa capacidade de expressão sofreu abalo ao ter que se readaptar às condições do meio digital, e até certo ponto, limitar-se a essas condições.

É preciso reconhecer, entretanto, que as limitações entre representação e criação estão também presentes no processo manual de concepção e documentação. A representação da forma é limitada à geometria euclidiana, com planos verticais e horizontais: plantas, cortes e elevações. Geometrias complexas, como membranas orgânicas, são de difícil representação com uso desse sistema. Além da representação, a construção de edificações baseadas em geometrias complexas se apresenta como um desafio. Alguns arquitetos foram capazes, mesmo no início do séc. XX, bem antes da invenção dos computadores, de conceber e realizar edifícios

de geometrias complexas, como catalão Antoni Gaudí. Para atingir a forma desejada, era necessário que o arquiteto recorresse a ferramentas além das representações usuais no papel e utilizasse uma abordagem mais empírica, visual e física, com uso de protótipos, maquetes (Figura 3) e alterações in situ durante a obra. (GIRALT-MIRACLE, 2004)

Figura 3 - Modelo (espelhado na vertical) feito de cordas e pequenos pesos, resultando em curvas catenárias, usadas como base da concepção estrutural do trabalho de Gaudí.

Fonte: <https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/crpta-em-colonia-guell/>. Acessado em 20 de outubro de 2018.

Da mesma maneira, as obras de Felix Candela, Oscar Niemeyer, Frei Otto, entre outros, apresentam um esforço na concepção de geometrias curvas e orgânicas – sem o auxílio de sistemas informatizados –, ainda que em caracteres de experimentação e vanguarda. A produção arquitetônica ordinária se ateve majoritariamente a formas de geometria de simples concepção e representação – tanto em CAD quanto manualmente.

Um grande passo dado na mudança da condição representacional da informatização na arquitetura foi realizado por Frank Gehry, em 1991, com a escultura “O Peixe” (**Figura 4**), na entrada da Vila Olímpica de Barcelona. A forma proposta pelo arquiteto não seria atingida por programas CAD convencionais na época, de maneira que Gehry e sua equipe encontrou na indústria aeronáutica/automotiva uma alternativa que cumprisse seu objetivo formal: o programa CATIA (*Computer-Aided Three Dimensional Interactive Application* – Aplicação Interativa Tridimensional Assessorada por Computador, em livre tradução). Este programa possibilitou o desenho paramétrico de formas irregulares, tal qual ocorre no setor automobilístico/aeronáutico. A construção da obra foi realizada com o uso de fresadoras de controle numérico (CNC), dispensando o uso do papel para o intercâmbio de informações entre projetista e oficina. O sócio de Gehry à época, Jim Glymph, definiu o projeto como uma quebra de paradigma, tanto nos métodos de concepção quanto na execução da obra. (ARANTES, 2012).

Figura 4 - "O Peixe", obra de Frank Gehry

Fonte: Panoramio. <https://www.panoramio.com/photo/101250595>. Acessado em 16 de junho de 2017.

A obra indica não apenas a aplicação de sistemas informatizados na representação da arquitetura, mas também na concepção e na própria fabricação/construção da obra. Apesar de datada de quase vinte anos atrás, a obra segue possuindo caráter de vanguarda por sua forma e concepção.

Formas complexas ainda são incomuns na produção arquitetônica atual. Costumeiramente, o projeto de arquitetura é primeiramente concebido em papel e à mão livre, e depois redesenhado em ambiente virtual com uso da modelagem 3D, para comunicação com colegas e clientes. (RIGH e CELANI, 2008). Existem, entretanto, iniciativas para a difusão do uso do CAD também como ferramenta de criação, dadas as possibilidades encontradas nessas aplicações para representar formas de difícil ou impossível execução com o desenho manual. (CELANI, 2003)

A existência de um novo paradigma na arquitetura é mencionada por Natividade e Ventura (2009) como uma convergência entre dois outros paradigmas: “o paradigma científico da complexidade, que forneceu subsídios conceituais para a reação contra o Modernismo; e o paradigma eletrônico, que tem fornecido as ferramentas técnicas e tecnológicas indispensáveis na nova arquitetura”. A explosão do meio digital nos últimos 25 anos responde pela mudança ao paradigma eletrônico, não apenas restrito ao campo da arquitetura, mas a praticamente toda atividade humana – incluindo sistemas de fabricação e distribuição. Na “era da informação”, a complexidade é um fenômeno proveniente do avanço do imaterial, ou virtual, a um mundo até então restrito ao físico e mecânico. A complexidade emerge da possibilidade de contatar, compreender e manipular camadas informacionais até então ocultas. Problemas que até então parecem de simples solução, revelam novas variáveis e contextos (CARDOSO, 2016).

A abordagem complexa foi peça fundamental para que o arquiteto Patrik Schumacher desenvolvesse o “Manifesto Parametricista” (SCHUMACHER, 2008). O autor defende a ideia de que o parametricismo é uma resposta adequada à sociedade contemporânea - dinâmica e fluida -, sendo uma nova maneira de pensar e conceber arquitetura. No parametricismo a forma não é desenhada, mas programada. O projetista define um conjunto de regras necessárias para a construção da forma, e as ajusta conforme a necessidade, gerando uma coleção, muitas vezes vasta, de soluções para um único programa de necessidades. A concepção arquitetônica passa então a ser capaz de envolver numerosos e complexos dados em relações igualmente complexas, fortemente assessorada com o uso da alta capacidade de processamento provida pelos computadores. De acordo com Scheeren e Lima (2015),

“Os conceitos do Parametricismo se alinham ao tipo de sociedade complexa e pós-fordista articulada em redes, da qual emergem sistemas em que os

elementos são funcionalmente integrados e mutualmente interdependentes a ponto de suas variações se conectarem. (...) A função da arquitetura e do urbanismo contemporâneos é a de organizar e articular essa crescente complexidade.” (SCHEEREN, LIMA, 2015)

Apesar de propagar explicitamente uma mudança da maneira de se pensar arquitetura, o parametricismo não chegou a cumprir tal função enquanto movimento de vanguarda. Da mesma forma em que ocorreu na transição do desenho à mão para o CAD, a lógica de projeto e a maneira de pensar arquitetura se manteve praticamente intacta na transição para o paradigma da complexidade. Ainda que empregado na resolução de problemas complexos ou no processamento de grandes quantidades de informação, o uso do computador se atém mais a questões formais e volumétricas do que a soluções espaciais ou outras demandas arquitetônicas (NATIVIDADE e VENTURA, 2009). Peter Einseman chega a inquirir que “Bilbao é apenas uma ilusão de mudança, ao invés de uma mudança real. [...] Que diferença espaço-temporal existe entre Bilbao e Borromini?” (ARANTES, 2012), numa comparação entre o Museu Guggenheim de Bilbao, obra do arquiteto Frank Gehry, e a produção do arquiteto barroco Francesco Borromini (Figura 5). A comparação proposta ressalta que as obras aparentemente distintas foram produzidas através da mesma lógica de projeto, cartesiana, limitada ao ato criativo do projetista (e suas referências anteriores) e à exequibilidade de construção. Neste sentido, a quebra de paradigma é apenas ilusória, pois as premissas cognitivas do ato de projetar permanecem as mesmas.

Figura 5 - Igreja de São Carlos nas Quatro Fontes, de Borromini e o Museu Guggenheim de Bilbal, de Gehry

Fonte: (BRITO, 2013) e (THE ART MINUTE, 2013)

O termo parametricismo advém da modelagem paramétrica, uma modalidade de modelagem baseada em um arranjo de relações entre parâmetros e hierarquia. Estas relações são denominadas algoritmos. Segundo Natividade e Ventura (2009), “algoritmos são procedimentos para endereçar problemas através de uma série finita, consistente e racional de passos”. Na arquitetura, este tipo de plataforma tem sido usado como intermédio entre as intenções do projetista e o processamento do computador. Seu uso requer uma linguagem de *scripts*, ou seja, a determinação de um roteiro lógico de passos a ser percorrido pelo computador. Ao se embasar no desenho paramétrico – ou algorítmico – para determinar uma nova maneira de pensar arquitetura, Patrik Schumacher se refere ao pensamento computacional, ou o “desenho do desenho”, ou seja, a estruturação de um arcabouço de regras (variáveis ou fixas) que conceberá um cenário controlado de exploração do desenho.

Em abordagem teórica, Vassão (2017) apresenta o Metadesign – “design do design”, como o design da metamorfose, das coisas que mudam com o tempo, e de suas consequências. O metadesign se apoia em quatro ferramentas cognitivas, importantes para a construção e estruturação de arcabouços: o diagrama, abstração, emergência e procedimento. O diagrama representa realidades de maneira pré-linguística e complexa, úteis ao reconhecimento de padrões recorrentes em diferentes sistemas e na compreensão de entidades inseridas em um contexto maior, como por

exemplo, uma rede. A abstração, por sua vez, encapsula grupos de entidades que compõem um sistema, de maneira a produzir um modelo ou uma taxonomia (definição das entidades). Aqui, é fundamental que haja uma linguagem formalizada com a diferenciação entre *standards* e *patterns*, questão também suscitada por Cardoso (2016): o padrão enquanto modelo basal (*standard*) e o padrão enquanto modelo de replicação (*pattern*). Já a emergência se relaciona com a teoria da complexidade. A habilidade de auto-organização e a presença de uma complexidade inerente numa coleção de entidades leva à emergência, ocorrendo no sentido micro para o macro. Finalmente, o procedimento é uma sequência formalizada de ações, conduzida por pessoas, máquinas ou organizações.

Em resumo, Scheeren e Lima (2015) explicam que o uso computacional pela arquitetura pode ser sintetizado em três níveis de computabilidade digital, sendo eles:

“1) representacional, 2) paramétrico e 3) algorítmico. O primeiro utiliza os meios computacionais como ferramenta de desenho digital. O segundo se caracteriza pela relação de contínua variação de parâmetros pré-definidos que mantêm a interdependência entre as partes e elementos. O terceiro se caracteriza pelo avanço no controle e manipulação das descrições formais, das funções e da aplicação de códigos.” (SCHEEREN, LIMA, 2015)

“Design computacional”, contudo, não é um termo restrito ao desenho assessorado pelo uso do computador, apesar da interpretação comum ao termo por motivos evidentes. O termo refere-se também ao desenho embasado numa maneira lógica e matemática de pensar, podendo ser gerado manualmente.

A gramática da forma é um método de desenho computacional orientado para a geração de formas por meio de regras e um vocabulário. Desenvolvida na década de 70 por George Stiny e James Gips, para a geração de formas para a pintura e escultura, a gramática da forma baseou-se no sistema de reprodução proposto pelo matemático Emil Post e na gramática generativa do linguista Noam Chomsky. Post propôs, na década de 40, um sistema em que novas sequências poderiam ser geradas por meio da substituição de alguns caracteres, levando a aplicações em campos desde fractais a gramáticas formais. Chomsky, por sua vez, desenvolveu a gramática gerativa na década de 50, na qual, a partir de substituições de um símbolo inicial, é possível gerar todas as sequências de palavras válidas numa linguagem. Na gramática da forma, em vez de símbolos matemáticos e caracteres, são utilizadas

formas geométricas, e as principais regras utilizadas são translação, rotação, espelhamento, etc. (CELANI, CYPRIANO, *et al.*, 2006)

Uma gramática da forma se compõe a partir de um vocabulário de formas, ou seja, um conjunto finito de formas bidimensionais ou tridimensionais que comporão a gramática em questão. Além do vocabulário de formas, é necessário também que haja relações espaciais entre as formas escolhidas, e a definição de regras de transformação, aditivas ou subtrativas. Tais regras são condicionais, como por exemplo: ao encontrar a combinação AB, substitua (ou rode, ou subtraia, etc.) A por B, resultando em BB. Definida a gramática da forma, as regras são aplicadas sucessivas vezes até que se encontre o resultado desejado (**Figura 6**).

Figura 6 - Exemplo de gramática da forma aplicada na subdivisão de polígonos em janelas tradicionais chinesas

Fonte: (STINY, 1977) apud (CELANI, CYPRIANO, *et al.*, 2006)

A gramática da forma foi concebida para uso nas artes plásticas, entretanto sua aplicabilidade vem sendo assimilada em grande parte por profissionais da arquitetura, tanto com uso da gramática analítica, com a finalidade de detectar padrões geradores

de obras arquitetônicas (DUARTE e CASTRO, 2007), assentamentos informais (DIAS, GANI e CHOKYU, 2013), composição paisagística (VAZ, 2009) ou padrões urbanos (DUARTE, DUCLA-SOARE, *et al.*, 2006). De posse desta sistematização, é possível conceber novas criações seguindo a mesma lógica de produção levantada com a gramática analítica.

Este tipo de processo realizado pela gramática da forma em decompor etapas que seguem um roteiro lógico até alcançar determinado resultado é próxima à lógica de programação em computadores. Na informática, a programação de computadores se dá por meio de instruções sequenciais que são dadas em uma linguagem pré-definida, onde as intenções do programador serão codificadas para que o computador as interprete e execute. Programas de computadores estão presentes em quase todas as áreas da vida humana, e são utilizados com o objetivo de processar com mais eficiência tarefas volumosas e/ou repetitivas.

2.2.2 Processamento de imagens

Além da já abordada utilização da programação na modelagem tridimensional virtual voltada para o projeto de arquitetura, outro campo de interesse para o desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão no projeto de habitação social é o de processamento de imagens.

O projeto de habitação social, dada a sua escala de impacto, é dependente de leituras de espaço urbano. O substrato para estas leituras podem ser registros estatísticos, visitas ao local e imagens de satélite, etc.

Imagens são consideradas boas fontes de informação não apenas por suas qualidades pictóricas, mas também por serem passíveis de abordagens quantitativas, que podem ser viabilizadas por processamento computacional. Segundo ALBUQUERQUE e ALBUQUERQUE (2000), a disciplina “Processamento de Imagens” deriva do “Processamento de Sinais”, por se considerar que as imagens são um meio em que se transmite informação, tanto por meio físico, mensurável, quanto por meio cognitivo, percebido. Assim, o processamento de imagens tem aplicação em diversas disciplinas científicas, como a astronomia, medicina, biologia, etc. No urbanismo e na geografia, é utilizado para o sensoriamento remoto de grandes áreas. As técnicas de exploração automática da informação disponível em imagens seguem duas grandes linhas, a de análise da informação e a de melhoria da imagem (e de sua

informação disponível). Na análise, há “uma descrição da informação presente na imagem. Esta parte é chamada de parametrização e é nela que várias medidas quantitativas (parâmetros) são utilizadas para descrever diferentes informações dentro de uma imagem”. (ALBUQUERQUE e ALBUQUERQUE, 2000). O Quadro 1 expressa de maneira geral, as etapas presentes no processamento de imagens:

Quadro 1 - Etapas do processamento de imagens

	Etapas	Descrição
1	Tratamento fora da imagem	Correção de iluminação, uso de colorantes químicos, etc.
2	Aquisição da imagem	Amostragem, armazenamento e compactação
3 *	Melhoramento	Pré-tratamento digital da imagem
4 *	Segmentação da informação	Extração de “objetos” do “fundo” da imagem
5 *	Parametrização	Determinação de grandezas sobre cada “objeto”: área, perímetro, forma, descrição estrutural, topologia, etc.
6 *	Reconhecimento	Classificação dos “objetos”
7 *	Análise Quantitativa: Aplicação da ferramenta a outras áreas científicas	Associação das grandezas ao problema: determinação de funções de correlação espacial ou temporal, análise de sequência de imagens, etc.

* Fases com extrema dependência ao problema onde o Proc. de Imagens está aplicado

Fonte: (ALBUQUERQUE e ALBUQUERQUE, 2000)

O processamento de imagens tornou-se popular nos últimos anos, em parte por consequência da facilidade aumentada de se obter imagens por meio de várias fontes, como celulares com câmera fotográfica, por exemplo. Programas como Adobe Photoshop, Adobe Lightroom, Gimp, ou até mesmo aplicativos móveis como Instagram, realizam processamento de imagens, voltados principalmente para o melhoramento e edição de imagens. Em tratamentos analíticos com fins científicos, os programas disponíveis são mais específicos para cada finalidade, e em geral, utiliza-se bibliotecas de algoritmos disponíveis para programação direta por código.

O uso de imagens para análise do espaço urbano se dá principalmente com o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que são alimentados por capturas de satélites e imagens aéreas (aerofotos). Estes sistemas exploram principalmente a qualidade pictórica da imagem, com maior ênfase na obtenção de informação por meio da interpretação de quem visualiza o mapa exibido.

A análise quantitativa de imagens do espaço urbano, por meio do processamento analítico, poderá configurar um caminho promissor no sentido de se obter informações que não estão disponíveis diretamente à cognição e aos sentidos humanos. Aliado a técnicas de desenho computacional, como a gramática da forma e a modelagem algorítmica, o processamento de imagens do espaço urbano poderá fornecer informações e conhecimento que auxiliem na tomada de decisões no projeto de habitação social.

2.3 Habitação Social no Ocidente e no Brasil

A habitação coletiva foi um tema pouco explorado pela arquitetura até a Primeira Guerra Mundial. Até então, a produção da dita alta arquitetura é voltada para a concepção de igrejas, edifícios públicos, castelos, etc. A eclosão e desdobramentos da Primeira Guerra Mundial impacta profundamente em diversos aspectos da sociedade, incluindo a produção de moradia. A demanda habitacional emergida em áreas devastadas conduziu à preocupação com o planejamento da oferta em massa de moradia. A habitação coletiva surge então num cenário onde a industrialização e racionalização da produção começa a se desenvolver. De acordo com Poletto (2001),

“A combinação de métodos de industrialização da construção; emprego de elementos padronizados e pré-fabricados; uma nova linguagem arquitetônica primando pela racionalidade; e premissas de urbanismo pautadas em espaços comuns/coletivos abertos em detrimento dos espaços privados foram os principais ingredientes para a construção de milhares de moradias pela demanda do processo de industrialização ou em áreas devastadas pela Primeira-Guerra Mundial, em nível municipal principalmente”. (POLETO, 2011)

Em Viena, após a Primeira Guerra Mundial, o Conselho Municipal passou a aplicar as verbas provenientes de impostos para a construção de moradias para a

população carente, em meio à crise de moradias. Surgem então conjuntos habitacionais conhecidos como Hof, grupos de edifícios laminares dispostos em torno de um pátio e geridos pelos próprios inquilinos (Figura 7). Berlim e outras cidades alemãs seguem no mesmo sentido, respondendo às condições insalubres e custosas das casas urbanas operárias. Um grupo de arquitetos alemães se propôs ao enfrentamento desta problemática, entre eles Walter Gropius e Mies Van de Rohe. (Figura 8). Entre 1926 e 1930, a produção alemã chegou às experiências mais significativas nesse aspecto, com ênfase em pesquisas e inovações voltadas à unidade mínima, com premissas de funcionalidade tipológica e utilização de elementos pré-fabricados em para produção em larga escala. (ALMEIDA, 2007)

Figura 7 - Hof Karl Marx, em Viena

Fonte: (GRABINSKY, 2016)

Figura 8 - Colônia Dammerstock, projetada por Gropius.

Fonte: (HARVARD ART MUSEUMS/BUSCH-REISINGER MUSEUM, 1929)

Em 1928, no período entre guerras, é organizado o primeiro CIAM (*Congrès Internationaux d'Architecture Moderne* – Congresso Internacional de Arquitetura Monderna), a partir da necessidade da cooperação mútua entre arquitetos de diversos países europeus para o desenvolvimento e unidade da própria arquitetura. De 1928 a 1933, quatro edições do congresso foram realizadas, com discussões voltadas inicialmente para a técnica e a estética, passando por averiguações da unidade habitacional, loteamentos urbanos, até culminar na temática de princípios de planejamento urbano, em sua quarta edição, com críticas à desorganização urbana das sociedades capitalistas (BENEVOLO, 1976). Destacam-se discussões da terceira edição, sediada em Bruxelas em 1930, em torno da concepção de tipologias habitacionais – sendo a verticalização o modelo preferido, conforme ilustrado pela palestra “Edifícios baixos, médios ou altos?” (Figura 9), proferida por Gropius, e o plano da *Ville Radieuse*, apresentado por Le Corbusier (POLETO, 2011). Buscou-se a determinação de parâmetros como a altura ideal do edifício, distâncias adequadas entre blocos, índices de áreas livres e construídas, insolação e ventilação nas unidades para a concepção de blocos laminares. Segundo exposto por Almeida (2007):

“(...) foram colocadas no bojo das discussões as vantagens e desvantagens da concepção das diferentes tipologias habitacionais, defendendo-se essencialmente a construção de bairros residenciais verticais em detrimento

aos demais modelos. **Dados estatísticos, econômicos, sociais, ambientais, físicos e urbanísticos foram utilizados em prol dessa proposta.** (ALMEIDA, 2007), grifo do autor.

Figura 9 - Esquema de Gropius relacionando densidade, espaçamento e insolação em blocos laminares.

Fonte: (SÖRSTEDT, 2013)

A influência direta dos CIAMs na construção da arquitetura moderna (também conhecida como Movimento Modernista, ou Modernismo), resultará na designação da habitação coletiva, até então renegada de atenção arquitetônica, como um símbolo forte deste movimento (OTERO, 2013). A arquitetura e a arte passaram a adquirir caráter politizados, negando-se ao distanciamento de debates acerca da estrutura social, principalmente no período durante e seguinte à Segunda Guerra Mundial. Gropius contesta a racionalização “gratuita” de edificações sem antes uma averiguação das intenções das soluções:

“¿Cuales son as alturas racionales para la agrupación urbanística de viviendas? Para aclarar la pregunta parece bueno empezar por acotar la significación del término “racional”. El congreso debe aceptar un acuerdo sobre esta amplia acepción; racional es lo mismo que económico;

textualmente es así, pero en nuestro caso comprende ante todo las necesidades psicológicas y sociales, además de las económicas. Las condiciones sociales de una política de vivienda sana son, sin duda, mucho más importantes que las económicas, pues la economía no es un fin. La racionalización sólo tiene sentido si es enriquecedora, si – traduciendo al lenguaje económico – ahorra la ‘mercancía’ más preciosa: el esfuerzo del pueblo.” (AMEZQUITA, 2007)

A ideia da morada mínima e de padrões universais de habitação repercutiram na prática arquitetônica em diversos países. No período pós-guerra, o Modernismo se hegemoniza, por se alinhar às propostas tecnocêntricas, positivistas e racionalistas almejadas pelos governos em busca de reestruturação social. A Unidade Habitacional de Marselha, projetada por Le Corbusier, pode ser considerada como símbolo do Movimento Modernista. Dotada de apartamentos duplex, é servida de aberturas que propiciam a ventilação cruzada, além do uso de *brises-soleils*, dispositivos sistematizados pelo próprio arquiteto. O edifício comporta, além de habitação, pontos comerciais, estacionamentos, creches, lavanderias, espaços de lazer, etc., abrigando dessa maneira, serviços complementares para a vida familiar, objetivando um edifício autossuficiente e experimentando o conceito de unidade de vizinhança. (ALMEIDA, 2007) (RUBIN, 2013)

À época do surgimento e crescimento do Movimento Modernista na Europa, o Brasil começa a vivenciar um aumento dos índices de urbanização. Essencialmente rural desde a colonização, o país apresenta crescimento urbano de apenas 3% entre os anos de 1890 e 1920. Entre 1920 e 1940, entretanto, este índice chega aos 31,24% (SANTOS, 2008).

Este crescimento foi de maior expressão entre as camadas populares, cuja habitação se deu de maneira diferente em cada cidade: em São Paulo, vilas operárias salubres e baratas foram erguidas pelas indústrias que se instalavam na cidade, enquanto no Rio de Janeiro, a periferia suburbana conformou quase 18% do total da população, instalada em condições insalubres, representadas principalmente pelos cortiços (RUBIN, 2013). De acordo com relatos da época, os cortiços cariocas eram “várias pessoas habitando 1 ou 2 cômodos com aproximadamente 2,5m de frente por 3m de fundos, mal arejados e mal ensolarados onde se realizavam diversas funções, sujeitos à promiscuidade e marginalidade”, enquanto as vilas operárias paulistas apresentavam caráter salubre, dispondo até mesmo de equipamentos como igrejas,

bibliotecas, escolas, etc. em prol da qualidade de vida e da produtividade do operário (PALERMO *et al*, 2007)

Uma revisão no conceito de habitar é então realizada, tendo em vista valores de conforto, higiene e economia. Habitações em condições de insalubridade levantaram preocupações similares às suscitadas na Inglaterra após a Revolução Industrial. No Brasil, este pensamento assume caráter higienista, traçando relação direta entre trabalhador doente (não apenas física, mas também moralmente) e cidade doente, sendo, portanto, necessárias intervenções tanto na urbe quanto na morada proletária. (POLETO, 2011). A higienização, entretanto, leva em conta interesses das classes dominantes quanto à interferência em áreas nobres da cidade. O Código Sanitário da cidade de São Paulo de 1984, por exemplo, determinava que as vilas – apesar de consideradas “habitações higiênicas” – “...seriam estabelecidas fora da aglomeração urbana”, enquanto a Lei Municipal nº 413 de 1901 as isentava de impostos quando construídas fora do perímetro central. (VILLAÇA, 1986) *apud* (RUBIN, 2013). Para Maricato (2001),

“As reformas urbanas, realizadas em diversas cidades brasileiras entre o final do século XIX e início do século XX, lançaram as bases de um urbanismo moderno “à moda” da periferia. Realizavam-se obras de saneamento básico para eliminação das epidemias, ao mesmo tempo em que se promovia o embelezamento paisagístico e eram implantadas as bases legais para um mercado imobiliário de corte capitalista. A população excluída desse processo era expulsa para os morros e franjas da cidade.” (MARICATO, 2001)

A partir da Era Vargas, na década 1930, o estado passa a promover a produção de moradias individuais unifamiliares, percebendo as características especiais deste bem de consumo, e toma para si esta responsabilidade, até então sob a tutela das indústrias. A habitação coletiva deu lugar à casa própria, com dimensões mínimas, redução de adornos e introdução de novos materiais. Segundo PALERMO *et al* (2007):

“Algumas dessas moradias tiveram sua organização baseadas em plantas de implantação resgatadas do séc. XIX. Nessas Vilas, as áreas molhadas agora estavam inseridas no corpo da casa e a presença de varandas frontais buscava não só a melhoria de condições de ventilação, como também uma

melhor relação de vizinhança, através da transição entre o meio público, da rua, e o privado, da casa.”

A centralização da política habitacional no Brasil, com um órgão dedicado, se deu em 1946, com a criação da Fundação da Casa Popular, no governo do Gal. Eurico Gaspar Dutra. Este órgão deu lugar ao Banco Nacional de Habitação em conjunto com o Sistema Financeiro de Habitação (BNH/SFH), criados no governo estabelecido pelo Golpe Militar de 1964. BOTEGA (2007) relata que este sistema tinha por missão “estimular a construção de habitações de interesse social e o financiamento da aquisição da casa própria, especialmente pelas classes da população de menor renda”. O BNH moveu grande aporte financeiro, e ao receber a gestão dos depósitos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), tornou-se uma das principais instituições financeiras do país e a maior instituição mundial voltada especificamente para o problema da habitação, chegando a um capital ativo superior a 30 bilhões de cruzeiros em 1974 (BOTEGA, 2007).

O BNH absorveu em grande parte a tendência já iniciada na Era Vargas de racionalização da habitação, trazida pelos movimentos europeus, com atenção em especial ao conceito de morada mínima, baseada na ideia corbusiana da “máquina de morar”. PALERMO *et al* (2007) afirmam na produção nacional há uma deturpação no conceito de morada mínima, em troca de uma busca inconsistente pela redução de custos, levando a um “suposto racionalismo formal desprovido de conteúdo, aplicado a projetos de péssima qualidade, repetitivos e desvinculados do contexto urbano, do meio físico e de um projeto social.” (PALERMO *et al*, 2007)

O BNH apoiou-se em agentes privados intermediários para a sua operacionalização, incluindo atividades desde o planejamento urbano até a cobrança de parcelas devidas ao financiamento. O programa, portanto, foi um agente eficaz na dinamização da economia. Seu objetivo de responder à demanda habitacional, entretanto, permanecia não resolvido. Em 1971, foi capaz de responder a apenas 24% da demanda habitacional urbana que aumentava a cada ano. Além disso, em 1975, próximo ao seu fechamento, o programa passou por uma reformulação que limitava o benefício do financiamento à renda limite de cinco salários mínimos, o que excluía a maior parte da população assalariada demandante no déficit habitacional. Essas questões não foram tão preponderantes para o seu fechamento, em 1986, pelo

governo Sarney, quanto a crise inflacionária vivenciada pelo país no início da década de 1980. (BOTEGA, 2007)

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 6º, passou a considerar a moradia como um direito social através da Emenda Constitucional nº 26, de 14 de fevereiro de 2000 (BRASIL, 2000). A partir deste ano, uma série de órgãos foram estruturados para o enfrentamento da questão habitacional e urbana no Brasil. De uma maneira geral, traça-se a seguinte linha do tempo do contexto jurídico/institucional do Brasil relativo à habitação e urbanismo (Figura 10), partindo do BNH até a criação do Programa “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV):

Figura 10 - Linha do tempo de órgãos e instrumentos de habitação e urbanismo no Brasil, desde o Banco Nacional de Habitação (BNH) até o Programa “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV)

Fonte: Adaptado de ROSSBACH (2015) e (BOTEGA, 2007)

Destes acontecimentos, destacam-se a Emenda Constitucional nº 26, em 2000, que passou a incluir moradia como um direito social, e a criação do Estatuto da Cidade

em 2001, que trouxe um conjunto de estratégias e instrumentos para reforçar a função social da propriedade e o cumprimento do capítulo urbano da Constituição. Com a Campanha do Plano Diretor, em 2005, a aplicação e reconhecimento destes instrumentos foram fomentados, entre os quais destacam-se as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), que possuem

“(...) o intuito de tornar o valor do solo urbano mais acessível para a população de baixa renda. São destinadas à recuperação urbanística, regularização fundiária, produção de HIS (Habitação de Interesse Social) e HMP (Habitação de Mercado Popular), recuperação de imóveis degradados e provisão de equipamentos, espaços públicos e comércio.” (PESSOA, 2009)

Em prol da qualidade de projeto e de construção, outros programas e instrumentos também surgem com o intuito de garantir padrões básicos necessários às habitações. Em termos de qualidade de projeto e construção para todo o setor da construção civil, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 15575 – Norma de desempenho das edificações (ABNT, 2013) estabelece exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais. Além deste, há também o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) que se define como um órgão federal criado com o intuito de “criar um ambiente de isonomia competitiva, que propicie soluções mais baratas e de melhor qualidade para a redução do déficit habitacional no país, atendendo, em especial, a produção habitacional de interesse social.” (BRASIL, 2017) Este órgão atua em toda a cadeia da construção, desde a captação de recursos até a gestão da produção.

Em 2009 é criado o Programa “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV), pelo governo federal, possuindo o objetivo de atender à demanda habitacional e além de promover um aquecimento na economia. Apoiado estrategicamente no setor privado em parceria com entidades estatais, a importância da operacionalização do programa como uma maneira de fomentar as atividades deste setor é expresso na fala do então presidente Lula da Silva, em 2009:

“(...) isso é um programa adicional, é um programa quase que emergencial, como resposta de um lado para **cumprir um enfrentamento à crise econômica mundial**, resolver **parte dos problemas da moradia** de alguns brasileiros e, ao mesmo tempo, fazer com que a **gente gere muitos**

empregos, para gerarmos renda e para gerarmos uma **movimentação maior na economia brasileira.**” (HIRATA, 2009), grifos do autor

A ideia era a de que o programa não apenas suprisse parte demanda habitacional – a primeira edição teve por meta entregar 1 milhão de moradias –, mas que percorresse as diversas cadeias produtivas da construção civil envolvidas na produção habitacional, impulsionando-as economicamente de modo individual e coletivo. João Siczú, diretor do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), descreve a estruturação de demanda planejada para o PMCMV:

“(...) a cadeia despertada pelo programa é a do salário-consumo, ou seja, pessoas que estavam desempregadas e vão passar a consumir desde produtos perecíveis até bens duráveis. A segunda cadeia é a dos fornecedores, que vão gerar emprego indireto: quem vende cimento, ladrilho, etc. também vai precisar contratar mais trabalhadores ou oferecer hora-extra. Do mesmo modo, os fabricantes de produtos como torneira, fechadura vão crescer e com isso impactar a produção das matérias-primas, como o aço e alumínio.” (HIRATA, 2009)

A efetivação do programa, portanto, foi em grande parte pautado por estas empresas construtoras, cuja lógica predominante foi a de minimização de custos e maximização de unidades por empreendimento, fator interessante também ao governo, que privilegiou um enfoque produtivista, aritmético.

A má localização dos empreendimentos e a maciça padronização de projetos são algumas destas consequências (HIRATA, 2009) (CARDOSO, ARAGÃO e SOUZA, 2013), mesmo na presença dos já citados dispositivos legais e normativos. MARQUES e RODRIGUES (2013) investigaram os padrões de implantação e segregação dos empreendimentos do PMCMV em São Paulo (Figura 11), confirmando padrões de implantação preferencialmente periféricas destes em empreendimentos já observados em outras cidades como Rio de Janeiro e Fortaleza (Figura 12), em especial, na faixa 1 do programa (famílias com renda de 0 a 3 salários mínimos). Ressaltam, entretanto, que o programa por si só não intensificou este fenômeno, já observado na lógica geral urbana da metrópole.

Figura 11 - Localização dos empreendimentos da faixa 1 do PMCMV na Região Metropolitana de São Paulo.

Fonte: (MARQUES e RODRIGUES, 2013)

Figura 12 - Localização dos empreendimentos das três faixas do PMCMV na Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: (PEQUENO e ROSA, 2015)

A padronização e a pouca atenção com a tipologia também foram objetos de crítica. Na cartilha oficial do Programa, disponibilizada no website da Caixa Econômica, há uma série de informações sobre o funcionamento, critérios para a participação, contratação e especificações de empreendimento, entre outras. No tocante à especificação de empreendimentos, exemplifica a tipologia tipo 1, casa térrea com 35m², com a planta demonstrada na Figura 13, e outras características, como pé-direito, esquadrias, etc. O manual foi contestado pela Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (Anpur), que considerou as especificações de baixa qualidade; além disso, essa exemplificação presente no manual conduziu à reprodução literal do projeto em alguns municípios. O manual foi revisado e teve estas especificações removidas. À ocasião, o presidente da Federação Nacional dos Arquitetos e Urbanistas declarou que “(...) se um mesmo projeto é copiado, então os arquitetos não teriam trabalho (...). Queremos evitar que o país tenha as mesmas casas com o mesmo padrão e a mesma tipologia em todos os lugares. (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2009)”

Figura 13 - Exemplo de casa térrea com 35m² do PMCMV disponibilizada pelo manual da Caixa

Fonte: (BRASIL, 2015)

Este processo de miniaturização e simplificação da habitação popular no PMCMV absorve em parte o legado de racionalismo deturpado em projetos, presente desde o BNH, atravessando o período pré-MCMV. A Figura 14 apresenta esta simplificação por meio da comparação duas tipologias básicas populares, uma da Vila Maria Zélia, em 1919, e outra do projeto COHAB/SC, em 2001.

Figura 14 - Planta baixa de tipologia básica de moradia na Vila Maria Zélia (1919), à esquerda, e Projeto Cohab/SC (2001), à direita.

Fonte: (PALERMO *et al*, 2007)

Atualmente, no Brasil, 50% da população vivem nos 25 maiores aglomerados urbanos, e a demanda habitacional total é de 7,71 milhões de unidades (IPEA, 2016). Parte desta demanda, mesmo em frente aos aspectos qualitativos levantados, foi efetivamente atendida no decorrer da implementação dos programas de oferta habitacional. O PMCMV segue em atividade, atualmente em sua terceira edição, iniciada em 2016. Entretanto, mantém a lógica de metas numéricas em sua proposição. As críticas a estes moldes persistem, expressa por representantes do IAB da seguinte maneira:

“Hoje, o que o subsídio do governo significa é uma oferta para uma remoção, como aconteceu nos anos 1960. Sem o subsídio, praticamente integral, acho difícil que uma família, mesmo que pobre, opte por se mudar para um conjunto tão distante (...). Não entendo esse carimbo do MCMV que não oferece diversidade de programa no mesmo projeto. As necessidades das pessoas são diferentes. O governo baixa os juros de bens como carro e produtos da linha branca e aumenta o crediário, dando o poder de escolha ao cidadão, mas não oferece a mesma facilidade na hora de ele escolher onde morar.” (IAB - INSTITUTO DOS ARQUITETOS DO BRASIL, 2015)

É reconhecida a importância de intervenções que enfrentem a problemática habitacional, uma das maiores questões enfrentadas atualmente pelas metrópoles em todo o mundo. (IPEA, 2016) Entretanto, a abordagem quantitativa por si só é simplista frente à complexidade de intervenções em meios urbanos, com dinâmicas sociais, ambientais, econômicas entrelaçadas. A combinação do impacto destes programas na cadeia produtiva da construção civil e o seu propósito de enfrentamento ao déficit habitacional deve ser estimulado e, como pontuado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2016), tornarem-se políticas de estado.

2.4 Cidade, Habitação Social e tecnologias digitais

Conforme exposto no primeiro tópico desta revisão bibliográfica, o projeto de arquitetura, é, por si só, uma atividade que demanda diversos processos na resolução de problemas pouco definidos e tomadas de decisão envolvendo saberes de diferentes áreas. No projeto de habitação social, há um aumento de complexidade nesta teia de fatores, em vista do porte e do impacto urbano e social. Isto contrasta com o estigma de que ações de cunho social são de natureza simples e não necessitam de grande atenção técnica. A principal referência para custeio de serviços da construção civil, o indicador CUB (Custo Unitário Básico), por exemplo, classifica o projeto de residência popular (SINDUSCON, 2018) na mesma categoria de galpões industriais, mesmo havendo outra categoria dedicada a projetos residenciais que se subdivide em baixo, normal e alto padrão.

O urbanismo tem intrincada relação com a arquitetura, e com ela partilha da mesma formação acadêmica no Brasil. Entretanto, ao passo que o urbanismo se debruça e investiga a problemática habitacional em várias instâncias, a arquitetura,

no que se refere ao projeto da edificação, não acompanha a questão com o mesmo empenho (DOVEY, 2013).

A produção arquitetônica dos primeiros anos do parametricismo igualmente ignorou tais questões, em especial as de âmbito social, em nome do atendimento de um programa voltado a interesses mercadológicos. Entre os territórios e populações ignorados figuram as favelas e a cidade informal. A própria terminologia “assentamento informal” é questionada por DOVEY (2013):

“Definimos tais assentamentos como “informais” porque transgridem os códigos formais do estado em termos de inquilinato, planejamento urbano, design e construção – eles são transgressivos por definição. Assentadores informais transgridem regras formais porque possuem poucas escolhas. O rótulo “informal” é também utilizado para se evitar termos como “favela” ou “invasão”, com os quais é parcialmente sinônimo. Paralelamente à mudança climática, o problema dos assentamentos informais é o mais significativo desafio urbano enfrentado pelo planeta; há um senso comum de que estamos nos tornando um “planeta de favela”, como exposto por Mike Davis¹.” (DOVEY, 2013). Tradução livre pelo autor.

Questiona-se a postura da arquitetura diante de um mundo cada vez mais “informal”, com presença crescente nas grandes cidades brasileiras. O Relatório de Aglomerados Subnormais levantado pelo IBGE (IBGE, 2010), com base no último censo realizado em 2010, aponta que a razão entre população residente em áreas urbanas regulares e população residente em aglomerados subnormais nas Regiões Metropolitanas (RM) brasileiras é expressiva, chegando a mais de 50% da população metropolitana residente em aglomerados normais, como no caso de Belém.

Quadro 2 - Razão entre população residente total e população residente em aglomerados subnormais de algumas Regiões Metropolitanas brasileiras

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

Apesar da expressiva presença, muitos destes territórios passam por despercebidos em apurações técnicas. A questão é suscitada na incapacidade de enxergar esta informalidade, que permanece invisível à cidade formal – muitas vezes literalmente fora do mapa, sendo, conforme exposto por Maricato, “o lugar fora das ideias” (MARICATO, 2000). Considerados como locais onde as ideias e o conhecimento profissional não alcançam, as aglomerações subnormais, (ou assentamentos informais) proliferam em uma arquitetura sem arquitetos. Os territórios onde estes assentamentos se situam usualmente são áreas rejeitadas pela cidade, sendo locais afastados, áreas de preservação ambiental, relevo acidentado, etc., não dispondo, portanto de infraestrutura e conexões. Comunidades informais à primeira vista aparentam ser labirínticas e caóticas, mas abrigam seus próprios códigos, como qualquer sistema capaz de se manter.

A adaptabilidade das populações nestes territórios emerge na forma de favelas, palafitas ou mocambos. Diante de tais condicionantes, formas de vida características se desenvolvem nestas comunidades, com fluxos locais e capilares de informação, bens, materiais e práticas, produzindo renda e tornando a vida sustentável sob condições de pobreza (DOVEY, 2013)

A intrincada associação entre o espaço público e o privado, o urbano e o domiciliar, sugere que diferentes modos de vida levam a diferentes configurações relacionais e espaciais, extrapolando aqueles existentes na cidade formal – lote, quadra, rua, etc. O tipo de circulação predominante em aglomerados subnormais, por exemplo, se diversificam de acordo com a necessidade emergida pela topografia. A Tabela 1 apresenta a diversificação e prevalência dos diversos tipos de via de circulação interna presente nos aglomerados subnormais do Brasil:

Tabela 1 - Distribuição de domicílios em aglomerados subnormais segundo o tipo de via de circulação interna

Tipo de via de circulação interna	Distribuição de domicílios em aglomerados subnormais	
	Total	Porcentual (%)
Rua	1.670.618	51,8
Beco/travessa	1.279.895	39,7
Escadaria	136.805	4,2
Caminho/trilha	65.150	2,0
Passarela/pinguela	30.809	1,0
Sem via de circulação	28.789	0,9
Rampa	12.463	0,4
Total	3.224.529	100,0

Fonte: (IBGE, 2010)

Os assentamentos informais obedecem de maneira mais evidente a geografia local. Palafitas de estrutura leve e suspensa respondem ao solo instável e à regência de marés que atua nos mangues; favelas em morros utilizam a face superior – o teto – da casa como espaço de convivência, expansão habitacional ou circulação vertical; invasões em terra firme são constituídas por sistemas estruturais simples para permitir

a construção rápida, às vezes em um dia, a fim de se evitar embargos no meio do processo de construção. OLIVER (1987) comenta que

“cada cultura tem um tipo de casa, a qual se configura como uma clara resposta às necessidades físicas, sociais e psicológicas de uma sociedade, (...) moldadas tanto por crenças e conceitos de status, território e segurança, como por economia, recursos materiais, tecnologia e condições climáticas.”
(OLIVER, 1987)

Além disso, é necessário reconhecer que o saber utilizado e aprimorado ao se conceber a relação entre morado, casa e lugar se traduz como identidade cultural. Fonseca de Campos (2016) relaciona essas noções, ao afirmar que

“é necessário distinguir casa de habitação, na medida em que a casa ou o lar é uma expressão da identidade, dos valores familiares e de um padrão de vida singular, enquanto que a habitação tem por significado a unidade habitacional em si, o receptáculo, a casca onde o lar se forma. A identidade, além disso, é ao mesmo tempo individual e coletiva. A casa tanto cria como reflete o que somos (ou o que pensamos ser), ou seja, tanto para nós mesmos como para os outros: nós nos expressamos por meio de nossas casas.”
(FONSECA DE CAMPOS, 2016)

O espaço urbano é um espaço complexo e sua compreensão tem passado a considerar cada vez uma abordagem baseada em múltiplos fatores, expresso no trabalho de autores como Jane Jacobs (JACOBS, 2014), Jan Gehl (GEHL, 2015) e Christopher Alexander (ALEXANDER, 1964), que reconhecem as múltiplas camadas que compõem a vida das cidades, abdicando de uma visão funcionalista e geométrica de organização do espaço. A informação pertencente ao espaço urbano se faz presente também em dimensões além do ambiente físico, tais como os sons, a percepção da paisagem, a relação entre vizinhos, etc. Estas diversas camadas e as diferentes possibilidades de entrelaçamento entre estas num mesmo espaço físico é tema do livro “A cidade não é uma árvore” (ALEXANDER, 1964), do matemático e arquiteto Christopher Alexander. Nesta obra, Alexander relata como as relações hierárquicas comumente tomadas em planejamento urbano ignoram outras conexões não restritamente hierárquicas que se formam naturalmente entre entes presentes nas cidades e que geram maior sensação de pertencimento e identidade aos habitantes. As Figura 15 e Figura 16 comparam as árvores diagramáticas que compõem Brasília,

cidade planejada por Lúcio Costa, e a Universidade de Cambridge, entidade dispersa no tecido urbano local e com ele relacionada em diversos níveis sobrepostos.

Figura 15 - Estrutura em árvore de Brasília. As asas são servidas por eixos principais, que por sua vez, são servidas por vias cada vez menores até atingir os acessos às superquadras.

Fonte: (ALEXANDER, 1964)

Figura 16 - Estrutura semi-reticulada de Cambridge. A vida universitária e a vida da cidade se interceptam em vários níveis, como por exemplo, nos happy-hours em bares e cafés ou na utilização do hospital-escola utilizada pela comunidade local.

Fonte: (ALEXANDER, 1964)

Para alcançar esta camada informacional, é preciso que os dados sejam capturados segundo algum critério. As tecnologias digitais permitem facilitar a representação destes dados e tratar com eficiência seu grande volume. Assim, o mapeamento destes dados poderá resultar na construção de informação que por fim leve ao conhecimento necessário para o estudo de intervenções condizentes com a complexidade lida e percebida.

Este tipo de abordagem já era buscado na década de 1960, com o próprio Christopher Alexander como cabeça de um movimento que buscava novos métodos de projeto capazes de gerar uma arquitetura mais versátil e capaz de se adaptar ao contexto, tendo por base novas tecnologias de construção e o processamento das primeiras gerações de computadores que surgiam à época.

Atualmente, alguns escritórios de arquitetura incluem métodos de captura e leitura de dados do espaço urbano em seus processos de projeto.

O processamento de imagens é uma atividade consolidada na prática do sensoriamento remoto de territórios. O escritório holandês MVRDV desenvolveu diversos programas virtuais paramétricos próprios – como o *Function Mixer* (misturador de funções), o *Region Maker* (construtor de regiões) e o *Spacefighter* (guerreiro de espaço) – para auxiliar a tomada de decisão, inclusive para conjuntos residenciais. O escritório sustenta que “a informação é a forma”, tomando como ponto de partida para cada projeto uma espécie de paisagem de dados composta por informações estatísticas e diagramas. (MONTANER, 2017)

Outro exemplo de associação da leitura das diversas camadas do espaço urbano e processo de projeto é o trabalho do arquiteto Jorge Mauro Jáuregui em favelas do Rio de Janeiro. Segundo Montaner (2017),

“com a colaboração de arquitetos, engenheiros, advogados, geólogos, psicólogos e assistentes sociais, Jáuregui criou um sistema participativo e aberto, complexo e específico, desenvolvido em etapas, que lhe permitiu situar-se e conhecer o local a fim de propor, a partir da própria lógica interna das favelas, possíveis linhas de intervenção e melhora (...). Cada projeto partia do estudo da condição labiríntica, dos fluxos naturais internos, das tendências de crescimento dos edifícios e da estrutura social das favelas. A partir da coleta de dados da realidade, de escutar os moradores e de sobrepor os diferentes mapas do bairro, elaborava-se a leitura da estrutura do lugar.”

O trabalho de Jáuregui não utiliza ferramentas digitais diretamente como elemento de assistência à decisão (Figura 17). Ainda assim sua abordagem é de base complexa e transdisciplinar, com finalidade de obter uma leitura mais próxima da realidade local. Além do recolhimento de dados in loco por meio de visitas, entrevistas, etc., Jáuregui se utiliza de imagens de sensoriamento remoto, ferramenta fundamental para leituras em projetos de escala urbana (Figura 18).

Figura 18 - Planta geral de projeto de intervenção do arquiteto Jáuregui no Morro do Alemão, com base em imagem de satélite.

Fonte: http://www.jauregui.arq.br/favelas_alemao.html. Acessado em 10 de outubro de 2018.

A compreensão da lógica subjacente do espaço urbano em assentamentos informais também foi explorada por DIAS, GANI e CHOKYU (2013). Com uso da Gramática da Forma, os autores avaliaram alguns dos processos de formação da malha urbana e de agregações de unidades habitacionais na favela da Rocinha, na cidade do Rio de Janeiro. Através de visitas ao local e dados estatísticos, os autores puderam, junto a participantes de um workshop dedicado ao assunto, levantar uma gramática básica de formas e algumas regras de composição se utilizando destes elementos. A experiência ressalta um aspecto importante no uso de ferramentas computacionais para leitura de espaços urbanos: apesar de ter por objetivo final compreender a complexidade, é necessário que se defina a priori um aspecto a ser averiguado por vez, para que ao final se possa conjugar ou não várias perspectivas. No caso deste estudo, a leitura foi realizada em duas etapas: primeiramente a percepção da formação da malha urbana, se atendo apenas às vias e ao volume básico das casas, e secundamente, uma percepção dedicada à formação dos volumes residenciais, como estes evoluem e se agregam com o passar do tempo. A

Figura 19 demonstra o sequenciamento e encadeamento das regras levantadas para formação da malha urbana, enquanto a figura apresenta a gramática da forma resultante para a evolução das edificações.

Figura 19 – Algumas regras de formação da malha urbana identificadas na favela da Rocinha (Rio de Janeiro - RJ) através do uso da gramática da forma

Fonte: (DIAS, GANI e CHOKYU, 2013).

Figura 20 – Algumas regras de evolução das edificações identificadas na favela da Rocinha (Rio de Janeiro – RJ) através do uso da gramática da forma

Fonte: (DIAS, GANI e CHOKYU, 2013)

Com um propósito similar, MORORÓ, PEQUENO e CARDOSO (2016), também utilizaram a gramática da forma para levantar a evolução tipológica de unidades habitacionais autoconstruídas no Planalto Pici, em Fortaleza-CE. Diferentemente do estudo anterior, em que se avaliou a evolução do volume da edificação como um todo, neste estudo os autores objetivaram avaliar também a evolução das relações entre os cômodos da casa (zonas social, de dormir e de serviço) e seu impacto na edificação como um todo. Esta perspectiva é importante para a compreensão dos modos de vida em assentamentos irregulares como as favelas, pois frequentemente a configuração das famílias é muito dinâmica: em pouco tempo, novos membros se agregam ou desagregam a um núcleo inicial familiar, e isso se reflete em expansões e reformas nas casas para a acomodação de todos. Algumas destas regras são demonstradas na Figura 21:

Figura 21 – Algumas regras da gramática da forma de setorização em autoconstruções residenciais estudadas no Planato Pici, Fortaleza-CE

Fonte: (MORORÓ, PEQUENO e CARDOSO, 2016)

Além da busca pela compreensão do espaço urbano em assentamentos informais, ferramentas computacionais também podem ter uso diretamente propositivo. O uso de modelagem computacional paramétrica já é aplicado no

desenvolvimento de projetos com enfoque de diferenciação mercadológica, expresso principalmente pela forma, tanto em âmbito de assistência à concepção e criação quanto em âmbito de racionalização dos processos.

O uso destas tecnologias pode ser particularmente útil para o projeto de habitação social, haja vista da necessidade de leitura de escala urbana para a elaboração de intervenções, e da possibilidade da inserção direta de dados externos em estudos de projeto. Essa relação converte-se assim em melhor alinhamento das intenções do projeto com modos de vida das populações destinatárias – frequentemente instaladas em assentamentos irregulares.

Uma técnica de modelagem que se utiliza de dados para a geração de forma é o design gerativo orientado à busca da forma (*form-finding*). Um exemplo do uso desta modelagem é apresentado no trabalho de MARTINO (2015). Com o objetivo de desenvolver volumes adequados às suas intenções de proteção solar, o autor utiliza algoritmos congregados à modelagem tridimensional que exploram diversos cenários até que se atinja uma performance desejada. A modelagem é feita por um sistema de regras e condicionantes que explora conjuntos de soluções no tratamento de múltiplas e diferentes variáveis ao mesmo tempo. Este conjunto de soluções poderá ainda refletir mudanças dinâmicas nos resultados em resposta a alterações ou inserção de novas variáveis. No seu trabalho, Martino (2015) relaciona dados ambientais locais (incidência solar em determinada posição geográfica) para ressaltar a importância do uso destes processos para a concepção arquitetônica responsiva ao local. O estudo se dá em duas escalas, a escala de um elemento (uma cobertura), e a escala de edificação (volume do edifício). Além dos volumes tridimensionais gerados, exibidos na Figura 22, o autor dispõe de dados estatísticos tabulados para uma melhor análise dos resultados gerados pelo processamento computacional.

Figura 22 - Elaboração de um elemento de sombreamento e de volume de edificação a partir do estudo de seus desempenhos térmicos, lumínicos e de ventilação com base em dados geográficos locais.

Fonte: (MARTINO, 2015).

Em abordagem semelhante, DINÇER, ÇAĞDAŞ e TONG (2014) utilizam o design generativo *form-finding* para desenvolver estudos de massa para habitação social, tendo por parâmetros básicos a locação dos blocos no terreno, as suas alturas e suas configurações de planta. Este estudo partilha similaridades com o estudo de MARTINO (2015) por utilizar modelagem algorítmica voltada para a concepção de edificações com base em parâmetros pré-estabelecidos, e também com o trabalho de MORORÓ, PEQUENO e CARDOSO, por também utilizar a modelagem algorítmica na geração das plantas da edificação, subdivida em áreas de serviço, íntima, circulações e varanda. Desta maneira, o trabalho de DINÇER, ÇAĞDAŞ e TONG (2014) percorre uma vasta amplitude de processos num projeto, indo desde estudos de implantação do volume básico do bloco de habitações (Figura 23), até a configuração dos cômodos nas plantas das unidades habitacionais, gerando, por conseguinte, também estudos de fachada (Figura 24).

Lo, Schabel e Moleta (2016) propõem uma plataforma de projeto participativo envolvendo internet, jogos e desenho paramétrico. Esta plataforma (Figura 25) tira proveito do grande apelo visual e intuitivo dos jogos de computador para inserir os futuros moradores de habitação social no contexto de rotina na edificação, ainda em fase de projeto.

Figura 25 - Interface de visualização, avaliação e modificação do projeto de habitação social

Fonte: LO et al, 2016

Ao visualizar detalhes de projeto como incidência solar em ambientes e situações específicas, organização de unidades de vizinhança, impacto da organização de diferentes tipologias na logística de serviços comuns (elevadores, coleta de lixo) de um bloco ou um pavimento, etc., os usuários podem avaliar como a edificação poderá se adequar melhor às suas necessidades, podendo sugerir mudança. Ao contrário de repassar responsabilidades de projeto do projetista para os usuários, essa iniciativa reforça o papel de ambos na busca pelo objetivo comum, que é o de garantir o bom atendimento da edificação às necessidades dos moradores. A interface coleta as sugestões propostas pelos moradores e as entrega ao projetista, que as avaliará e poderá adequá-las ou não à próxima etapa de projeto, conforme sua avaliação técnica.

Este capítulo dedicou-se a apresentar a complexidade do espaço urbano, principalmente em assentamentos irregulares, como um tema passível de ser explorado e compreendido. Os trabalhos citados exemplificam maneiras em que esta complexidade pode ser compreendida e trazida à tona por meio de processos

computacionais, adotem eles ferramentas digitais ou não. Os trabalhos citados igualmente ilustram que a utilização de processos computacionais também auxilia em etapas propositivas. Tendo posse de maiores conhecimentos sobre os modos de vidas e processos formadores do espaço urbano em assentamentos informais, é possível tomar decisões de projeto com maior clareza e embasamento e usufruir de maior proximidade ao intento tanto do usuário quanto do projetista.

3 SAD PARA ESTUDO VOLUMÉTRICO DE HABITAÇÃO SOCIAL COM BASE EM DADOS SOCIOAMBIENTAIS

A leitura do contexto local é um fator de grande impacto na busca por soluções que escapem à massificação da habitação social, especialmente se o projeto se destinar a populações de aglomerados subnormais. A compreensão da lógica subjacente é de grande valia para a leitura de processos de formação urbana e de compreensão dos modos de vida, fornecendo assim substrato para o projeto de possíveis intervenções nestas áreas. A aquisição de dados para estas localidades, entretanto, é comprometida pelo próprio fato de estarem comumente alheia ao alcance – por vezes, ao interesse – de ações de mapeamento e documentação.

Uma das possibilidades de aquisição de informações nestas localidades se dá por meio de imagens de satélite, disponíveis ao público em grande quantidade e variedade. Os principais provedores destas imagens são as missões do satélite norte-americano Landsat 8 e o satélite europeu Sentinel, que varrem continuamente a superfície terrestre em intervalos regulares. As imagens são capturadas disponibilizadas em diversos formatos e compilações, a depender do seu uso, que poderá ser para controle agropecuário, monitoramento de desmatamento de florestas, planejamento urbano e territorial, planejamento militar, etc.

Dados sociais destas populações, por outro lado, são disponíveis pelos censos e outros levantamentos periódicos, atingindo um nível de capilaridade adequado para estudos básicos de base remota.

A conjugação destes elementos na criação de um SAD para auxílio ao projeto de habitação social com base no contexto socioambiental local percorre, de uma maneira geral, as seis etapas apresentadas na metodologia e sintetizadas na Figura 26:

Figura 26 - Fluxograma de etapas do *framework* de estruturação do Sistema de Apoio à Decisão para o projeto de habitação social

Fonte: autor.

Para desenvolvimento e exploração do fluxo de trabalho, procedeu-se a aplicação da ferramenta em localidades reais. Tomou-se como comunidade a ser explorada o bairro Ilhinha, na cidade de São Luís – MA, para a qual além da leitura socioambiental e urbana, foi possível propor estudos iniciais de habitação social a partir das informações locais levantadas.

3.1 Estudo de caso: Bairro da Ilhinha

O bairro da Ilhinha localiza-se na cidade de São Luís – MA, nas coordenadas 2°30'24" S e 44°18'30" O. Este local foi escolhido por apresentar significativa área de corpo d'água e vegetação adjacente ao tecido urbano (Figura 27), além de atualmente situar-se num contexto real de implantação de habitação social para a população carente local.

Figura 27 – Bairro da Ilhinha no contexto urbano adjacente. Em preto, delineamento dos setores censitários que compõem o bairro segundo o IBGE.

Fonte: Autor sobre Google Earth.

Em São Luís, existem 32 comunidades caracterizadas como aglomerados subnormais, parte delas categorizadas no Plano Diretor Municipal como Zonas de Interesses Sociais, entre as quais se inclui o bairro da Ilhinha. Neste bairro, a conformação do aglomerado subnormal se dá na forma de palafitas (construídas com estrutura de madeira e cobertura de telhado de fibrocimento ou placas de madeira) (Figura 28), em decorrência da localização costeira e do mangue, e também por

habitações de terra firme (com construções de paredes de alvenaria e cobertura de telhado cerâmico), com a distribuição territorial apresentada na Figura 29.

Figura 28 - Palafitas no junto ao mangue, no bairro da Ilhinha.

Fonte: <http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2015/03/projeto-pretende-reflorestar-areas-de-mangue-em-sao-luis.html>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

Figura 29 - Em cores de destaque, o setor censitário estudado no bairro Ilhinha. Em azul, palafitas, em laranja, construções em terra firme.

Fonte: Autor sobre Google Earth.

Nas palafitas não há acesso ao tratamento básico de esgoto, nem à infraestrutura elétrica e urbana. Dessa maneira, os moradores utilizam o corpo d'água adjacente (rio, ou o mar, e o seu bioma associado, o mangue), como transporte, esgoto e também como fonte de pesca.

Atualmente, o governo do Estado está em processo de implantação de Habitação Social para 256 famílias estabelecidas em palafitas. De acordo com a publicação oficial, o projeto leva em consideração a integração entre as unidades, com praças e quadras esportivas, e áreas próximas destinadas ao desenvolvimento da cultura, educação e saúde. Entretanto, a publicação considera dois projetos de habitação diferentes para diferentes comunidades nesta mesma explicação. Para o projeto no bairro da Ilhinha, as 256 unidades serão distribuídas em 8 blocos com 32 apartamentos cada (figura (GOVERNO DO MARANHÃO, 2016)). Não foram encontrados maiores detalhes, nem qual empresa é responsável pelo projeto técnico.

Figura 30 - Imagem de divulgação do projeto de habitação social para moradores de palafita do bairro da Ilhinha.

Fonte: <http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/desenvolvimento/moradores-de-palafitas-do-sao-francisco-terao-apartamentos-na-av-ferreira-gullar>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

Tomando a oportunidade de um andamento real de implantação de projeto de habitação social destinado a uma população de aglomerado subnormal, a escolha da comunidade da Ilhinha foi reforçada como objeto de estudo e desenvolvimento do SAD aqui apresentado.

Assim, com a primeira etapa do fluxo de trabalho definida, a escolha da comunidade, partiu-se para a etapa seguinte, a aquisição das imagens de satélite e o processamento de imagens.

3.1.1 Aquisição e processamento das imagens de satélite

O conjunto de imagens de satélite foi obtido através da aplicação Google Earth, na resolução de 1920x1080 pixels, dentre as quais, a mais atual e livre de nuvens ou falhas data de 16 de agosto de 2017, a partir do satélite da empresa Digital Globe, exposta na Figura 31.

Figura 31 - Captura de satélite escolhida para o desenvolvimento e aplicação do SAD (rodada em 90° sentido anti-horário para melhor disposição na página).

Fonte: Google Earth/Digital Globe

Com a captura definida, o processamento seguiu por diversas etapas objetivando a segmentação de atributos e pontuação de construções. O fluxo de trabalho da etapa de processamento de imagens é apresentado na Figura 32:

Figura 32 - Fluxograma utilizado para a etapa de processamento de imagens

Fonte: Autor

O processamento de imagem objetivou segmentar habitações de terra firme (telhados cerâmicos, avermelhados), palafitas (telhados de fibrocimento,

acinzentados), corpo d'água (baixa variação de tons de azul/cinza) e vegetação (baixa variação de tons de verde).

Antes de proceder para a segmentação de cada um dos elementos, criou-se uma máscara que cobrisse os elementos ambientais (corpo d'água e vegetação) para facilitar o processamento final, mais fino, de detecção de área construída.

Para criação desta máscara, a imagem foi segmentada em superpixels com o algoritmo de segmentação *Region Adjacency Gradient* (RAG) e o 'slic'. A combinação destes algoritmos divide a imagem em "super pixels", ou grãos, com bordas detalhadas, úteis para a preservação dos pixels urbanos na borda da máscara (Figura 33).

Figura 33 – Algumas das etapas de processamento de segmentação de imagem por algoritmo RAG e 'slic'.

Fonte: Autor sobre Google Earth

Em seguida, para uniformizar a coloração de todos os super pixels que compõem a máscara ambiental, aplicou-se o algoritmo de *watershed* (balde de tinta) na região detectada com baixa variação de gradiente, segmentando assim a imagem em área de cobertura vegetal e corpo d'água (mascarados) e área construída (exposta), resultando na imagem inferior da Figura 34:

Figura 34 - Captura original, acima, e após o processamento de geração de máscara de área construída.

Fonte: Autor sobre Google Earth.

O passo seguinte objetivou segmentar a área construída em construções de terra firme e palafitas. Dadas as suas características de cores, os telhados foram mais

facilmente filtrados utilizando-se espaços de cores diferentes para cada tipo. Os telhados cerâmicos foram filtrados no espaço de cor RGB (valores variáveis de 0 a 255 para pixels vermelho, verde e azul), enquanto os telhados de fibrocimento foram filtrados com base no espaço HSV (valor de 0 a 1 para matiz, saturação e luminosidade do pixel). A Figura 35 apresenta o resultado da filtragem de pixels relativos à área coberta por telhados cerâmicos.

Figura 35 – Resultado do processamento de filtragem de pixels de telhados cerâmicos (valor de pixel vermelho entre 140 e 170)

Fonte: Autor sobre Google Earth.

Em seguida, as imagens resultantes para cada uma das filtrações foram processadas por um algoritmo de detecção de blob. Este algoritmo realiza uma varredura na imagem, de maneira a pontuar aglomerados de pixels semelhantes (*blobs*, ou bolhas), o que neste caso, é cada polígono fechado formado, considerado como uma construção independente. Ao final do processamento, o algoritmo gerou uma matriz com a posição x e y de cada blob no espaço da imagem, formatada como planilha eletrônica no formato .xls.

A Tabela 2 apresenta os valores para cada parâmetro dos algoritmos utilizados na etapa de processamento de imagem.

Tabela 2 - Valores utilizados nos parâmetros dos algoritmos de processamento de imagem

Algoritmo	Parâmetro	Valor
'Slic'	Compactação (tolerância de detecção de franjas nas bordas)	30
'Slic'	Número de segmentos (super-pixels)	400
RAG	Limiar	15
Watershed	Marcador	Gradiente < 13
(Filtro para teto vermelho)	Pixel vermelho RGB	$170 > R > 140$
(Filtro para teto cinza)	Saturação de pixel HSV	$S < 0.15$
Detecção de Blob (Determinante do método de Hessian)	Sigma	8
Detecção de blob (Determinante do método de Hessian)	Limiar	0.13

Fonte: Autor.

3.1.2 Aquisição de dados sociais

Dados sociais para estudos de base remota são disponibilizados principalmente em bases de dados de levantamentos periódicos populacionais, como os censos demográficos. No Brasil, o responsável por este levantamento é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A página virtual do IBGE disponibiliza todos os dados dos últimos censos, organizados em diversas coleções e interfaces, tais como mapas dinâmicos, planilhas virtuais, infográficos, etc. Este tipo de disponibilização de dados permite que leituras específicas sejam realizadas com maior facilidade por profissionais de diversas áreas. No caso deste estudo, foi necessário buscar os dados da maneira mais básica possível, sem as intervenções secundárias destes agrupamentos dinâmicos de dados. Desta maneira, para a realização da etapa de aquisição de dados sociais para o SAD aqui desenvolvido, buscou-se a base de dados por setor censitário na base de Resultados do Universo, ou seja, a base de todos os dados coletados no último censo.

Os arquivos são disponibilizados em planilhas eletrônicas no formato .xls e .csv, com arquivos dedicados a cada estado da federação. Estes arquivos apresentam o número do setor censitário e os valores levantados para as variáveis pesquisadas, cujo número supera alguns milhares.

As variáveis de interesse ao SAD para habitação social foram:

- Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes.
- Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes.
- Domicílios particulares permanentes do tipo casa.
- Domicílios particulares permanentes do tipo casa de vila ou em condomínio.
- Domicílios particulares permanentes do tipo apartamento.
- Quantidade de moradores por domicílio particular (distribuída em classes de 1 a 10+)

Estas variáveis foram filtradas e reestruturadas em planilhas separadas, de modo a facilitar o trato com os dados no momento da importação para a modelagem algorítmica. Os valores das variáveis acima descritas encontrados para a comunidade da Ilhinha são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Variáveis censitárias básicas utilizadas no SAD e seus valores correspondentes à comunidade da Ilhinha

Variável (dados básicos e de domicílio)	Valor
Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes	372
Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes	1463
Domicílios particulares permanentes do tipo casa	372
Domicílios particulares permanentes do tipo casa de vila ou em condomínio	0
Domicílios particulares permanentes do tipo apartamento	0

Fonte: (IBGE, 2016)

Os valores de distribuição de moradores por domicílio levantados neste censo são expostos na Tabela 4:

Tabela 4 - Variáveis de distribuição de moradores por domicílio e seus valores correspondentes à comunidade da Ilhinha

Variável	Valor
Domicílios particulares permanentes com 1 morador	23
Domicílios particulares permanentes com 2 moradores	66
Domicílios particulares permanentes com 3 moradores	77
Domicílios particulares permanentes com 4 moradores	97
Domicílios particulares permanentes com 5 moradores	47
Domicílios particulares permanentes com 6 moradores	28
Domicílios particulares permanentes com 7 moradores	13
Domicílios particulares permanentes com 8 moradores	10
Domicílios particulares permanentes com 9 moradores	4
Domicílios particulares permanentes com 10 ou mais moradores	7

Fonte: (IBGE, 2016)

Além dos dados quantitativos, as informações de limites territoriais dos setores censitários foram obtidas no banco de dados do censo do IBGE. Essas informações estão dispostas em formato .shp (*shapefile*), que contém as linhas de limite em forma de vetor. Complementarmente a estes dados, também extraiu-se o vetor de arruamento do bairro da Ilhinha e do tecido urbano próximo, para melhor referenciamento espacial.

Outra fonte de dados sociais utilizados para a elaboração do SAD foi a página virtual do governo municipal de São Luís, que disponibiliza em mapa virtual interativo a localização de equipamentos públicos sob a esfera municipal. Desta fonte, buscou-se a localização dos equipamentos situados no tecido urbano adjacente aos setores de estudo.

Estes dados, junto aos dados adquiridos com o processamento de imagens, de substrato para modelagem algorítmica, representam a base informacional que alimentará o algoritmo de modelagem tridimensional direcionado tanto à leitura socioambiental quanto à síntese de volumes básicos para o estudo de habitação social.

3.1.3 Estudo de massa para habitação social com base no contexto socioambiental do bairro da Ilhinha

A etapa de modelagem algorítmica foi subdividida em duas etapas: a etapa de organização e mapeamento dos dados e a etapa de proposição, ou seja, de modelagem volumétrica para o estudo de massa da habitação social. Em ambos os casos, a premissa básica foi a espacialização dos dados. Esta etapa se deu com uso do *software* Grasshopper, *plug-in* do *software* de modelagem virtual Rhinoceros. O Grasshopper atua como uma interface que usa uma premissa da programação computacional, ou seja, o percurso de um roteiro lógico, para a geração de formas. A interface do programa se baseia em nós (que guardam funções), entradas (valores para as variáveis das funções nos nós), e linhas (que conectam as entradas aos nós), conforme exemplificado na Figura 36.

Figura 36 - Interface do *software* Grasshopper, com a representação tridimensional de uma esfera, gerada a partir de duas entradas (ponto de base e raio) conectadas a um nó (função de geração da esfera)

Fonte: autor

3.1.3.7 Leitura socioambiental

O primeiro passo para a etapa de modelagem algorítmica é a inserção dos dados, salvos em formato .xls, na interface de modelagem, através de funções específicas de leitura de documentos externos. Desta maneira, importou-se os dados

de posicionamento dos blobs pontuados com o processamento de imagem, os dados quantitativos do censo do IBGE e da municipalidade de São Luís, e os limites vetoriais dos setores censitários e do arruamento (Figura 37).

Figura 37 - Informações inseridas e convertidas em pontos tridimensionais no *software* Grasshopper. Os pontos representam os domicílios identificados pelo processamento de imagem (vermelho, teto cerâmico e preto, palafita).

Fonte: o autor.

A leitura socioambiental objetivou levantar as seguintes informações:

- Conectividade intracomunitária: o grau de conexão existente entre cada ponto identificado como domicílio (tanto em terra firme quanto em palafita) com outros pontos domiciliares adjacentes.
- Centralidades: pontos com maior grau de conectividade intracomunitária
- Conectividade extracomunitária: o grau de conexão existente entre a comunidade como um todo e equipamentos públicos do tecido urbano adjacente.
- Conectividade ambiental: grau de conexão existente entre cada ponto domiciliar e a cobertura vegetal e corpo d'água.
- Perfil de distribuição de moradores por domicílio: a prevalência de domicílios em cada categoria de número de moradores.

Para o levantamento da conectividade intracomunitária, todos os pontos domiciliares foram conectados utilizando-se a função de triangulação de Delaunay, gerando uma malha de arestas. A leitura da conectividade intracomunitária buscou identificar os pontos com maior número de conexões e o grau de proximidade entre os pontos. Para facilitar esta leitura, uma função de contagem de arestas por ponto foi dirigida a alimentar uma função de altura do ponto no eixo Z, enquanto o comprimento das arestas alimentou uma função de coloração de verde (mais longa) a vermelho (mais curta) gerando o grafo tridimensional da Figura 38, onde é possível ver com maior facilidade pontos de maior aglomeração.

Figura 38 - Grafo de conectividade intracomunitária. Acima, visão de topo, abaixo, visão perspectivada, explicitando pontos de diferentes elevações.

Fonte: autor

A definição destas aglomerações foi importante para o levantamento de centralidades. Neste contexto, considera-se centralidade como os pontos de maiores concentrações de conexões. Considerando-se uma filtragem de raio de 100m (dimensão de uma quadra urbana regular, tida como referência de proximidade), observou-se a seguinte disposição dos pontos com maiores conexões:

Figura 39 - Centralidades (nós de maiores conectividades) filtradas num raio de 100m

Fonte: autor

O grafo de conectividade extracomunitária foi gerado através do levantamento de equipamentos de saúde e educação próximos à comunidade da Ilhinha. Para a determinação da conectividade extracomunitária, buscou-se determinar um ponto central da comunidade – o centro do polígono convexo formado pelos pontos domiciliares da comunidade (Figura 40).

Figura 40 - Conectividade extracomunitária. A esfera representa o centro equidistante da comunidade, enquanto os pontos quadrados representam os equipamentos públicos municipais de saúde e educação.

Fonte: autor

A conectividade ambiental foi determinada através da divisão da área da do mangue em uma grelha de pontos igualmente espaçados. A partir daí, verificou-se quantas conexões possíveis existiram a partir dos pontos de habitação da comunidade com os pontos da grelha do mangue num alcance de 100m (dimensão de uma quadra urbana regular, tida como referência de proximidade). Para facilitar a visualização destes dados, a conectividade urbana foi traduzida em linhas verticais iniciadas no ponto correspondente da comunidade, conforme a Figura 41 apresenta. Quanto mais alta a linha, mais conexões ambientais o ponto na comunidade possui.

Figura 41 - Conectividade ambiental da comunidade da Ilhinha com o mangue.

Fonte: autor

Por fim, o último dado de leitura urbana refere-se ao perfil social da comunidade. Estes dados não puderam ser especializados além da escala de setor censitário por não haver esta informação na base de dados do IBGE. Tampouco estes dados são sensíveis a algum tipo de processamento de imagem. Ainda assim, estes dados são importantes para a etapa propositiva do SAD aqui delineado. Dessa forma, os dados tabulados foram importados na interface do Grasshopper, e a título de leitura, foram traduzidos como curvas de distribuição (histogramas). A Figura 42 apresenta a curva gerada a partir da leitura do arquivo base contendo os dados selecionados da planilha eletrônica censitária. Verifica-se com este gráfico que há uma maior prevalência de domicílios com 4 moradores, decaindo significativamente com o aumento de moradores a partir deste valor.

Figura 42 - Curva de distribuição das categorias da variável "morador por domicílio". Cada ponto da curva apresenta uma classe que varia de 1 a 10+ moradores por domicílio. (O histograma desenhado é relativo, ou seja, o ponto mais baixo é o menor valor encontrado, podendo ou não ser zero)

Fonte: autor.

Com posse destes dados, parte-se para a etapa propositiva, em que, através da interface de nós e linhas, esta informação será condicionada à geração de volumes que poderão auxiliar na tomada de decisões do projeto de habitação social. Ressalta-se que a interface permite outras extrações de informações ou de representações, a serem definida pelo intento do usuário. A resposta dinâmica de acordo com as alterações de valores e variáveis também permitem um melhor controle sobre o fluxo de informação conseguido.

3.1.3.8 Etapa propositiva: geração de estudos de massa com base na leitura socioambiental

A etapa propositiva buscou elaborar, a partir das informações levantadas da etapa de leitura, auxílio para a tomada de decisões em duas escalas: na definição e distribuição dos tipos de unidades habitacionais nos blocos e na implantação dos blocos habitacionais. O estudo de implantação explorou duas vertentes: a) um ponto para a implantação do projeto baseado nas relações extracomunitárias da comunidade, e b) a distribuição dos blocos considerando o terreno em que está sendo construído o atual projeto de habitação social do governo do estado. Com o mesmo objetivo de traçar um paralelo com este projeto, considerou-se o mesmo público-alvo para a elaboração, a população residente nas palafitas.

A primeira exploração, direcionada a encontrar um ponto ótimo para a implantação do projeto baseado nas relações da comunidade com o entorno, utilizou-

se da informação extraída com a leitura da conectividade extracomunitária. A partir da rede de conexões formada entre o ponto central da comunidade e os equipamentos urbanos pontuados no tecido urbano adjacente, aplicou-se uma função de cabimento (*fitness*) que retornasse o ponto equidistante entre todos os vértices (Figura 43).

Esta exploração busca conectar a comunidade da Ilhinha com o tecido urbano adjacente (especificamente aos equipamentos levantados), sem, no entanto, desconectar a população totalmente do seu território anterior. Esta configuração parte da premissa de um estudo de massa para habitação social num contexto a partir do zero. Sendo um passo inicial do processo de design, este estudo não considera ainda as interferências com a malha viária.

Figura 43 - Conectividade extracomunitária e determinação de ponto equidistante entre a comunidade da Ilhinha e os equipamentos urbanos adjacentes. Acima, a esfera central representa o ponto equidistante. Abaixo, um volume ilustrativo de blocos habitacionais.

Fonte: autor

O segundo estudo objetivou servir a informação adquirida com o processamento de imagens e análises de conectividades a um estudo de massas no terreno atual do projeto de habitação social do governo. O primeiro passo desta exploração foi analisar os pontos entre as palafitas com maiores conectividades intracomunitárias, ou seja, as centralidades, para que se replicasse esta mesma relação no novo terreno. Assim, parte-se da ideia de manutenção de relações já existentes para a definição do número de blocos.

Considerando a penas a população de palafitas, filtrou-se a base de geração do grafo de conexão intracomunitária apenas para esta população, resultando na Figura 44.

Utilizando-se do mesmo princípio para geração dos grafos anteriores, foram encontrados cinco pontos de maiores conectividades entre as palafitas (os dois pontos mais próximos foram considerados como um único), sendo, portanto, esta a quantidade de blocos desejada para este estudo de massa.

Figura 44 - Centralidades (pontos de maior conectividade) levantadas entre as palafitas.

Fonte: autor.

Além da conectividade intracomunitária e centralidades, esta proposta buscou incluir a já definida informação de conectividade extracomunitária, envolvendo também o posicionamento dos equipamentos levantados anteriormente.

Desta maneira, a locação dos blocos (cinco, representando as centralidades), buscou atingir a melhor situação que congregue um bom distanciamento dos blocos em relação uns aos outros, e também em relação com o já determinado ponto equidistante entre a comunidade da Ilhinha e os equipamentos urbanos.

Para alcançar este o objetivo, utilizou-se o *Galapagos*, um nó baseado em algoritmo genético, que percorre múltiplas rodadas de exploração na variação de valores (em intervalos pré-definidos) até encontrar quais melhor respondem a uma função pré-determinada. A cada rodada, valores inadequados vão sendo descartados. Neste estudo, este nó foi utilizado para encontrar o posicionamento de cinco pontos dentro do espaço do terreno que melhor expressassem a configuração de razão para o maior distanciamento entre todos os pontos e a similaridade nos distanciamentos entre os blocos. A Figura 45 apresenta o resultado obtido.

Figura 45 - Configuração resultante de posicionamento de blocos de habitação no novo terreno, em consideração aos equipamentos adjacentes e ao terreno prévio da comunidade da Ilhinha.

Fonte: autor.

O último passo da etapa exploratória foi conduzir a informação provinda da leitura urbana para a definição e a distribuição de unidades habitacionais. Conforme exposto no tópico anterior, utilizou-se os dados de distribuição de moradores por domicílio para se traçar um gráfico com o este perfil de distribuição. Nesta etapa

propositiva, a intenção é replicar esta mesma curva para a quantificação de unidades. Para tal, o primeiro passo foi remapear a quantidade de classes obtidas com os dados do IBGE (10) para a quantidade de unidades desejadas. Para esta exploração, considerou-se quatro tipologias diferentes, variando em dimensões referentes a unidades de 1 a 4 quartos. O remapeamento buscou manter a mesma curva, conforme demonstrado na Figura 46.

Figura 46 - Remapeamento das 10 classes de distribuição de moradores por moradia (IBGE) para 4 classes, que servirão de base para a quantificação de tipologias no estudo habitação social. (O histograma desenhado é relativo, ou seja, o ponto mais baixo é o menor valor encontrado, podendo ou não ser zero)

Fonte: autor.

A seguir, procedeu-se para a modelagem dos blocos habitacionais a partir da distribuição destas unidades de acordo com a curva obtida, por meio de valores percentuais. Considerando a quantidade de famílias permanentes obtida com os dados censitários do IBGE e a definição da quantidade de blocos, os volumes básicos representativos de cada tipo foram agrupados na formação dos blocos habitacionais, conforme exposto na Figura 47. Cada nuance de azul representa uma tipologia. As unidades foram aleatoriamente distribuídas no bloco habitacional.

Figura 47 - Distribuição de tipologias de acordo com a curva de distribuição de moradores por domicílio levantada com dados do IBGE, para a modelagem de estudo volumétrico de habitação social.

Fonte: Autor.

Sendo a modelagem de base paramétrica, é possível variar a conformação do bloco e analisar outras alternativas de distribuição, conforme o intento ou as necessidades de adaptação suscitadas pelo projetista. A Figura 48 apresenta diferentes conformações que resultam da mesma base algorítmica geradora do volume anterior. Estes modelos foram obtidos e atualizados dinamicamente conforme a variação do valor de entrada – neste caso, o número de pavimento, mantendo a mesma curva de distribuição de tipologias.

Figura 48 - Alternativas de estudo utilizando a mesma base algorítmica de distribuição de tipologias.

Fonte: Autor

Este passo conclui a etapa propositiva da fase de modelagem algorítmica. Esta etapa de estudos exploratórios teve o propósito tanto de desenvolvimento do algoritmo de modelagem baseado nos dados da leitura urbana local de uma comunidade informal quanto de verificação do uso deste tipo de fluxo de trabalho como um sistema

de apoio à decisão para o estudo básico de habitação social, confluindo informações extraída deste a etapa de processamento de imagem até a modelagem tridimensional. O desenho do *framework* para a etapa de modelagem algorítmica é demonstrado na Figura 49.

Figura 49 - *Framework* para a etapa de modelagem algorítmica, envolvendo etapas de leitura e etapa propositiva

Fonte: Autor.

O *framework* desenvolvido não contempla e nem possui o intuito de abranger todos os parâmetros possíveis e necessários para o desenvolvimento de concepção da habitação social, sendo estes variáveis e específicos a cada situação. O estudo de habitação para o bairro da Ilhinha foi desenvolvido como um exercício e prova de conceito para a prática do *framework*, cujo foco apresentar uma possível estruturação de princípios, direcionamentos e ferramentas que permitam uma aproximação de informações locais com o projeto ainda em fases primárias.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de habitação social é, no Brasil, historicamente orientado a se servir de soluções simples para a resposta a demandas antes numéricas que qualitativas. Frente ao fato de que maior parte da demanda por estes projetos é residente em assentamentos informais (ou aglomerados subnormais), esta perspectiva simplificadora talvez devesse ser invertida: por escaparem de códigos formais, estes assentamentos possuem complexidade aumentada em relação a outros tipos. A literatura aponta também que ignorar o conhecimento local pode incorrer em uma desvirtuação rápida das intenções do projeto e num consequente encurtamento da vida útil do empreendimento.

Por outro lado, a pouca disponibilidade de dados oficiais referentes a estes lugares dificulta ações com base na informação local. Dessa forma, é necessário recorrer a outras fontes de dados que fomentem o aumento da qualidade de intervenções com base em informação local. O uso de imagens de satélite com alta taxa de atualização juntamente a indicadores sociais com capilaridade territorial satisfatória demonstrou ser uma boa combinação de elementos para a extração de dados em assentamentos informais.

O projeto de habitação coletiva desenvolve-se a partir das necessidades de usuários hipotéticos, traçados a partir de informações coletadas previamente para que haja uma melhor aproximação com as demandas e expectativas dos futuros usuários da edificação. Neste sentido, a qualidade de dados de entrada, ou *inputs*, são importantes para que este delineamento hipotético se aproxime da realidade.

A adição do desenho computacional como ferramenta propositiva e de auxílio à leitura dos dados extraídos com o processamento de imagem e censitários demonstrou facilitar a elaboração de estudos primários de habitação social baseados em conexão direta com informações locais. Esta sistematização de passos possibilita a tomada decisões com maior grau de embasamento informacional e maior respeito à localidade e à população residente.

A abordagem metodológica de projeto proposta e explorada neste estudo auxiliou na verificação da relação íntima e tautológica entre ambiente e demografia, especialmente nos casos de ocupação “espontânea”, feita à margem dos códigos da cidade formal.

Ressalta-se que o *framework* aqui apresentado não pretende encerrar a aquisição e o procedimento de tomada de decisões no projeto de arquitetura de habitação social, assim como não abrange todos os parâmetros envolvidos na concepção de um projeto desta natureza – específicos à cada situação. Tanto nas etapas de processamento de imagens quanto nas etapas de modelagem algorítmica, os processos aqui apresentados são abertos para novos tipos de entradas, e consequentemente, novas adaptações. A captura inicial de imagem de satélite poderá demandar um outro tipo de segmentação, por exemplo, se feita em ambiente predominantemente urbano ou de paisagem mais árida.

O *framework* pretende contribuir para uma maior condução de informação para fluxo de projeto, e é beneficiado com a conjugação de outras fontes de informação, em especial, o contato *in loco* com o território de estudo e sua população.

Os SAD, da mesma maneira que a própria metodologia do projeto arquitetônico, são modos de tratamento e redução de complexidades, para enfoques direcionados e melhor clarificados ao propósito do projetista. Assim, não há uma resposta única e definitiva que possa ser apresentada para a concepção do projeto de habitação social. A heurística proposta para este *framework* busca aproximações sucessivas da complexidade de comunidades informais para a obtenção de melhores dados que amparem as etapas iniciais do projeto de habitação social.

Por fim, em perspectiva pessoal, a experiência de desenvolvimento deste trabalho, desde o ingresso no programa de mestrado Construlnova até à defesa final, trouxe à tona a percepção da amplitude do ambiente acadêmico e da importância de se fazer aproximar reflexões teóricas com proposições práticas, bem como da importância de se diminuir a setorização do conhecimento. Este trabalho partiu de um esforço, com diversas colaborações somadas ao longo do programa, em convergir temas e experiências emergentes em tecnologia com áreas onde há grande espaço de aplicação, mas ainda pouco interesse ou debate vigentes, como a habitação social.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, T.; THAHEEM, M. J. Developing a residential building-related social sustainability assessment *framework* and its implications for BIM. *Sustainable Cities and Society*, v. 28, p. 1-15, 2017.

ALBUQUERQUE, M. P. D.; ALBUQUERQUE, M. P. D. *Processamento de Imagens: Métodos e Análises*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF/MCT. 2000.

ALEXANDER, C. *A city is not a tree*. [S.l.]: [s.n.], 1964.

ALMEIDA, C. C. D. *Habitação social: origens e produção*. Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. 2007.

AMEZQUITA, V. M. El manifesto el problema teórico del movimiento moderno de la arquitectura. *Revista académica e institucional de la UCPR*, v. 183-198, n. 79, outubro 2007.

ARAMAPATZIS, G. et al. A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies. *European Journal of Operational Research*, 16 jan 2004. 465-475.

ARANTES, P. F. *Arquitetura na Era Digital-Financeira: desenho, canteiro e renda da forma*. 1ª. ed. São Paulo: Editora 34, 2012.

BEIRÃO, J. N. Gramáticas genéricas para o domínio da cidade e urbanismo. *Revista de Morfologia Urbana*, v. 2, p. 44, 2014.

BENEVOLO, L. *História da Arquitetura Moderna*. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BERTEZINI, A. L. *Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade*. Universidade de São Paulo: Tese de doutorado, 2006.

BOTEGA, L. D. R. De Vargas a Collor: urbanização e política habitacional no Brasil. *Espaço Plural*, v. 8, p. 65-72, 2007.

BRANDÃO, D. Q. Disposições técnicas e diretrizes para o projeto de habitações sociais evolutivas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, p. 73-96, abr/jun 2011. ISSN 2.

BRASIL. Constituição Federal (Texto compilado até a Emenda Constitucional nº 86 de 17/03/2015) - Artigo 6º. *Título II Dos Direitos e Garantias Fundamentais - Capítulo II Dos Direitos Sociais*, fev 2000. Disponível em:

<http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_17.03.2015/art_6_.asp>. Acesso em: 20 outubro 2018.

BRASIL. Cartilha "Minha Casa, Minha Vida", 2015. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: março 2015.

BRASIL. *Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat*. Ministério das Cidades. [S.l.]. 2017.

BRITO, C. *San Carlo alle Quattro Fontane*. Disponível em <https://estoriasdahistoria12.blogspot.com.br/2013/09/san-carlo-alle-quattro-fontane.html>: [s.n.], 2013.

CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T. A.; SOUZA, F. A. D. Habitação de interesse social: política ou mercado? Reflexos sobre a construção do espaço metropolitano. *Anais: Encontros Nacionais da ANPUR*, v. 14, 2013.

CARDOSO, R. *Design para um mundo complexo*. São Paulo: Ubu, 2016. 15-25 p.

CELANI, G. *CAD Criativo*. [S.l.]: Campus, 2003.

CELANI, G. et al. A Gramática da Forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. *Conexão - Comunicação e Cultura*, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, jul/dez 2006.

CHRONIS, A.; LIAPI, K. A.; SIBETHEROS, I. A parametric approach to the bioclimatic design of large scale projects: The case of a student housing complex. *Automation in constrution*, v. 22, p. 24-35, 2012.

DIAS, M. Â.; GANI, D. C.; CHOKYU, M. L. A lógica da favela pela gramática da forma. *Arq.Urb*, Rio de Janeiro, p. 23-40, jul 2013. ISSN 10.

DINÇER, A. E.; ÇAĞDAŞ, G.; TONG, H. A computational model for mass housing design as a decision support tool. *Procedia Environmental Sciences*, v. 22, p. 270-279, 2014.

DOVEY, K. Informalising Architecture: The Challenge of Informal Settlements. *Architectural Design*, v. 83, p. 82-89, nov/dez 2013. ISSN 6.

DUARTE, J. P. et al. *An urban grammar for the Madina of Marrakech*. Design computing and cognition '06. [S.l.]: [s.n.]. 2006. p. 483-502.

DUARTE, J. P.; CASTRO, M. D. C. D. *Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza*. Fundacion Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência ea Tecnologia. Lisboa. 2007.

EASTMAN, C. et al. *Manual de BIM - Um guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FATHI, A.; SALEH, A.; HEGAZY, M. Computational design as an approach to sustainable regional architecture in the Arab world. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 225, p. 180-190, 2016.

FIESP. *Construbusiness. 12º Congresso Brasileiro da Construção. Brasil 2022 - planejar, construir, crescer*. FIESP. São Paulo. 2016.

FONSECA DE CAMPOS, P. E. *Design arquitetônico: uma abordagem projetual com foco no usuário, como protagonista e agente de projeto, ou. Das cooperativas de habitação uruguaias ao dissenso modernista do Byker Wall*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo: [s.n.], 2016.

GEHL, J. *Cidades para Pessoas*. 2ª. ed. [S.l.]: Perspectiva, 2015.

GIRALT-MIRACLE, D. A técnica por trás da arte (Entrevista concedida a Valentina Figuerola). *Arquitetura e Urbanismo*, Julho 2004. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/124/artigo23166-1.aspx>>. Acesso em: 10 outubro 2018.

GLYMPH, J. Evolution of the digital design process. *Architecture in the Digital Age: design and manufacturing*, p. 102-120, 2003.

GOVERNO DO MARANHÃO. Mais de 1.300 famílias de São Luís serão beneficiadas com programa habitacional. *Site do Governo do Estado do Maranhão*, 2016. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/mais-de-1-300-familias-de-sao-luis-serao-beneficiadas-com-programa-habitacional/>>. Acesso em: abril 2018.

GRABINSKY, A. *Viena: nostalgia del vértigo*. Disponível em <https://labrujula.nexos.com.mx/?p=915>: [s.n.], 2016.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHOSON, P. E. Qualidade: cada erro tem seu preço. *Techne*, Tradução de: V.M.C.F. Hachich., n. nº 1, p. 32/34, nov/dez 1992.

HARVARD ART MUSEUMS/BUSCH-REISINGER MUSEUM. *Housing Development, Karlsruhe-Dammerstock, 1928-1929*. Disponível em <https://www.harvardartmuseums.org/art/53364>: [s.n.], 1929.

HIRATA, F. Minha Casa, Minha Vida": Política habitacional e de geração de emprego ou aprofundamento da segregação urbana? *Revista Aurora*, v. 2, n. 4, 2009.

IAB - INSTITUTO DOS ARQUITETOS DO BRASIL. Arquitetos propõe mudanças ao Minha Casa Minha Vida. *IAB Digital*, 2015. Disponível em: <<http://www.iab.org.br/noticias/arquitetos-propoe-mudancas-ao-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 14 maio 2017.

IBGE. *Aglomerados Subnormais - Informações Territoriais*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [S.l.]. 2010.

IBGE. Censo 2010 - Resultados por universo - Agregados por setor censitário - MA. *Downloads e Estatísticas*, 2016. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 18 agosto 2018.

IPEA. *Relatório brasileiro para a Habitat III*. IPEA. Brasília. 2016.

JACOBS, J. *Morte e Vida de Grandes Cidades*. 3ª. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2014.

KAHNEMAN, D. A. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *American Psychologist*, Washington D.C., v. 58, n. 9, p. 697-720, Setembro 2003.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr/jun 2006.

LAING, R. et al. Integrating rapid 3D data collection techniques to support BIM design decision making. *Procedia Environmental Sciences*, v. 22, p. 120-130, 2014.

LARA, F. L. Cidades na era Lula - O lento abandono dos processos participativos. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, p. 245-262, 2014. ISSN 58.

LO, T. T.; SCHNABEL, M. A.; MOLETA, T. *Gamified Participation for Mass Housing Design*. II SBE Forum of Young Researchers in Sustainable Building 2016 - Building Design and Operation. Praga: [s.n.]. 2016.

MARICATO, E. Planejamento urbano no Brasil: As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. In: ARANTES, O. B.; MARICATO, E.; VAINER, C. *O pensamento único das cidades: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes, 2000.

MARICATO, E. Na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. In: _____ *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis - RJ: Vozes, 2001. p. 15-25.

MARQUES, E.; RODRIGUES, L. O Programa Minha Casa, Minha Vida na Metrópole Paulistana: Atendimento Habitacional e Padrões de Segregação. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 15, n. 2, p. 159-177, Novembro 2013.

MARROQUIM, F. M. G. *Avaliação pós-ocupação de unidades residenciais modificadas de um conjunto habitacional em Maceió-AL: flexibilidade, dimensionamento e funcionalidade dos ambientes*. Universidade Federal de Alagoas. [S.l.]. 2017.

MARTINO, J. A. D. *Buscando a forma pelo contexto geográfico*. Anais do Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Recife: ANTAC. 2015.

MENDES, L. T. et al. A Bottom-Up Social Housing System Described with Shape Grammars. *Computation and Performance – Proceedings of the 31st eCAADe Conference*, v. 2, p. 705-714, set 2013.

MONTANER, J. M. *Do diagrama às experiências, rumo a uma arquitetura de ação*. São Paulo: Gustavo Gilli, 2017.

MOREIRA, V. M. L. Lúcio Costa e a "arquitetura social". *Dimensões - Revista de História da UFES*, n. 4, 1995.

MORORÓ, M. S. D. M.; PEQUENO, L. R. B.; CARDOSO, D. R. Habitação progressiva autoconstruída: caracterização morfológica com uso da gramática da forma. *Arquitetura revista*, v. 11, p. 76-92, 2016. ISSN 2.

MORORÓ, M. S. D. M.; PEQUENO, L. R. B.; CARDOSO, D. R. Habitação progressiva autoconstruída: caracterização morfológica com uso da gramática da forma.. *Arquitetura Revista*, v. 11, n. 2, p. 76-92, 2016.

NARDELLI, E. S. Arquitetura e projeto na era digital. *arquiteturarevista*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 28-36, jan/jun 2007.

NATIVIDADE, V.; VENTURA, A. Arquitetura Algorítmica. Uma abordagem conceitual. *Proceedings of the 13th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics*, 2009. 315-317.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Arquitetos atacam plantas do "Minha Casa", São Paulo, 26 junho 2009. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,arquitetos-atacam-plantas-do-minha-casa,393260>>. Acesso em: 10 outubro 2018.

OLIVER, P. *Dwellings: the House across the World*. Oxford: Phaldon Press Ltd, 1987.

OS, H. W. A. V.; HERBER, R.; SCHOLTENS, B. Designing a Decision Support System for Subsurface Activities - Meta analysis of the design of a social acceptan. *Procedia Environmental Sciences*, v. 2014, p. 12-19, 2014.

OTERO, R. *Habitação e Cidade*. São Paulo: [Aula pré-inaugural do curso Habitação e Cidade], 2013. Disponível em: <<http://escoladacidade.org/bau/ruben-otero-habitacao-cidade/>>.

PALERMO, C. et al. *Habitação Social: Uma Visão Projetual*. IV Colóquio de Pesquisas em Habitação - Coordenação Modular e Mutabilidade. [S.l.]: [s.n.]. 2007.

PEQUENO, L. R. B.; ROSA, S. V. *Inserção urbana e segregação espacial: análise do Programa Minha Casa Minha Vida em Fortaleza*. Anais do XVI ENANPUR - Espaço, Planejamento & Insurgências. Belo Horizonte: [s.n.]. 2015.

PESSOA, D. F. Estudo da produção de HIS e HMP nas ZEIS da suprbreiteira ad Lapa, município de São Paulo, a partir do PDE de 2002. *Pós - Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP*, São Paulo, p. 50-60, 2009. ISSN 26.

POLETO, S. K. M. *Referências europeias de arquitetura e urbanismo nas origens da produção de habitação de interesse social no Brasil (1930-1964)*. Universidade de São Paulo: Tese de Doutorado, 2011.

RIGH, T.; CELANI, G. *Esboços na Era Digital - Uma discussão sobre as mudanças na metodologia do projeto arquitetônico*. Congresso Iberoamericano de gráfica digital SIGRADI. Havana, Cuba: [s.n.]. 2008.

ROSA, V. M. D. et al. Tomada de decisão racional em experencial no projeto de produtos. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 75-83, 2018. ISSN <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i1.137621>.

ROSSBACH, A. Políticas e Programas Nacionais - Caso Brasileiro. *Aula do Curso de Pós Graduação - Habitação e Cidade - Escola da Cidade*, São Paulo, 13 maio 2015.

RUBIN, G. R. Movimento Moderno e habitação social no Brasil. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 2, p. 57-71, 2013.

SANTOS, M. *A urbanização brasileira*. 5ª. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SCHEEREN, R.; LIMA, D. L. C. O manifesto do Parametricismo: perspectivas acerca de um "novo estilo global" para o design da arquitetura e do urbanismo.. *VIRUS*, n. 11 [online] , São Carlos, 2015.

SCHUMACHER, P. *Parametricism as Style-Parametricist Manifesto*. 11th Architecture Biennale. Veneza: [s.n.]. 2008. p. 17-20.

SIMMONS, W. L. *A framework for decision support in systems architecting*. Tese de doutorado, Massachussets Institute of Technology, 2008.

SIMON, H. A. *The new science of management decision*. 3^a. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Halls, 1977.

SINDUSCON. *Custos unitários básicos de construção - MA - Setembro de 2018*. Sindicato das Indústrias de Construção Civil. [S.I.]. 2018.

SÖRSTEDT, C. *Diagram: 1931 Solstudier*. Disponível em <https://representation3.blogspot.com.br/2013/09/diagram-1931-solstudier.html>. Acesso em 10 de janeiro de 2018.: [s.n.], 2013.

STINY, G. Ice-ray: a note on Chinese lattice designs. *Environment and Planning B*, v. 4, p. 89-98, 1977.

TALEB, H.; MUSLEH, M. A. Applying urban parametric design optimization processes to a hot climate: case study of the UA. *Sustainable Cities and Society*, v. 14, p. 236-253, 2015.

THE ART MINUTE. *Frank Gehry, Guggenheim Museum, Bilbao, Spain, 1992-1997, Photo by Ardferrn*. Disponível em <http://www.the-art-minute.com/bilbao-3/>: [s.n.], 2013.

VASSÃO, C. A. Design and Politics: Metadesign for social change. *Strategic Design Research Journal*, v. 10, n. 2, p. 144, 2017.

VAZ, C. E. V. *As linguagens compositivas de Roberto Burle Marx: aplicação e caracterização pela gramática da forma*. Unicamp. [S.I.]. 2009.

VILLAÇA, F. *O que todo cidadão precisa saber sobre habitação*. São Paulo: Global, 1986.

YUAN, P. Parametric Regionalism. *Architectural Design*, p. 92-99, 2016.