

TEMA B: Novos Modos de Habitar e Habitação de Interesse Social – da conceção aos casos de referência

DESIGN ARQUITECTÓNICO ORIENTADO POR DADOS SOCIOLÓGICOS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL



Igor Lacroix ^a

Paulo Eduardo Fonseca de Campos ^b

José Pedro Sousa ^c

a: Arquitecto e Urbanista, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, igorlacroix@usp.br

b: Arquitecto e Urbanista, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, pfonseca@usp.br

c: Arquitecto e Urbanista, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto – FAUP, jsousa@arq.up.pt

Resumo:

O presente artigo trata da participação do morador como agente de projeto na produção da habitação de interesse social, tema que constituiu objeto de investigações prévias dos autores, ao considerarem o Serviço de Apoio Ambulatório Local (SAAL) como principal referência de estudos. Há uma complementaridade das investigações em referência, no que concerne ao SAAL, segundo uma abordagem desenvolvida por meio da sociologia e da tecnologia.

Destaca-se, inicialmente, a maneira precursora como o próprio SAAL, a partir de um extenso estudo interdisciplinar sobre habitação, desenvolvido no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), coordenado por Nuno Portas, nas décadas de 1960 e 1970, converte-se em um exemplo válido e atual. Inclusive para o contexto brasileiro, devido ao caráter revolucionário do serviço em relação ao cenário político associado à Revolução dos Cravos e, conseqüentemente, às mudanças sociais ocorridas em Portugal, a partir de 25 de Abril de 1974. Neste sentido, toma-se o estudo mencionado do LNEC como fundamento da presente reflexão, ao se buscar compreender o seu papel essencial para a consolidação do SAAL.

No entanto, persiste a questão recorrente, e que não quer calar, no que se refere à possibilidade de uma maior personalização da habitação de interesse social.

Programas brasileiros como o “Minha Casa, Minha Vida”, por exemplo, ainda não conseguiram equacionar satisfatoriamente o problema da excessiva padronização tipológica das unidades habitacionais e sua implantação, em cuja execução, pode-se dizer, ainda predomina uma visão produtivista, focada na quantidade, em detrimento da qualidade arquitectónica e urbanística dos empreendimentos.

Frente a isso, o presente artigo discorre sobre a alternativa de desenvolvimento de ferramentas computacionais capazes de integrar as múltiplas e complexas variáveis envolvidas no processo projetual da habitação, por meio de um sistema digital de integração de dados para otimizar a tarefa do projetista ou designer. Vislumbra-se com isso, poder contribuir na qualidade arquitectónica e de vida dos habitantes, na medida em que a personalização da habitação estaria associada ao processamento dos dados sociológicos da comunidade destinatária dos empreendimentos.

O interesse equitativo de utilização da inteligência artificial para auxiliar na integração de dados, inspirado nos estudos pioneiros do LNEC, é hoje questionável pela falta de credibilidade dessa tecnologia em um cenário de deterioração das relações humanas e meio-ambientais, em escala planetária. Portanto, faz-se necessário um posicionamento ético, ou deontológico, para esse tipo de aplicação das novas tecnologias digitais.

Propõe-se, ao final, uma discussão a respeito do uso da inteligência artificial em benefício da prática de projeto e construção da habitação de interesse social, cujo objetivo principal é apresentar um escopo de aplicação tecnológica que insira o morador como agente no processo de projeto e produção da habitação. Especificamente, assume-se a questão ética como fundamento indispensável para a aplicação das novas tecnologias digitais, de forma comprometida a melhorar a qualidade da habitação, em benefício do seu respetivo morador.

REFERÊNCIAS

- Fonseca de Campos PE. *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 livre-docência, Universidade de São Paulo (FAUUSP), São Paulo, 2016.
- Fonseca de Campos PE. *Mediações sensíveis do habitar a cidade: arquitetura participativa e os ecos do Processo SAAL-Serviço de Apoio Ambulatório Local (Portugal, 1975 - 1976)*, Relatório Científico, São Paulo, FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2019.
- Lacroix I, Lopes GF, Sousa JP. “Integrating sociological survey and algorithmic modeling for low-cost housing”, *Towards a new, configurable architecture – Proceedings of the 39th eCAADe Conference*, Novi Sad, Serbia, pp. 445-454, 8-10 September 2021.
- Lacroix I, et al. “Connecting the Portuguese system of evolutive housing with building information modeling: from analogical to digital methods”, *International Journal of Architectural Computing (IJAC) Special Issue eCAADe 2022*, 20(4), pp. 801-816, 2022.
- Lacroix I, Güzelci OZ, Sousa JP. “Evolutive dataset for social housing design projects

through artificial intelligence: from pixel to BIM through deep learning”, *Digital Design Reconsidered – Proceedings of the 41st eCAADe Conference*, Graz, Austria, pp. 629-638, 20-22 September 2023.

Ruiz MG, Puente M. *La ciudad en disputa. Experimentos colectivos en torno a la vivienda social en el sur de Europa (1949-1976)*, 2023. Disponível em: <https://ajuntament.barcelona.cat/lavirreina/es/exposiciones/la-ciudad-en-disputa/659> (último acesso em: 28/06/2024).

Palavras-chave: habitação de interesse social, levantamento sociológico, processos participativos, design arquitectónico, inteligência artificial.

1. Introdução

A criação do Serviço de Apoio Ambulatório Local (SAAL), na virada democrática de Portugal, fundamentou-se em uma investigação de mais de uma década no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), de Lisboa. Essa investigação previu diretrizes consideradas fundamentais pelo programa de habitação português, tais como a participação dos habitantes como agentes do processo de produção de habitação de interesse social, a característica evolutiva da construção da habitação e a sistematização de métodos de projeto.

Porém, a historiografia sobre a ligação do programa com a investigação laboratorial anterior, ocorrida nas décadas de 1960 e 1970, ainda é escassa para o contexto internacional de ensino de arquitetura e urbanismo. Essa ligação foi dada a conhecer pelo arquitecto Nuno Portas e a equipe que coordenou no LNEC nesse período, e esclarece o impacto que o laboratório, efetivamente, teve na criação de políticas públicas inovadoras na área de habitação. A isso, associa-se o caráter catalisador do SAAL, que transformou o cenário habitacional na transição da ditadura para uma conjuntura democrática, em Portugal, onde os movimentos sociais poderiam alcançar um maior protagonismo e autonomia.

Por meio de suas investigações de pós-doutoramento, dois dos autores do presente artigo reforçam o recorte histórico mencionado, o que permite inovar no contexto do que se acredita ser uma tradição da arquitetura portuguesa. Parte-se, inicialmente, de uma investigação sobre processos participativos em produção habitacional, ao se tomar como caso de estudo o SAAL [1]. Depois, observa-se como as diretrizes do SAAL foram previamente sistematizadas por processos computacionais no LNEC [2]. Assim, este artigo procura contribuir na sistematização de um método de projeto fundamentado em dados sociológicos para o design arquitectónico de habitação de interesse social, em continuidade à investigação precursora do LNEC.

Trata-se de apresentar o contexto histórico em questão para exemplificar um programa habitacional que pode ser desenvolvido em outras localidades e regiões do planeta. Especificamente no Brasil, pelo caráter revolucionário do SAAL [3], relacionado à Revolução dos Cravos, é um programa de referência para abordar uma dificuldade evidente dos programas brasileiros, quanto à falta de atendimento personalizado às necessidades individuais e familiares.

Para tanto, analisa-se a investigação sobre habitação ocorrida no LNEC, ao correlacioná-la com os resultados obtidos pelo SAAL, principalmente seu caráter participativo, ou seja, de inclusão do habitante no processo de produção, desde o projeto até a obra da habitação. Neste sentido, o presente estudo aborda o recorte histórico mencionado de forma propositiva, ao atualizar processos computacionais analógicos,

desenvolvidos entre os anos de 1965 e 1972, em um instrumento digital de projeto [4], ou aplicação de projeto.

A intenção é auxiliar na manutenção da qualidade arquitectónica da habitação, ao incorporar metodologias do desenho industrial para alcançar a variabilidade que o trabalho de personalização requer. Um objetivo ainda a ser atingido e cuja proposta é assumir a inteligência artificial (IA) como assistente do processo de projeto, ao se alinhar com a decisão que o próprio LNEC assumiu na época, mesmo com recursos incipientes. Atualmente, há tecnologias digitais disponíveis que facilitam as aplicações em nível de design e arquitectura, e, neste caso específico, a desconfiança no uso da IA, devido a uma série de fatores a serem discutidos, pode ser reconsiderada. A sociologia da habitação [5], desenvolvida por Paul-Henry Chombart de Lauwe, foi uma das principais referências para a investigação do LNEC e pode ainda indicar a orientação filosófica que possibilita o uso deontológico da tecnologia. Além disso, há um desdobramento específico na área de IA [6], por meio do trabalho de Luis Moniz Pereira, um dos colaboradores de Portas, na década de 1970, que corrobora o direcionamento deontológico para tratar da produção de habitação.

É possível perceber uma conjuntura para fundamentar uma aplicação benéfica socialmente, ao se amparar uma hipótese prática em uma tal base teórica. Uma aplicação descentralizada e sem fins lucrativos, que possa se desenvolver ao longo do tempo e em benefício dos moradores de habitação de interesse social.

O artigo está estruturado em cinco secções. Após a introdução, apresenta-se o contexto histórico da investigação sobre habitação do LNEC até a aplicação do SAAL. Há, então, uma secção sobre os métodos da proposta, onde se abordam os processos de digitalização e os desdobramentos realizados em continuidade à investigação referida. Na sequência, há uma discussão sobre o uso de tecnologia de IA e as controvérsias a ela associadas. Por último, são apresentadas algumas considerações finais sobre o objeto de estudo e a sua respetiva problemática.

2. Recorte histórico

Há diferentes programas que valorizaram a participação do habitante no processo produtivo. O *Byker Wall*, projetado por Ralph Erskine, em Newcastle upon Tyne, na Inglaterra, é um exemplo de sucesso, na sequência de vários projetos de habitação social em edifícios altos – as chamadas *Tower Blocks*, construídas no Reino Unido, várias delas, atualmente, demolidas [7].

Outro exemplo são as cooperativas de habitação por ajuda mútua do Uruguai, assessoradas, oficialmente, por um corpo técnico multidisciplinar, constituído por arquitectos, engenheiros, advogados, entre outros profissionais. Benjamín Nahoum fez um balanço da atuação dessas cooperativas de habitação, criadas entre o final dos anos 1960 e o início da década de 1970 [8]. Com isso, gerou um modelo posteriormente replicado em vários programas habitacionais brasileiros, os quais resultaram na construção de milhares de unidades habitacionais no início dos anos 1990, tanto por iniciativa do governo municipal de São Paulo como, posteriormente, da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) do Estado de São Paulo.

Porém, na historiografia da arquitectura e do urbanismo, o SAAL representa um marco singular na valorização dos habitantes como agentes de um programa habitacional de alta qualidade arquitectónica. São várias as qualidades concentradas no SAAL, atreladas a um contexto político revolucionário. Desse contexto, deriva uma imagem heroica do programa habitacional português, difundida nas escolas de arquitectura em todo o mundo.

O SAAL é muito estudado, mas de onde vêm as ideias que estruturaram as suas ações? É uma pergunta que pode ter uma resposta evidente no contexto do ensino de arquitectura e urbanismo em Portugal, mas nem sempre é assim no contexto internacional. Essa resposta, por certo, está ligada ao trabalho do arquitecto Nuno Portas, cuja referência mais proeminente sobre o assunto é uma investigação em nível de doutoramento, que trata do percurso profissional de Portas até o SAAL [9].

Talvez, o próprio Portas não seja tão conhecido, internacionalmente, quanto o programa que ajudou a criar, e em cuja fundamentação trabalhou constantemente para constituir, por meio de investigação científica e durante mais de uma década, sem imaginar que suas conceções seriam aplicadas desta forma ao SAAL. Em todo caso, foi essa investigação que estruturou as várias diretrizes do SAAL, estabelecidas por Portas, posteriormente, enquanto Secretário de Estado da Habitação e Urbanismo, dos três Governos Provisórios, de 1974 a 1976.

Foi um programa de curta duração, mas que se distribuiu, pontualmente, por todo território português. O principal documento sobre o programa é o Livro Branco do SAAL [10] onde as informações reais, sobre os acontecimentos do programa, foram registadas. Depois, uma das principais referências sobre o SAAL é a tese de doutoramento de José António Bandeirinha com a organização de todos os projetos e obras do SAAL [11]. Recentemente, foi defendida uma tese de doutoramento com investigação focada no SAAL ocorrido na cidade do Porto e que refere os principais estudos desenvolvidos pela investigação em habitação do LNEC [12].

A principal diretriz do SAAL é o carácter participativo do processo de produção de habitação, inclusivo do habitante. Algo que foi sistematizado em um processo computacional analógico [13] na investigação do LNEC. Depois, há a sistematização evolutiva da construção da habitação [14], um sistema elaborado por Portas e sua equipe no LNEC, e que equaciona um planeamento económico para a construção da habitação entre o habitante e o governo. Há, ainda, uma sistematização para o atendimento técnico em habitação de interesse social, que procura otimizar o trabalho do projetista por meio de métodos computacionais [15].

Foi um período em que não havia legislação específica e os métodos foram desenvolvidos laboratorialmente, qualificados por investigação científica. As proposições de Portas foram sistematicamente elaboradas, porém com os recursos da época. Depois houve atualizações do conteúdo desenvolvido no LNEC, uma delas é uma investigação em nível de doutoramento sobre habitação evolutiva que faz referência à ligação entre LNEC e SAAL, por meio do trabalho de Nuno Portas [16].

A valorização do vínculo existente entre a investigação sobre habitação ocorrida no LNEC e a criação e implementação do SAAL deve ganhar força e pode abrir novas possibilidades de investigação. Tanto no âmbito teórico e historiográfico quanto no âmbito das aplicações tecnológicas, há frentes de investigação para os interessados em estudar habitação de interesse social.

Nuno Portas organizou uma investigação que ligou sociologia e arquitectura, no cerne do conceito de habitação social, mas com interdisciplinaridade, ao explorar diversos aspetos do problema habitacional português. Pretende-se prosseguir na atualização dessas metas originais.

3. Métodos

Há um aspeto específico da investigação sobre habitação do LNEC que é o uso da computação para sistematizar o projeto arquitectónico. Portas estava preocupado com o atendimento técnico ao se manter atento a processos inovadores que pudessem desenvolver os métodos de projeção.

Uma das primeiras iniciativas ocorreu com a colaboração do arquitecto Alexandre Alves Costa, entre 1965 e 1966, com um método computacional analógico [13], publicado em relatório científico. A ideia foi vincular as informações dos habitantes, obtidas por levantamento sociológico, com a computação analógica para escolher um tipo ideal de habitação, a partir de dados tipológicos.

Depois, outra importante ação foi a colaboração de Luís Moniz Pereira e Luís Monteiro, com o relatório publicado em 1972 [15]. A intenção foi gerar soluções funcionais a partir da teoria de grafos, com uma menção à IA. Um estudo que se desdobrou na tese de doutoramento de Pereira, na Universidade de Brunel, em Londres, orientado por Gordon Pask, que foi precursora na área de IA, publicada em 1974.

Ambos estudos referidos procuraram sistematizar os processos de projeto arquitectónico, ao manterem suas características essenciais. O primeiro estudo referido, relacionado ao aspeto participativo, conjugou o levantamento sociológico como parte da racionalização do projeto, por meio de computação analógica. O segundo estudo relacionado aos aspetos funcionais, da divisão dos ambientes em uma habitação, propôs a geração de plantas por meio de uma tecnologia de IA emergente na época, matematicamente calculada.

Neste sentido, a contribuição da presente investigação foi, originalmente, na digitalização desses sistemas, ao se considerar um método de programação a ser descrito na próxima secção. Com o avanço do trabalho e a atual conexão com a investigação sobre a intersecção entre design e arquitectura, vislumbrou-se a possibilidade de derivar um método de projeto vinculado a processos de desenho industrial. Consequentemente, possibilitaria organizar uma cadeia produtiva digital até, de fato, a fabricação digital de partes e componentes da habitação.

3.1 Método de conjuntos de programação

Há um trabalho sobre o método de conjuntos de programação, ou *ensemble methods*, que é referência sobre o assunto de modelação tridimensional a partir de pixels de imagens [17]. Tal metodologia orientou a organização do processo de digitalização de dois relatórios científicos do LNEC, resultantes das investigações referidas anteriormente.

3.1.1 Relatório LNEC 1966

O trabalho de Alves Costa foi digitalizado como a primeira parte de um modelo algorítmico, onde há uma participação do possível habitante, por meio de um formulário disponível online [18]. Ao responder o formulário, o algoritmo escolhe uma ou mais plantas correspondentes às necessidades habitacionais de um indivíduo ou uma família. Esse relatório do LNEC é dividido em quatro subsecções: introdução, questionário, processamento de informações e aplicações, e tem um anexo. A primeira subsecção começa com a introdução do método “informar, programar, racionalizar” [13].

No relatório do LNEC de 1966, “informar” refere-se aos levantamentos sociológicos sobre as expectativas e exigências dos moradores para suas próprias residências, ou seja, a coleta de dados antropométricos e de uso do espaço, ao considerar a interação com programas governamentais de habitação social. Como outra etapa do método, “programa” corresponde à fase computacional que fornece a solução arquitectónica mais adequada (tipo de habitação) de acordo com as respostas obtidas na investigação sociológica. A fase “programa” é aplicada ao banco de dados do tipo de habitação como um instrumento analítico para auxiliar na visualização de informações relacionadas às 117 plantas de habitação desenhadas por Alves Costa. Finalmente, “racionalizar” por

meio de um processo de análise baseado em gráficos e esquemas que podem informar uma melhor solução de habitação, ao aplicar métodos sistemáticos para alcançar soluções de projeto de habitação.

Como segunda subsecção do relatório do LNEC de 1966, o questionário descreve as características necessárias para analisar a célula habitacional ou atribui um código de qualificação a um grupo escolhido de tipos de habitação social. A intenção foi de integrar um sistema para medir a satisfação dos habitantes com habitações selecionadas, desenvolvidas na época, por exemplo, pelos programas INA-Casa na Itália, HLM na França e ICESA em Portugal. O objetivo foi desenvolver um processo de prospecção de tipos de habitação por meio de um processo de análise comparativa. Então, procurava-se converter descrições de habitações em perguntas que classificariam a tipologia e, conseqüentemente, tornariam possível programar as informações em um banco de dados acessível para análise. Quatro grupos dividem as perguntas: classificação tipológica; análise funcional; inter-relações, comunicação, separação funcional; e relação exterior.

A subsecção de processamento de informações fornece uma explicação abrangente da álgebra de Boole e sua aplicação para a construção de matrizes. Explica a intersecção e adição de matrizes e como cada questão do questionário fornece uma resposta de múltipla escolha: negativa, positiva e neutra, código binário básico, matematicamente entendido como 0, 1 e 2, respetivamente, no caso de resposta neutra que atribui características diferenciais para cada tipo. O inquérito sociológico reuniu 259 questões binárias. Os níveis das demandas foram classificados como estritamente necessário, necessário e desejável. Mesmo que o questionário original contenha 259 questões, foram consideradas apenas 224 questões para análise tipológica, porque as últimas 35 questões são improváveis de obter informações, uma vez que descrevem características externas das moradias. As questões foram organizadas em 26 grupos divididos em temas como a área da habitação, número de quartos, programa funcional, relacionamento entre áreas funcionais e outros. Em essência, as questões descrevem cada planta com um código binário, o que resulta em um procedimento computacional simples, mas eficiente para análise de dados.

A subsecção de aplicação avalia o projeto arquitectónico, ao procurar transformar uma proposição inicial e mais ampla em uma solução mais bem definida, adequada a várias restrições, com composição interna funcional e relacionamento entre áreas. Conforme mostrado na Figura 1, o tipo 52 foi selecionado para ilustrar um processo de análise por meio de esquemas desde a circulação entre espaços, a conexão entre espaços, áreas de espaços e respetivas relações hierárquicas, até chegar a uma síntese que possa expressar semelhanças entre os tipos.

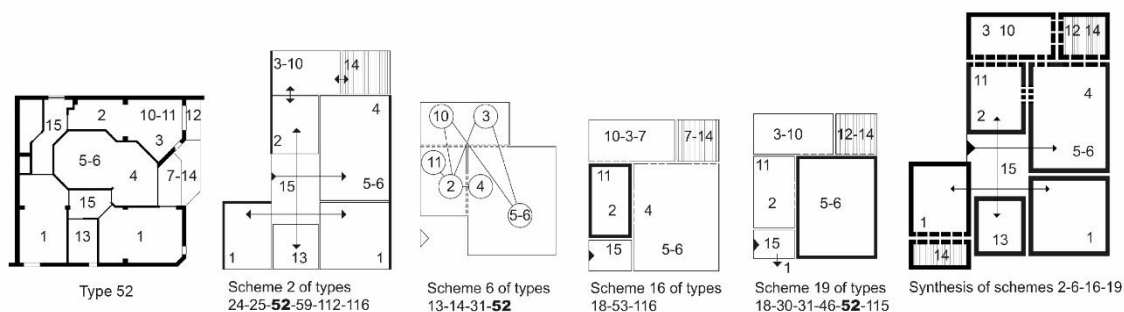


Fig. 1: Esquemas e análise tipológica por Alves Costa (desenvolvido pelos autores).

Quinze funções completam a célula habitacional: 1 - área de dormir; 2 - preparação de alimentos; 3 - refeitório comum; 4 - refeitório especial; 5 - área de estar geral; 6 - área

de estar para hóspedes; 7 - área de lazer para crianças; 8 - sala de estudo para jovens; 9 - local de trabalho para adultos; 10a - passagem de roupas; 10b - costura de roupas; 11 - lavagem de roupas; 12 - secagem de roupas; 13 - espaço de higiene pessoal; 14 - espaço de estar externo; 15a - zona de separação ou comunicação entre interior e exterior; 15b - zona de separação ou comunicação dentro do interior.

Alves Costa apresentou os testes que possibilitaram a racionalização arquitectónica dos tipos mais adequados, dado o banco de dados reunido, por meio de gráficos e esquemas que facilitam a visualização da planta da habitação. O arquitecto racionalizou seis esquemas que melhor sintetizariam as soluções arquitectónicas em tipos bem definidos (Figura 2).

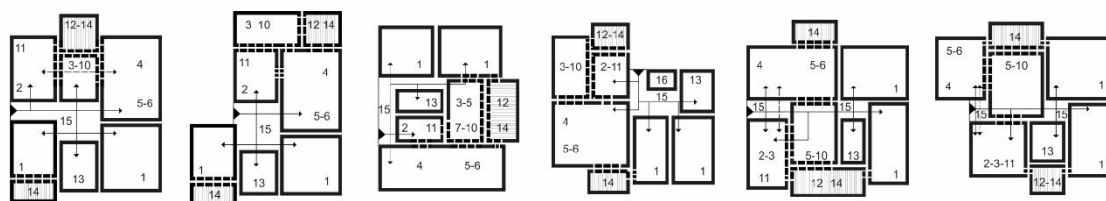


Fig. 2: Tipos racionalizados desenhados por Alves Costa (desenvolvido pelos autores).

Alves Costa correlacionou as possíveis respostas coletadas do inquérito sociológico com um banco de dados de 117 plantas de habitação por meio de uma matriz artesanal que contém informações binárias distribuídas em 259 linhas do questionário (dados sociológicos) e 117 colunas do banco de dados de plantas de habitação (dados arquitectónicos). Esse conteúdo foi distribuído artesanalmente em 5 matrizes de formato A4 estendido, a primeira das quais é apresentada na Figura 3, e compõe o anexo da primeira parte do relatório do LNEC de 1966, juntamente com informações adicionais para melhor compreensão de seu conteúdo.

Fig. 3: Matriz artesanal, feita por Alves Costa, com informação binária de cada tipo (colunas) de acordo com o questionário (linhas).

Assim, instrumentalizou-se uma teoria de aplicação de processos participativos em arquitectura, ao se vincular uma base de dados sociológicos com uma base de dados tipológicos de habitação social. De acordo com o relato do próprio Alves Costa, a matriz serviria para análise visual dos dados, uma vez que o processamento dos dados por meio computacional não chegou a ser realizado, na época. Consequentemente, no

SAAL, o levantamento sociológico ocorreu por meio de entrevistas e assembleias, diretamente, com a presença dos habitantes e famílias que foram atendidas pelo programa.

3.1.2 Relatório LNEC 1972

O trabalho de Pereira foi considerado diante das tecnologias atuais, ao se manter aspetos estruturais da investigação original, como a ideia de otimizar o processo de projeto, por meio de alinhamento com a investigação sobre IA. Assim, ao invés de trabalhar com a teoria de grafos, escolheu-se a visão computacional para reconhecer padrões em plantas de habitações. A partir daí, a segunda parte do modelo algorítmico gera modelos BIM automaticamente, a partir de informações dos pixels das imagens geradas pela IA [4], ao invés de programar impressões esquemáticas das divisões dos ambientes da habitação, em formato de planta, conforme a investigação original.

Em 1972, Luís Moniz Pereira, Luís Fernando Lopes Monteiro e Nuno Portas relataram a segunda ação de desenvolvimento de um sistema computacional para auxiliar no projeto de habitação social, que consistiu em programar o projeto computadorizado de esquemas de *layout* com base em gráficos de funções domésticas e relações entre si [15]. O estudo deu continuidade ao trabalho desenvolvido por Portas e Alves Costa, anteriormente, para identificar relações funcionais dentro da habitação, por meio de esquemas gráficos dos padrões comportamentais investigados.

A ideia principal era usar um método de projeto computacional baseado em gráficos que pudesse gerar *layouts* de habitação por meio de informações geométricas derivadas de gráficos funcionais. O escopo do estudo foi a representação de espaços em projeções horizontais e geometrias ortogonais, ao verificar prescrições de adjacência entre compartimentos. O objetivo era aproximar o computador da manipulação e representação de arranjos de espaço e aproximar o designer da explicitação de seus métodos de resolução de problemas espaciais.

O processo de derivação foi baseado em um procedimento matemático que sobrepõe um gráfico funcional de um tipo de habitação e uma prescrição de adjacência a ser codificada com informações de ortogonalidade (Figura 4(a)). O gráfico funcional contém números relacionados aos espaços de habitação conectados por linhas que são marcadas com “H” para aquelas linhas que serão impressas horizontalmente no gráfico de derivação e “V” para aquelas que serão impressas verticalmente (Figura 4(b)). A prescrição de adjacência é obtida pela seleção de centroides dos polígonos do gráfico funcional para conectar linhas entre eles que serão programadas com a marcação ortogonal anterior (Figura 4(c)). Finalmente, os procedimentos derivam um esquema de *layout* e imprimem as linhas do gráfico de adjacência de acordo com suas respectivas informações ortogonais (Figura 4(d)).

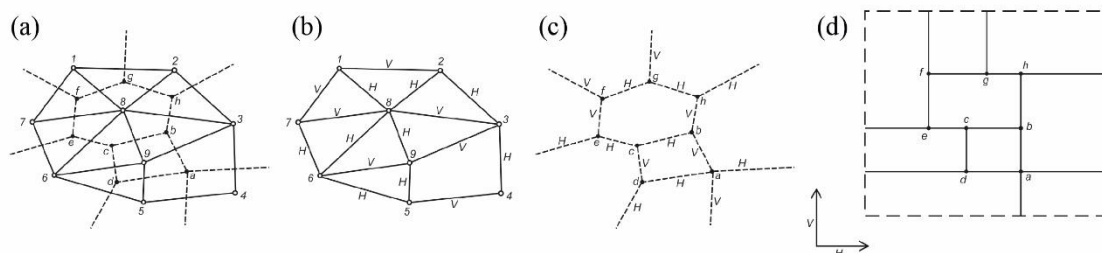


Fig. 4: Processo de derivação de esquema de *layout*, por Pereira e Monteiro (desenvolvido pelos autores).

O relatório LNEC 1972 fornece uma definição abrangente dos tipos de gráficos e suas organizações e explica que o processo de derivação das projeções ortogonais ocorre a partir das relações abstratas de adjacências entre espaços e que elas não levam em consideração as áreas e dimensões dos ambientes considerados. A programação se refere a duas etapas, o reconhecimento das geometrias dos gráficos para a derivação do *layout* espacial que ocorreu pelo processamento de fitas magnéticas e a impressão dessas soluções, primeiro pela programação de plotter e depois pela programação de impressora de linha (Figura 5), que foi considerada mais eficiente. Os autores deixaram claro o alinhamento com a investigação em inteligência artificial como um possível desenvolvimento.

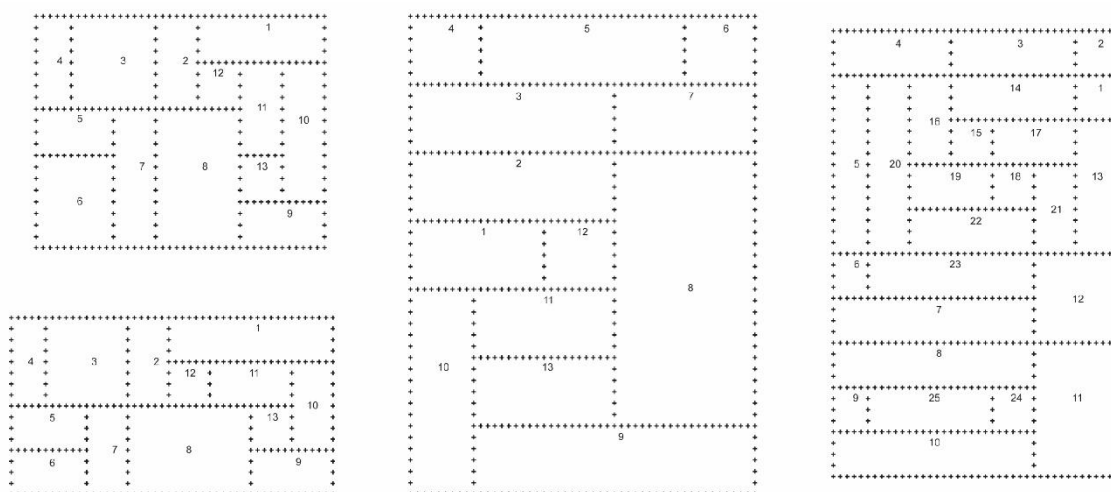


Fig. 5: Resultados dos processos de derivação de esquemas de *layout* por programação de impressora de linha, por Pereira e Monteiro (desenvolvido pelos autores).

Nesse sentido, o relatório LNEC 1972 procurou continuar a investigação anterior, ao desenhar computacionalmente esquemas de *layout* a partir de gráficos funcionais já obtidos no relatório LNEC 1966, ao utilizar técnicas computacionais analógicas que estavam disponíveis no momento. O presente estudo apresenta um método que integra os objetivos de ambos os relatórios por meio do uso de técnicas digitais disponíveis atualmente.

3.1.3 Base de dados evolutiva para projeto de habitação de interesse social

O resultado desse processo de digitalização foi a constituição de uma base de dados evolutiva, disponível online, que treina a inteligência artificial [4], uma tecnologia que não existia na época da investigação do LNEC. Um primeiro modelo algorítmico seleciona um tipo de habitação de acordo com as respostas do formulário online (Figura 6(a)). Por sua vez, a imagem resultante é utilizada por dois processos de visão computacional, um de detecção de objetos (Figura 6(b)) e outro de segmentação (Figura 6(c)). Daí, um segundo modelo algorítmico gera um modelo BIM diretamente a partir das imagens geradas pela IA treinada. (Figura 6 (d)). Esse processo é constituído por modelação algorítmica na aplicação *Rhinoceros-Grasshopper* e por treinamento dos processos de visão computacional na interface *Google Colab*, por meio de programação em *Python*.

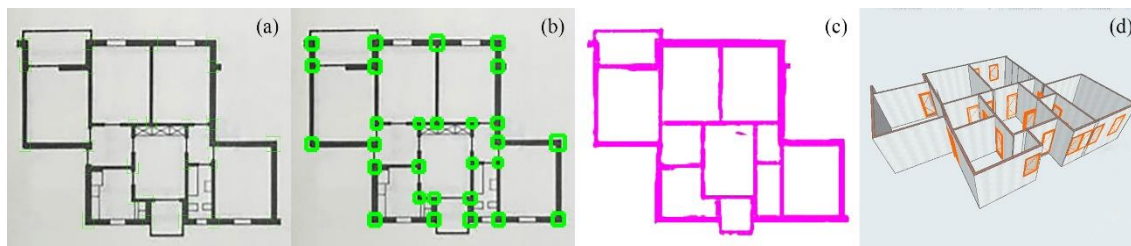


Fig. 6: Conjuntos de programação para processamento de informações sociológica e tipológica para BIM automatizado, a partir de desenho por Alves Costa (desenvolvido pelos autores).

O que faz a ligação entre um algoritmo e outro é a IA que colabora no processo e pode ser retreinada sempre que novas plantas de habitação social forem incorporadas à base de dados. Algo que pode ocorrer descentralizadamente, ou seja, sem depender de uma plataforma online que preste esse serviço.

Portanto, são quatro conjuntos de programação que atuam sequencialmente, em aplicações de modelação tridimensional e interfaces online que podem se tornar cada vez mais acessíveis aos estudantes e profissionais de design e arquitectura. O que demonstra o potencial da aplicação. Além disso, reitera-se que o encadeamento entre ambas as investigações realizadas, originalmente, com seis anos de diferença entre si, também não foi feito na época. Essas duas investigações constituíam-se, ainda, de cálculos separados.

Parte dos procedimentos desta etapa foi a atualização do sistema desenvolvido no LNEC para os padrões sociológicos contemporâneos, uma vez que o estudo original se fundamentou em uma sociologia da década de 1960. Ou seja, foi necessário incluir à base de dados tipológica, exemplos de habitação que consideram aspetos espaciais e ambientais, associados a questões de idade, gênero, raça, etnia, deficiência física, sustentabilidade, equitatividade, inclusividade, entre outras. Consequentemente, acrescentaram-se ao questionário trinta perguntas correspondentes aos trinta novos tipos de habitação, acrescidos à base de dados tipológica. Uma série de perguntas associadas aos aspetos deontológicos da habitação.

3.2 Método de design arquitectónico para habitação de interesse social

A partir desse processo de digitalização pôde-se derivar algo que não foi imaginado na época de Portas no LNEC, uma cadeia produtiva por meio de um sistema digital integrado, desde o projeto até a construção. Quem inicia o processo é o habitante, ao responder uma série de perguntas sobre as funcionalidades da habitação, de acordo com suas características e demandas familiares. Daí, a IA automatiza o processo de modelação BIM de elementos geométricos das paredes, janelas, portas, mobiliário, entre outros elementos que compõem a organização do espaço habitacional.

Essa automatização por meio de IA é essencial para o atendimento de grandes quantidades de indivíduos e famílias, simultaneamente. Por sua vez, o profissional requer um nível de processamento de dados compatível para produção de múltiplas soluções. O que poderia resultar em um processo de construção inclusivo da fabricação digital, de maneira a se alcançar maior automação produtiva e, consequentemente, maior autonomia para o habitante.

O caráter integrativo da produção é característico dos métodos de desenho industrial incorporados ao projeto arquitectónico e sua possível construção. O que difere dos processos standardizados, repetitivos, massivos e sem adequação aos residentes.

Neste sentido, a busca pela qualificação incidiria até mesmo na construtibilidade, em busca de maior sustentabilidade de recursos e utilização consciente de materiais.

Assim, justifica-se um pensamento sobre otimizar um sistema de produção digital de habitação, um método de design arquitectónico orientado por dados sociológicos, estruturado por um processo online e interativo. Tal método derivado de uma investigação precedente, que fundamentou a criação dessa aplicação de projeto assistida por IA.

Esse método se beneficia da base de dados evolutiva para iniciar o projeto em BIM e, posteriormente, pode avançar em processos de simulação, pré-dimensionamento estrutural e fabricação digital. Uma tal possibilidade depende de um trabalho em desenvolvimento.

Apesar dessa dependência, é possível estabelecer uma síntese que se conceitua aqui como design arquitectónico. É um conceito influenciado pelos programas e obras que utilizaram processos participativos para qualificar suas ações. O design vinculado ao caráter etnográfico do método de projeto. Portanto, vincula-se o processo participativo ao projeto de arquitectura, como uma resposta ao problema da qualidade habitacional para os indivíduos ou famílias residentes.

Sequencialmente, as simulações podem ser realizadas para georeferenciamento, conforto térmico e ambiental, a partir dos modelos BIM gerados [19]. É possível aplicar metodologias de sistemas estruturais para pré-dimensionamentos de peças [20]. E há muitas referências para processos integrados de fabricação digital [21]. Todos os exemplos por meio da aplicação *Rhinoceros-Grasshopper*, que possibilita gerar modelos algorítmicos assistidos por outros conjuntos de programação, como *Python*, *C#* e *G-code*, por exemplo. Utilizou-se a mesma aplicação nos processos de digitalização das duas investigações do LNEC, referidas anteriormente.

Neste sentido, o design arquitectónico pode incorporar diferentes cadeias produtivas, a depender das demandas, pelo caráter paramétrico, programado por algoritmos que dialogam entre si e que podem se orientar por diferentes tipos de dados (Figura 7). É uma metodologia avançada, que não é amplamente difundida nas escolas de arquitectura, mas que pode se aprimorar com as novas tecnologias digitais e se tornar mais acessível, em um curto período.

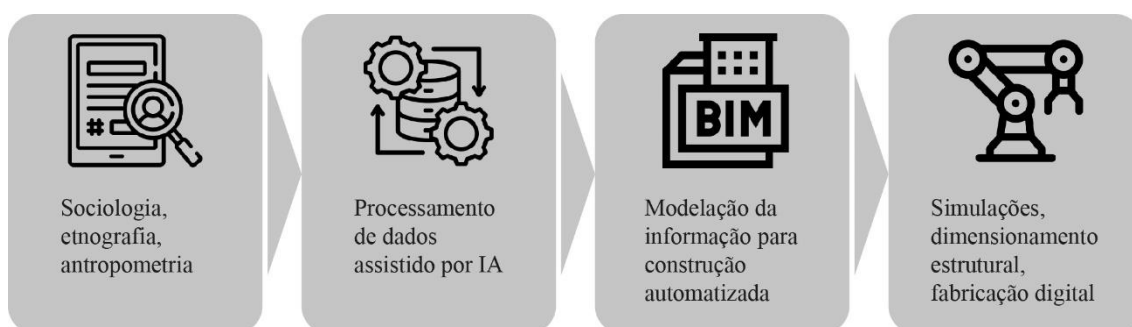


Fig. 7: Design arquitectónico orientado por dados sociológicos para habitação de interesse social.

A síntese da cadeia produtiva, conforme a metodologia descrita anteriormente, é operacionalizada pelos conjuntos de programação que processam as informações sociológicas e tipológicas para automatizar a modelação BIM. A partir daí, a racionalização do projeto de habitação organiza a produção após a modelação tridimensional, tanto para operacionalizar a adaptação da habitação ao clima, quanto sistematizar a fabricação de elementos construtivos por meios computacionais.

4. Discussão sobre inteligência artificial aplicada em design e arquitectura

Porém, o que vincula os dados são tecnologias descredibilizadas. Talvez, na época de Portas no LNEC, a IA fosse uma novidade, algo recém inaugurado na academia. Hoje, é alvo constante de críticas, com a excessiva robotização, ou virtualização, das relações humanas. Críticas que são compreensíveis e que devem ser consideradas, caso a tecnologia queira se desenvolver com responsabilidade.

A IA foi apropriada por corporações que detêm acesso a bases de dados vinculadas à internet, com processamento computacional capaz de operar a *big data*. Porém, isso não quer dizer que outras aplicações não sejam possíveis. A IA é um instrumento tanto quanto uma aplicação de modelação tridimensional para designers e profissionais de arquitectura.

A aplicação deste estudo refere-se à criação de uma cadeia produtiva onde o habitante possa interagir, que otimiza o trabalho do projetista e que é capaz de se desdobrar em um processo construtivo. A IA é apenas uma parte do processo, que automatiza a vinculação do habitante com o início da projeção, ao operar por meio de uma pequena base de dados, mas que pode se desenvolver ao longo do tempo.

De acordo com a revisão necessária para um uso tecnológico mais consciente é preciso que a tecnologia venha imbuída de teorias humanistas que possam colocá-la diante do problema socioeconómico com a devida consciência. No sentido de possibilitar que a tecnologia seja incorporada culturalmente, com aplicações que melhorem as relações existentes [22].

Uma inteligência artificial treinada com uma base de dados fundamentada em documentos históricos de plantas de habitações projetadas ou construídas na Europa. Em diferença às IAs que se tornaram serviços na internet, que usam *big data* e que muitas vezes não se posicionam eticamente quanto à base de dados e as respetivas questões de autoralidade.

Uma IA que foi desenvolvida com cuidado em relação ao que a sociologia contemporânea exige. Mesmo que o mundo permaneça injusto, a sociologia mudou desde a década de 1960 quando o estudo de Alves Costa foi realizado. Foi preciso incluir questões de etariedade, raça, gênero, etnias, diferenças culturais, vulnerabilidades sociais, deficiências, questões de saúde, entre outros fatores que alteraram a sociedade, de maneira geral, desde então.

Durante o período referido, a tecnologia de IA avançou bastante e o estudo de Pereira se desdobrou em diferentes vertentes dentro do campo de investigação, essencialmente, ao organizar uma moral da máquina. Se há uma máquina de morar, ela precisa ser moralmente aceita diante um conjunto de parâmetros sociais e éticos. Pereira aborda uma maneira de utilizar a máquina e os cuidados necessários ao usá-la [6].

Porém, de qual inteligência estamos a tratar, afinal? É artificial, digital, mas de onde vêm os conceitos que caracterizam a inteligência? Vêm do feminismo, do anti-racismo, da não xenofobia, da não homofobia, do anti-colonialismo, do não capitalismo. Uma inteligência orientada para a sustentabilidade, para a equidade e para a inclusividade, que detém um rigor com relação à deontologia da habitação, no sentido sociológico, conforme Portas desenvolveu em ligação à arquitectura.

Portanto, organiza-se uma perspectiva ética para o desenvolvimento de um sistema digital que envolve uma inteligência artificial, dedicada a auxiliar no processo de produção de habitação de interesse social. Assim, procura-se justificar a abordagem deste estudo dentro da historiografia, para além de contribuir no processo de digitalização da investigação do LNEC.

5. Conclusões

O SAAL pode ser compreendido como um serviço no sentido integrativo da metodologia de design [23]. A investigação do LNEC explorou isso, uma vez que uma das influências foram os estudos de Christopher Alexander e seus desdobramentos em metodologias de design, ou *design methods*.

Nuno Portas buscava desenvolver um programa habitacional com um cuidado em relação à situação das pessoas, em colocá-las no lugar humanizado merecido, ou seja, atendê-las diante de décadas de vivência em um regime governamental autocrático. Neste sentido, Portas procurou comprovar suas teorias por meio de cálculos e programações do seu tempo, com os computadores da época.

A opinião de que o problema não está na tecnologia em si, mas na maneira como se apropriam dela, por vezes indiscriminadamente, vem desde Walter Benjamin até Donna Haraway. Em alguns momentos da história, a preocupação sobre os desenvolvimentos tecnológicos na sociedade, tornou-se explícita. Neste sentido, alinha-se à crítica e à teoria que procuram revisar as bases do conhecimento tecnológico em busca de soluções mais integrativas do humanismo.

Chombart de Lauwe respondeu, justamente, à situação do pós-guerra, de reconstrução das cidades europeias. Operou conforme a cultura da época e precisou observar e dialogar para compreender as alterações sofridas pela sociedade, desde então. Neste sentido, as prioridades produtivas, realmente, precisam ser revisadas de acordo com a moral do momento. No entanto, o estudo de Chombart de Lauwe mantém uma estrutura ainda considerada atual, uma vez que permite sua própria revisão.

É preciso operar a deontologia da tecnologia, neste caso de aplicação em habitação de interesse social, ao revisar uma base de dados precursora no reconhecimento deste conceito. É uma questão de alinhamento ideológico e respeito com o possível habitante. O método de design arquitectónico orientado por dados sociológicos para habitação de interesse social propõe uma aplicação tecnológica responsável. Um método operacionalizado por uma tecnologia que possibilita ainda ser desenvolvida, com simulações realizadas após a modelação BIM, como a geração de códigos para fabricação por controle numérico computacional, seja por impressão tridimensional ou corte de componentes.

A instrumentação que se propõe aqui não se limita à construção, mas abrange a renovação de habitação. Também pode incorporar dados para selecionar diferentes tipologias, seja para arrendamento de apartamentos ou nova construção de casas, por exemplo. Assim, é um método que, desde o LNEC, já era capaz de abarcar essa variabilidade, devido a sua estrutura paramétrica.

Todavia, há muito o que se desenvolver, é uma linha de investigação possível, que requer ambos os pré-requisitos, tanto a compreensão teórica e histórica, quanto a prática tecnológica. O pré-requisito teórico com muitos desenvolvimentos já em andamento, o pré-requisito tecnológico com muitas lacunas no processo de digitalização e desenvolvimento da IA.

Referência final

Os autores referem, aqui, que este artigo foi realizado especificamente para o 5.º CIHEL e autorizam a sua publicação nas respetivas atas do congresso.

Referências Bibliográficas

- [1] Fonseca de Campos, PE. *Mediações sensíveis do habitar a cidade: arquitetura participativa e os ecos do Processo SAAL*, Relatório Científico, São Paulo: FA-PESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2019.
- [2] Lacroix I, et al. "Connecting the Portuguese system of evolutive housing with building information modelling: from analogical to digital methods", *International Journal of Architectural Computing (IJAC) Special Issue eCAADe 2022*, 20(4), 801-816, 2022.
- [3] Ruiz MG, Puente M. *La ciudad en disputa. Experimentos colectivos en torno de la vivienda social en el sur de Europa (1949-1976)*, 2023. Disponível em: <https://ajuntament.barcelona.cat/lavirreina/es/exposiciones/la-ciudad-en-disputa/659> (Último acesso: 26/06/2024).
- [4] Lacroix I, Güzelci OZ, Sousa JP. "Evolutive dataset for social housing design projects through artificial intelligence: from pixel to BIM through deep learning", *Proceedings eCAADe 2023*, 801-816, 2023.
- [5] Chombart de Lauwe PH. "Sociologia da habitação: métodos e perspetivas de investigação", *Arquitectura*, 68, 41-50, 1960.
- [6] Pereira LM, Lopes AB. *Machine ethics: from machine moral to the machinery of morality*, Cham: Springer, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39630-5> (Último acesso: 26/06/2024).
- [7] Fonseca de Campos, PE. *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 Livre-Docência, São Paulo, FAUUSP, 2016.
- [8] Nahoum B. "Cuatro décadas de cooperativas de vivienda en Uruguay: cambios y permanencias", *Revista OSERA*, 3, 2010.
- [9] Dias TL. *Teoria e desenho da arquitectura em Portugal, 1956-1974: Nuno Portas e Pedro Vieira de Almeida*, Tese de Doutoramento, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.
- [10] *Livro Branco do SAAL 1974-1976*, Vila Nova de Gaia: Conselho Nacional do SAAL, 1976.
- [11] Bandeirinha JA. *O processo SAAL e a arquitectura no 25 de Abril de 1974*, Tese de Doutoramento, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007.
- [12] Costa AC. *O campo da arquitectura na construção da cidade democrática: Processo SAAL/Porto*, Tese de Doutoramento, Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 2022.
- [13] Alves Costa A, Portas N. *Racionalização de soluções de habitação, partes I e II*, Relatório Científico, Lisboa: LNEC, 1966.
- [14] Dias FS, Portas N. "Habitação evolutiva", *Arquitectura*, 126, 100-121, 1972.
- [15] Pereira LM, Monteiro L, Portas N. *Agrupamento de espaços a partir de grafos de adjacências*, Relatório Científico, Lisboa: LNEC, 1972.
- [16] Carvalho BR. *Proposta metodológica para o desenvolvimento do projeto integrado de habitação evolutiva em Portugal*, Tese de Doutoramento, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [17] Park S, Kim H. "3DPlanNet: generating 3D models from 2D floor plan images using ensemble methods", *Electronics*, 10(22), 1-15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics10222729> (Último acesso: 27/06/2024).
- [18] Lacroix I, Lopes GF, Sousa JP. "Integrating sociological survey with algorithmic modelling for low-cost housing", *Proceedings eCAADe 2021*, 445-454, 2021.

- [19] Maron MA, Góes T. “O algoritmo adicionado ao planeamento urbano e ambiental: otimização multiobjectivo do trecho da Via Transbrasília”, *Paranoá*, 16(36), 1-25, 2023.
- [20] Silva L, Buzar M, Lacroix I. “Dimensioning steel structures with algorithmic-parametric-modeling & BIM at early stages of design process”, *Proceedings SIGraDi 2023*, 337-348, 2023.
- [21] Cuevas DG, Pugliese G. *Advanced 3D printing with Grasshopper, Clay and FDM*, Publicação independente, 2020. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=2nGzzQEACAAJ> (Último acesso: 27/06/2024).
- [22] Kulesz O. “Cultura, máquinas e plataformas: o impacto da inteligência artificial na diversidade de expressões culturais”, *Inteligência artificial e cultura: perspectivas para a diversidade cultural na era digital*, São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2022.
- [23] Stickdorn M. *This is service design thinking. Basics – Tools – Cases*, Amsterdam: BIS Publishers, 2011.

Notas Biográficas

Igor Lacroix (Brasília, Brasil, 1981) é Professor Doutor na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), onde participa do Grupo de Disciplinas de Desenho Industrial (GDDI) na intersecção entre design e arquitectura. Desenvolve pesquisa sobre deposição a laser de arame metálico no Grupo de Inovação em Automação Industrial (GIAI) do Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica (ENM) da Universidade de Brasília (UnB). É investigador do Digital Fabrication Laboratory (DFL) da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (FAUP).

Paulo Eduardo Fonseca de Campos (Santos, Brasil, 1958) é Professor Associado Sênior da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) e Professor Convidado do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT). Coordenou o Grupo de Pesquisa DIGI-FAB - Tecnologias de manufatura digital aplicadas à produção de Design e Arquitetura Contemporânea (2011 - 2018). Foi Professor Convidado no Departamento de Arquitetura da Universidade de Coimbra, Portugal (2018-2019). Pesquisador visitante na Escola de Arquitetura, Planejamento e Paisagismo da Universidade de Newcastle/Reino Unido (2014-2015). Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela PUC-Campinas (1981). Mestre em Engenharia Civil e Urbana pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1989). Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela FAUUSP (2002). Professor Associado da FAUUSP (2016). Membro titular do Comitê Nacional de Desenvolvimento Tecnológico para Habitação (CTECH) – Ministério das Cidades do Brasil (2007 - 2015). Consultor de Tecnologia Habitacional do PNUD-Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2006 - 2007).

José Pedro Sousa (Porto, Portugal, 1976) é Professor Associado na Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (FAUP), onde fundou e dirige o grupo de investigação do Digital Fabrication Laboratory (DFL). Os seus interesses de ensino e investigação centram-se na exploração do impacto da transformação digital no pensamento, projeto e construção em arquitectura. Atualmente, é membro da High-Level Roundtable da New European Bauhaus.