ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

A vitalidade do Regionalismo Crítico nos processos de Fabricação Digital: paralelos entre o Brasil e o Sul Global

The vitality of Critical Regionalism in Computer-Aided Manufacturing processes: parallels between Brazil and the Global South

Tiago Almeida Nogueira
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte | Brasil
|nogtiago.arq@gmail.com
Rejane Magiag Loura
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte | Brasil
|rejaneml@gmail.com
Natacha Silva Araújo Rena
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte | Brasil
|natacharena@gmail.com

Resumo

Entende-se a universalização como consequência da dissolução das particularidades locais, frente às renúncias culturais em favor da rápida integração à civilização moderna. Desafiando a prática arquitetônica, essa realidade repercute na descontextualização projetual e em equivocadas reproduções técnicas. Neste trabalho, objetiva-se estruturar uma revisão bibliográfica que contribua para a reflexão da localidade na produção do ambiente construído, apontando as tecnologias digitais – mais precisamente a Fabricação Digital – como alternativa para práticas tectônicas contextualizadas e conscientes de seus elementos constitutivos, sem promover a imobilização formal ou tecnológica. Acompanhada de exemplos referenciais, a investigação encontrou indícios que sugerem que resultados bem sucedidos, para se contrapor à abordagem universalista, tendem a reinterpretar e rearticular os saber-fazer assumindo uma postura altiva e de alta complexidade do processo de digitalização atravessados pela produção projetual. Indícios que permitem, portanto, diluir antagonismos entre cultura e inovação, preconizando realidades projetuais atentas ao contexto local e abertas à acepção da digitalização.

Palavras-chave: Regionalismo Crítico. Fabricação Digital. Tecnodiversidade. Sul Global.

Abstract

Universalization is understood as a consequence of the dissolution of local particularities in the face of cultural renunciations in favour of rapid integration into modern civilization. Challenging architectural practice, this reality has repercussions in terms of project decontextualization and mistaken technical reproductions. The aim of this paper is to structure a bibliographical review that contributes to reflection on locality in the production of the built environment, pointing to digital technologies - more precisely Digital Fabrication - as an alternative for contextualized

Como citar:
NOGUEIRA, T. A., LOURA, R. M., RENA, N. S. A. A vitalidade do Regionalismo Crítico nos processos de Fabricação Digital: paralelos entre o Brasil e o Sul Global. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

tectonic practices that are aware of their constituent elements, without promoting formal or technological immobilization. Accompanied by referential examples, the research found evidence to suggest that successful results, in order to counter the universalist approach, tend to reinterpret and rearticulate know-how, taking a haughty and highly complex stance on the digitalization process crossed by design production. This is evidence that allows antagonisms between culture and innovation to be diluted, advocating design realities that are attentive to the local context and open to the meaning of digitalization.

Keywords: Critical Regionalism. Digital Fabrication. Technodiversity. Global South.

INTRODUÇÃO

O uso da Fabricação Digital na produção do ambiente construído expandiu as margens da experimentação formal e técnica nos projetos de arquitetura [1]. Ainda que essa prática se concentre no Norte Global, é possível verificar diversas experiências em países periféricos [2], sugerindo que, mesmo diante das assimetrias tecnológicas, os países "que outrora tinham um status menor [...] podem emergir como novas fontes de criação claramente otimizadas e desimpedidas" [3]. Isso porque, face à condição universalizada da arquitetura contemporânea [4], a reminiscência de uma percepção de localidade[1] nesses territórios configura-se como um oportuno diferencial no quadro da apropriação tecnológica [5]. Ponto que, como na Fabricação Digital, pode contribuir para uma arquitetura propriamente anticentrista[2]. Portanto, o aprofundamento nesse cenário tem por objetivo sinalizar que a assimilação e reinterpretação da digitalização, quando criticamente articulada ao território, viabiliza uma potente alternativa aos desafios do ambiente construído contemporâneo.

MÉTODO

Para a construção da análise, o presente artigo desenvolve uma revisão sistêmica de literatura acompanhada de um levantamento de estudos de casos referenciais. Para isso, a pesquisa partiu do contato com o conceito-chave do Regionalismo Crítico, presente na obra de Kenneth Frampton[3], bem como o da Tecnodiversidade, desenvolvido por Yuk Hui[4], ideias que despertaram a investigação da pesquisa.

Para Frampton, a arquitetura deve responder às especificidades culturais e ambientais de cada região, promovendo uma identidade local robusta que contraponha à homogeneização imposta pela globalização. Nesse sentido, o Regionalismo Crítico

[1]Parafraseando Hui [5], o uso da palavra 'localidade' não visa resgatar abordagens nostálgicas da tradição ou da cultura, essencialismos culturais ou o vernáculo, mas uma revisão estratégica de reapropriação tecnológica, "por meio da afirmação da multiplicidade irredutível das tecnicidades".

[2]A "arquitetura anticentrista" pode ser interpretada, no contexto das ideias de Frampton [4], como uma abordagem que valoriza as especificidades locais, culturais e ambientais. Uma forma de resistência à homogeneização e à dominação cultural centralizada dos países do norte ocidental.

[3] Kenneth Frampton é um crítico e historiador da arquitetura britânico, nascido em 1930, mais conhecido por sua influente obra "Modern Architecture: A Critical History" publicada em 1980.

[4]Yuk Hui é um filósofo chinês contemporâneo reconhecido por suas contribuições na interseção entre filosofia, tecnologia e cultura. Ele é autor da obra intitulada com um de seus principais conceitos, "Tecnodiversidade" [5].

consiste na busca por equilibrar as influências externas e as particularidades locais na prática arquitetônica. Por sua vez, o conceito de Tecnodiversidade enfatiza a importância de preservar e promover a diversidade técnica em face da mesma tendência universalizante. Hui argumenta que esse pluralismo é crucial para a sustentabilidade cultural e ambiental, permitindo que diferentes comunidades desenvolvam soluções tecnológicas adaptadas a suas cosmologias específicas, o que ressalta a relevância da Cosmotécnica, que busca entender e integrar os aspectos técnicos com as visões de mundo e cosmovisões das comunidades, criando uma abordagem holística e inclusiva para o desenvolvimento tecnológico.

Com isso, a investigação por literaturas nacionais e internacionais complementares, encorajando o recorte de contribuições de autores do Sul Global[5], foi conduzido por consulta às bases de dados Google Acadêmico e CumInCAD[6]. Para a pesquisa os dados de entrada partiram da associação das palavras-chave "regionalismo crítico", "tecnodiversidade", "fabricação digital", "técnica" e "sul-global".

Já os projetos selecionados, coletados no mecanismo de pesquisa Google através das mesmas palavras-chave, contribuem para a discussão ao promover estudos de caso que usufruem de uma Fabricação Digital localmente contextualizada, permitindo ilustrar a construção teórica levantada.

UNIVERSALIZAÇÃO E HEGEMONIA TÉCNICA

Por ambiente construído universalizado busca-se, inicialmente, expor a desintegração das particularidades locais no ambiente construído, a qual ocorre na medida que grupos renunciam a um passado cultural para a plena adesão à "civilização moderna" [4]. Em termos práticos, trata-se da cultura globalizada contemporânea – genérica e massificada – que promove a perda da noção de localidade ao diluir pressupostos acerca de fronteiras, territórios e trajetórias históricas [6]. A origem desse fenômeno é dentificada na sincronização eurocentrada[7] dos ideários de "progresso", as quais, alinhadas ao aceleracionismo tecnológico, sobrepujaram saberes locais a partir de uma genealogia técnica[8] [3][5]. Cenário que, portanto, delegou aos países periféricos um estado de "ideias fora do lugar" – sempre trabalhando com modelos e técnicas, oriundos dos países do capitalismo central [7].

Na produção do ambiente construído, a globalização formalizou práticas desprovidas de contextualização territorial, cultural e técnica, estruturando assimetrias específicas

[5] Neste artigo o uso de países do "Sul Global", bem como "periféricos", faz referência aos territórios que compartilham uma experiência descentralizada do processo de formação do capitalismo, reconhecendo suas diferenças estruturantes e articulação geopolítica.

[6] CumInCAD (Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design) é uma base de dados que inclui publicações relacionadas ao uso de tecnologia e design computacional na arquitetura.

[7] Segundo HUI [5], esse fenômeno tem origem no Iluminismo europeu que "não foi apenas um movimento intelectual que promovia a razão e a racionalidade, mas também era essencialmente político. Foram as tecnologias militares e náuticas que permitiram aos poderes europeus colonizar o mundo, levando ao que agora chamamos de globalização.

[8] Yuk Hui faz referência a esse momento como a "Secularização do Cosmos", quando todo ocidente é submetido a uma mesma linha temporal/técnica – a do contínuo aceleracionismo tecnológico.

aos países periféricos [7]. Isso porque, diante das altas taxas de urbanização nas últimas duas décadas do século XX, especialmente na Ásia e na América Latina, as cidades foram pressionadas a se adequarem à globalização neoliberal [8]. Resultando sumariamente, como apontado por Marcato [7], em desigualdade social e predação ambiental, consequências que se desdobram na precariedade habitacional, especulação imobiliária e fundiária, segregação urbana e em desastres ambientais.

Para a contraposição desse cenário, de modo a considerar alternativas práticas à universalização do ambiente construído, localizar a matriz técnica que conduziu esse processo nos países periféricos é de crucial importância, visto que:

> Um erro comum está em não entender que a realidade técnica também escreve em si a realidade humana, e isso não só, porque a tecnologia é a concretização de esquemas mentais influenciados por estruturas sociais e políticas contidas na sociedade humana, mas também porque ambas são transformadas pela realidade técnica. [5, p.161].

Nesse sentido, direcionando um recorte à realidade brasileira, toma-se o trabalho desenvolvido por Santos [9] sobre a hegemonia do concreto armado na construção civil brasileira como referência. Segundo o autor, a partir de 1930[9], a importação desse sistema – outrora um produto estrangeiro patenteado – foi justificada[10] por considerações acerca de sua conveniência, segurança e pouca exigência de mão-de-obra especializada. Conjunto de fatores que, ao favorecer a popularização do concreto, estimularam sua profunda adoção nos processos de renovação urbana, como também na exploração formal e técnica que antecipam o desenvolvimento da escola brasileira do concreto armado e do Movimento Modernista no país.

Na escala da comparação internacional, o uso do concreto armado pelo modernismo brasileiro se afastou do ideário funcionalista e maturou uma sensibilidade regional[11] atrelada às soluções construtivas contextualizadas com o clima e uma desenvoltura formal associada à paisagem [13]. Entretanto, o modernismo brasileiro não conseguiu sustentar uma vitalidade de forma estruturante na sociedade, revelando como a emergente hegemonia técnica tratava-se de um "problema fundamentalmente político-econômico":

> O esforço contra a hegemonia tecnológica, que sucede no ocidente, e o "complexo de inferioridade tecnológico" no campo das artes, esbarram na estrutura de um sistema: o problema é fundamentalmente político-econômico. A regeneração através da arte, credo da Bauhaus, revelou-se mera utopia, equívoco cultural ou tranquilizante das consciências dos que não precisam. A metástase de sua incontrolável proliferação arrastou consigo as conquistas básicas do Movimento Moderno, transformando sua grande ideia fundamental - a Planificação - no equívoco utópico da "intelligentzia" tecnocrática (...)[10, p. 13]

[9] O concreto foi crucial na modernização promovida por Getúlio Vargas, abrangendo reformas curriculares, organização de pesquisa científica, institucionalização das profissões de engenheiro e arquiteto, e o desenvolvimento da engenharia e arquitetura nacionais como afirmação cultural [8].

[10] Como abordado por [9], a preferência contínua pelo concreto na construção civil é uma questão macroeconômica complexa, que não pode ser totalmente explorada neste artigo. Aqui, nos limitamos a reafirmar que a hegemonia tecnológica do concreto tende a uniformizar a produção do ambiente construído, desconsiderando as especificidades locais.

[11] O próprio Frampton menciona as primeiras experiências de Oscar Niemeyer e Affonso Reidy em seu capítulo "Regionalismo Crítico : Arquitetura Moderna e Identidade Cultural".

A partir da segunda metade do século XX, com o acentuado processo de urbanização, o concreto já estava arraigado na cultura construtiva nacional, de tal modo que "extrapola o uso formal, legalizado e normalizado, e se infiltra em todas as etapas da produção de edificações: concepção de projetos, organização do trabalho dos operários no canteiro e comércio de materiais de construção" [9]. Consequentemente, isso não só substituiu outros sistemas construtivos significativos, mas também gerou uma disparidade na disseminação do conhecimento técnico, a menor qualificação dos trabalhadores, além de contribuir para a poluição e a degradação ambiental[12] [9]. Conjuntura que, portanto, pode ser associada à busca pela abrupta industrialização de marco ocidental, "impossibilitando o desenvolvimento de uma verdadeira cultura autóctone". [10, p.11]

Esse panorama parcial da realidade técnica brasileira revela, portanto, não só a genealogia dos problemas que repercutem no ambiente construído contemporâneo, mas exorta a imperatividade de uma reestruturação tecnológica. Ponderação também extensível a outros países do Sul Global, especialmente quando se considera o perfil internacionalizado dos centros urbanos. A partir disso o presente artigo apresenta a Fabricação Digital como oportuna contraposição. Entretanto, para sustentar essa ótica, é essencial adotar uma postura que – junto da perspectiva do Regionalismo Crítico – renove conceitualmente o panorama da diversidade técnica e cultural a partir do atravessamento da digitalização, como propõe Yuk Hui ao introduzir os conceitos de Tecnodiversidade e Cosmotécnica.

REGIONALISMO CRÍTICO E TECNODIVERSIDADE

A ênfase conferida ao Regionalismo Crítico busca destacar sua relevância como fundamento teórico para a prática projetual. Frampton argumenta que a arquitetura deve ser uma resposta contextualizada às particularidades locais, empregando materiais, técnicas e formas que dialoguem com o entorno, proporcionando uma experiência espacial autêntica do lugar.

Apesar disso, o autor reforça que é importante evitar uma reclusão ao imaginário do vernáculo ou do artesanal [4]. Isso porque posturas limitadas à uma realidade técnica anacrônica tendem também a negligenciar a dimensão dos desafios ambientais e sociais postas sobre o ambiente construído contemporâneo. Em contrapartida, busca-se estimular uma conduta que, embora enfática sobre o território e suas especificidades, não se abstenha, nem no nível formal ou tecnológico, ao exercício de assimilação e reinterpretação tanto do local como do estrangeiro. Nesse sentido, é crucial promover uma arquitetura aberta ao contínuo exercício de depuração técnica, permitindo trabalhar com sistemas construtivos locais junto da incorporação de outros

[12] Embora reconhecendo a importância do concreto para a engenharia, a arquitetura e a infraestrutura nacional, a disseminação hegemônica do sistema reverbera negativamente. Isto é, dados da Agência Nacional de Mineração, por exemplo, revelam a extensão do impacto do concreto no Brasil. Em 2017, o país figurava entre os maiores produtores de cimento do mundo, representando 1,3% da produção global e liderando na América Latina. Produção que tem implicações ambientais significativas, visto que cada tonelada de clínquer, a matéria-prima do cimento, libera aproximadamente 564 kg de dióxido de carbono.

métodos e tecnologias pertinentes – como a digital.

É a partir disso que reside o diferencial da obra teórica de Hui, uma vez que, além de renovar a análise acerca da genealogia hegemônica ocidental, trabalha também uma articulação entre tecnologia, máquina, humanidade e natureza. Sua postura – ao invés de ceder a prospecções apocalípticas de "dominação das máquinas" – se faz útil à produção do ambiente construído por reposicionar as tecnologias digitais para além da lógica do desenvolvimento aceleracionista, ou melhor:

> Também não rejeitamos pura e simplesmente a ideia da aceleração, mas parece fazer mais sentido perguntar: que aceleração é mais rápida do que a de um desvio radical, a de um afastamento do eixo de tempo global, a que liberta nossa imaginação das amarras do futuro tecnológico vislumbrado pelas fantasias transumanistas? Essa reabertura da história mundial só pode ser alcançada pela conversão dessa força tecnológica gigantesca em uma relação contingente e de seu reposicionamento como sujeito necessário de investigação e de transformação a partir das perspectivas de múltiplas Cosmotécnicas[13]. [2, p. 11]

Por Cosmotécnica Hui aponta que cada cultura desenvolve suas próprias técnicas e tecnologias (Tecnodiversidade) em consonância com suas visões cosmológicas, ou seja, com suas concepções do cosmos e do lugar da humanidade dentro dele. Essa perspectiva implica que as tecnologias não são neutras, mas carregam valores e significados específicos que refletem as crenças e os modos de vida de cada sociedade. Hui propõe que por meio do reconhecimento da Cosmotécnica, podemos reconfigurar nossa relação com a tecnologia de maneira a promover uma coexistência mais sustentável e justa. Em síntese, os conceitos de Tecnodiversidade e Cosmotécnica nos convidam a repensar a tecnologia a partir de uma pluralidade de perspectivas, promovendo uma abordagem mais inclusiva e reflexiva do desenvolvimento tecnológico.

A FABRICAÇÃO DIGITAL

A Fabricação Digital é uma metodologia que articula a interação entre design e manufatura através da combinação de modelos digitais e maquinários de capacidade industrial. Nesse setor, a introdução dessa abordagem permitiu não só a materialização de formas complexas, como também a otimização do uso de materiais e a flexibilidade processual, prática que se apresenta como uma pertinente plataforma também para a produção do ambiente construído – ainda que esse emprego concentre-se nos países do Norte Global.

Remontando às décadas de 1950 e 1960, a Fabricação Digital – ou Computer-Aided Manufacturing (CAM) – surgiu nos Estados Unidos, onde os primeiros sistemas computacionais foram implementados na automação de processos industriais. Os

[13] Para o autor, "Cosmotécnica é a unificação do cosmos e da moral por meio das atividades técnicas, sejam elas da criação de produtos ou de obras de arte. Não há apenas uma ou duas técnicas, mas muitas Cosmotécnicas". Com isso, destaca que a tecnologia não é neutra; ela é profundamente influenciada pelos valores morais e pela visão de mundo de quem a cria e utiliza. Ao falar de "Cosmotécnicas", Yuk Hui alude a diversidade de saber-fazer, cada qual enraizado em contextos culturais e éticos específicos. Isso abre espaço para uma compreensão mais holística e inclusiva das práticas técnicas, reconhecendo a importância de adaptar a tecnologia às necessidades e valores de diferentes comunidades.

primeiros usos do método CAM aparelhavam Controles Numéricos Computadorizados[14] (CNC) ao maquinário produtivo, permitindo a programação de suas operações com maior refinamento e precisão do que os métodos de controle convencionais. Já nas últimas quatro décadas, com o decorrer do aprimoramento tecnológico, o emprego da Fabricação Digital se estendeu também à diversas disciplinas, pormenorizando novos processos, como o parametricismo[15] e a customização em massa[16] [1].

Para arquitetura, a introdução da Fabricação Digital ofereceu uma flexibilidade sem precedentes, vista a maior subjacência de interatividade e controle processual. Por meio da difusão de softwares de modelagem tridimensional, os níveis da exploração formal também foram aprimorados, permitindo a obtenção de resultados antes quase impraticáveis. A exemplo do emprego, os projetos liderados pelo arquiteto canadense Frank Gehry são reconhecidos por seu pioneirismo na área [2], como o Museu Guggenheim Bilbao[17], concluído em 1997, .

Através da inovação técnica, a Fabricação Digital na arquitetura representa uma importante mudança de paradigma nos processos projetuais. Isto porque não se limita ao simples uso de ferramentas digitais, mas implica em uma reconfiguração fundamental na abordagem do design arquitetônico, onde a manipulação de dados desempenha um papel central. Essa mudança envolve o estabelecimento de uma nova mentalidade – alinhada à teoria cibernética, na qual a forma arquitetônica deixa de ser apenas um elemento isolado para se tornar parte de um sistema complexo e sinérgico, estruturado por múltiplas camadas de informações e relações. Dentre as quais, nessa perspectiva, também se encontra a relação homem-máquina-espaço [11]. Uma perspectiva que, portanto, é crucial para as aspirações de uma apropriação tecnológica crítica[18] que fortaleça a conexão com o localidade, na medida em que permite processos abertos e recursivos, como explica Hui:

> A recursão designa, em geral, uma operação não linear que retorna constantemente para si mesma a fim de se conhecer e se determinar. Há diversas modalidades de recursão, mas todas elas têm em comum a superação do dualismo [homem e natureza; máquina e ecologia]. A informação é a medida do grau de organização, e o feedback é uma

[14] CNC é um método de integração entre a planta de fabricação e o computador, o qual controla o movimento das máquinas. As máquinas CNC são reconhecidas por sua precisão e diversidade de usos, sendo mais habitual em processos de usinagem. [14, p.2]

[15] "Parametricismo" consiste na definição e controle de processos que estabelecem relações e resultados via a incorporação de diversos parâmetros que "fornecem um comportamento interativo aos componentes e sistemas construtivos". [15]

[16] Graças ao parametricismo e a robótica, "Customização em Massa" consiste na Fabricação Digital simultânea de diversos elementos, cada qual com uma instrução de produção específica, provendo uma personalização com os mesmos custos de produção de objetos idênticos. [15]

[17] Segundo o site do Museu, este teve sua estrutura de 33.000 finas folhas de titânio digitalmente pré-fabricadas, cada qual com uma deformação própria.

[18] Como apontado por Hui, o alcance de uma apropriação tecnológica categoricamente crítica carece de uma reexame aprofundado da realidade técnica: "Em vez de vermos a tecnologia como um dos resultados da determinação causada pelo ambiente geográfico ou de pensarmos que a tecnologia destrói o ambiente natural, devemos considerar como o complexo tecnologia-ambiente constitui sua gênese e autonomia, e como essa gênese pode ser repensada ou reposicionada em uma realidade cósmica que é própria ao ambiente". [2, p.73]

causalidade recursiva ou circular que possibilita autorregulação. [2, p. 67]

Dessa forma, a abertura proporcionada por uma computação[19] (*computation*) extensível para além do campo virtual, viabiliza, sobretudo, a compreensão e o processamento das interações como objeto de projeto [11]. Interações que, na medida em que se situam em uma realidade espacial e material, se conformam em um sistema de parâmetros. O que revela uma direção processual onde o grau de complexidade se ancora justamente na leitura e manipulação da localidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A representação binominal dos países de fora do eixo do capitalismo central, tal qual centro e periferia, muitas vezes é insuficiente para a fundamentação de análises aprofundadas no que tange o ambiente construído. Esses conceitos, tradicionalmente utilizados para explicar a dinâmica econômica da região, não capturam adequadamente a complexidade da diversidade local e suas relações socioespaciais. O desafio de representar de forma justa essas realidades incentiva uma revisão crítica multidimensional das realidades culturais e arquitetônicas de cada região [12].

Dentro dessa perspectiva, "Epistemologias do Sul" e "Sul Global" têm sido usados para designar narrativas alternativas no contexto do capitalismo globalizado. Em termos tecnológicos e econômicos, essa representação compartilha um contexto de hibridismo caracterizado por: uma estrutura de industrialização tardia e incompleta atravessada pela introdução das tecnologias digitais; a tensão entre modelos importados e os locais; e a coexistência entre tradições culturais de artesanato e a economia informal [12]. Circunstâncias as quais, apesar de seus desafios, não impediram esses países de estruturarem vivências propriamente inovadoras através das tecnologias digitais – o que contraria a perspectiva da periferia como meros agentes da “falsificação global”. [3]

Como por exemplo, na Fabricação Digital, países como China, Emirados Árabes Unidos e Irã, já despontam com experiências de alta complexidade, usufruindo de tecnologias nacionais de ponta na produção do ambiente construído. Na América Latina, a cultura dos FabLabs[20] vêm crescendo e consolidando espaço por sua profusão junto ao sistema de educacional universitário, formando redes de laboratórios e o surgimento de estúdios e pesquisadores independentes[21]. Ou como nos países africanos, onde o emprego da Fabricação Digital vêm assumindo uma postura propriamente crítica ao dialogar diretamente com as comunidades tradicionais.

Portanto, ao refletir sobre os processos e desafios que atravessam a digitalização e a

[19]Segundo Achim Menges “*Computation* é o processamento de informações interações entre elementos que constituem um ambiente específico, a palavra-chave é interações”.

[20] Fablabs são laboratórios de fabricação digital, promovendo espaços colaborativos de aprendizado. Na América Latina, estão principalmente em universidades, atuando como centros de pesquisa e desenvolvimento.

[21] Iniciado em 2014 como uma pesquisa para a organização de uma exposição, o projeto "Homo Faber: digital fabrication in Latin America" tem realizado um mapeamento pioneiro do uso da Fabricação Digital no campo da arquitetura em países latino-americanos.

produção do ambiente construído contemporâneo, este artigo destaca a Fabricação Digital como catalisadora de práticas arquitetônicas mais sustentáveis e diversas. Para substancializar essa convergência foi realizada uma seleção de estudos de caso em concordância com o recorte geográfico apresentado. O levantamento realizado foi sintetizado na Tabela 1 e dois projetos foram selecionados para aprofundamento e exibição referencial da argumentação construída. Permitindo, finalmente, observar que, diante do grau de articulação projetual e maior participação processual, a Fabricação Digital pode assumir uma posição consistente de contraposição à universalização do ambiente construído.

Tabela 1: Levantamento e caracterização de estudos de caso

		Caracterizações	
País	Identificação	Digitais	Regionais
Afeganistão	Re-Conceiving Afghan Cellular Architecture	Form Finding	Arquitetura Celular Afegã
Brasil	Dolce Gusto - Guto Requena	Impressão 3D	Flor do Café
Brasil	Colheita Dourada - Guto Requena	Parametricismo	Cantiga dos Artesãos do Jalapão
Brasil	CoBLOgó / SUBdV	Parametricismo	Alvenaria Local
Brasil	Beijódromo - João Filgueiras Lima	Pré-Fabricação	Clima e Paisagem
Brasil	Recycled Sustainable 3D Printing Materials for Marine Environments	Impressão 3D, Arquitetura Regenerativa	Fauna Marinha
Camarões	Project African Fabbers (AFP)	Fabricação Digital	High Low
Cazaquistão	Atyrau Bridge	Parametricismo	Fauna Local
Chile	Parameterization of ancestral Andean graphic codes for 3D printing in Geo-Bio polymers. Translucent Artificial Poetry Project (PAT), first stage.	Parametricism, Impressão 3D	Cultura Andina
China	Reverse Rafter	Otimização Topológica	Beiral Tradicional Chinês
China	Complex Strained Gridshell Structure	Form Finding	Estrutura Tradicional em Trama
China	Cloud Village	Otimização Topológica, Distribuição por Algoritmo	Sustentabilidade e Vida Rural
China	Fundindo Artesanato e Fabricação Digital: Pavilhão Experimental de Blocos Cerâmicos na China	Parametricismo	Construção com Terracota
China	Centro de Atendimento ao Visitante do Parque Nacional do Vale Jiuzhai	Parametricismo, Form Finding	Totem Tibetano “Dharma Conch”
China	The Bamboo Craft Village	Parametricismo	Construção com Bambu

China	An Alternative Model For Urban Renewal: A Generative Approach to the (Re)-Development of Xian Village	Arquitetura Generativa	Vilarejos Chineses
Equador	Computational Bamboo	Arquitetura Generativa	Construção com Bambu
Índia	Bridging the Gaps	Parametricismo ; Otimização Topológica	Técnicas de alvenaria milenar
Índia	Plexus	Form Finding, Prototipagem	Flor de Lótus
Indonésia	Robotic Sand Carving	Parametricismo	Terracota Esculpida
Líbano	Amir Shakib Arslan Mosque	Pré-Fabricação	Grafos Árabes
Marrocos	An Urban Grammar for the Medina of Marrakech Talavera	Arquitetura Generativa, Shape Grammar	Urbanização Islâmica
México	Projeto Talavera	Impressão Aditiva	Técnicas de Cerâmica
Senegal	Residência do Novo Artista em Senegal / Toshiko Mori	Parametricismo	Arquitetura Tradicional Senegalesa
EAU	Urban Fossils	Geometria Algorítmica	Construção no Deserto

Fonte: o autor.

CONSTRUÇÃO ECO-DIGITAL NA ÁFRICA

O *Project African Fabbers* (AFP) é um programa itinerante que investiga as relações entre as tecnologias autóctones africanas e as abordagens avançadas de design para arquiteturas vernaculares sintéticas (Figura 1). Com colaborações entre instituições locais e estrangeiras, o projeto tem mais de 10 anos de atividades de pesquisa aplicada entre Marrocos, Gana, Mali, Burkina Faso e Senegal. Além disso, incentiva o desenvolvimento da criatividade e educação tanto do ponto de vista social quanto ambiental. Com essa premissa, integra designers, educadores e ativistas, concebendo projetos arquitetônicos e infraestruturas urbanas abertas capazes de fornecer espaços de produção para atividades educacionais e projetos voltados para a comunidade [16].

Figura 1: African Fabbers School, Douala, Camarões.



Fonte: Project African Fabbers (AFP).

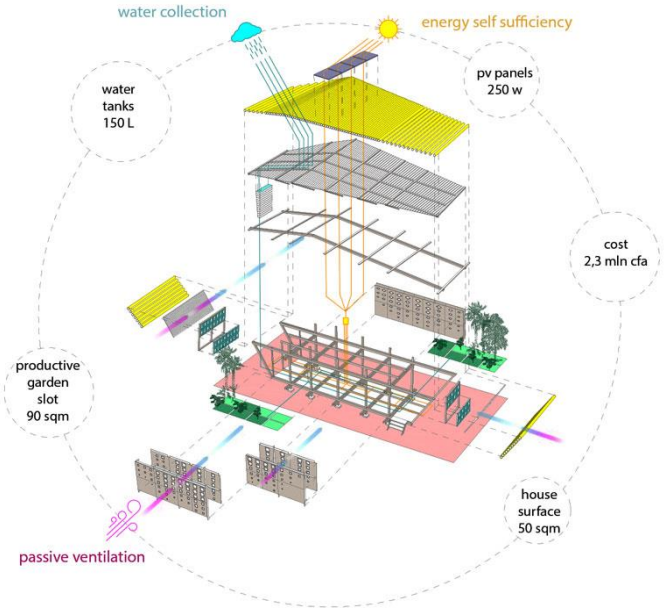
Dentro do programa, a iniciativa *African Fabbers House* é uma abordagem para produção de habitação de baixo custo, produzindo um catálogo abrangente de configurações habitacionais concebidas e fabricadas exclusivamente no continente africano (Figura 2). O propósito subjacente é investigar um novo paradigma de design como base na manufatura avançada, direcionada a sistemas construtivos sustentáveis e com perspectiva a estabelecer economias circulares na região. O protótipo habitacional é concebido como um espaço multifuncional voltado para a auto-suficiência, empregando integralmente sistemas de materiais locais que são de fácil montagem, customização e replicação [16].

Figura 2: African Fabbers House, Douala, Camarões.



Nota: A concepção formal da edificação partiu de uma releitura crítica das Maison Tropicale de Jean Prouvè (1949). Fonte: Project African Fabbers (AFP).

Figura 3: Aprimoramentos para Performance Ambiental



Fonte: Project African Fabbers (AFP).

O projeto (Figura 3) tem estrutura primária de madeiras intertravadas e oferece uma abordagem modular para implantação rápida, com mínima interferência no solo. O telhado foi projetado para suportar captação de água e energia, permitindo painéis fotovoltaicos. O sistema de fachada foi concebido como uma pele porosa, proporcionando resfriamento passivo e ventilação natural. Os componentes estruturais e de vedação foram desenvolvidos utilizando um sistema de painéis fabricados digitalmente, combinando também a produção de formas e suportes para elementos como cerâmica e bambu. Este empreendimento segue uma agenda de pesquisa aplicada, elaborada em estreita colaboração com a *African Fabbers* School – a primeira escola de ecologias urbanas, Fabricação Digital e autoconstrução na África.

JIUZHAIGOU WORLD HERITAGE SITE

Após o evento sísmico que afetou Jiuzhaigou em 2017, o *Architectural Design and Research Institute of Tsinghua University* (THAD) se encarregou do desafio da reconstrução do *Jiuzhaigou World Heritage Site*. Sob essa incumbência, surgiu o projeto de erguer um Centro de Atendimento ao Visitante (Figura 3) na entrada do Parque Nacional do Vale do Jiuzhai. Inspirados pela topografia circundante e os meandros de rios, os arquitetos do THAD conceberam a edificação através de processos de arquitetura paramétrica.

Figura 4: Centro de Atendimento ao Visitante, Parque Nacional do Vale do Jiuzhai.



Fonte: Architectural Design & Research Institute of Tsinghua University Co., LTD.

Para essa abordagem, emerge uma interpretação de "arquitetura de relevo", enraizada em elementos culturais autóctones que conferem à obra uma identidade distintiva. O toldo na entrada exibe um design harmonizado com a forma do olho de Jiuzhaigou, que atua como emblema representativo do vale de Jiuzhai (Figura 5).

Presentemente, é a maior estrutura de madeira laminada colada (glulam) de suporte cruzado na China, com uma extensão de 38 metros. Com uma conformação curvilínea, um perfil de telhado orgânico e espaços de terraço que funcionam como áreas de circulação, o centro de exposições e o centro de gerenciamento de inteligência abrigam a maioria das funções e espaços edificados. Os arquitetos ressaltam que, para sustentar as espirais e curvas ascendentes do edifício, a forma foi inspirada no totem tibetano "Dharma Conch" (Figura 6), que simboliza auspicidade e plenitude.

Figura 5 e 6: O Olho de Jiuzhaigou no Parque Nacional do Vale do Jiuzhai e a "Dharma Conch"





Figura 7: Centro de Atendimento ao Visitante, Parque Nacional do Vale do Jiuzhai.



Fonte: Architectural Design & Research Institute of Tsinghua University Co., LTD.

Diante dos grandes vãos, o design estrutural foi viabilizado graças ao design paramétrico que permitiu a distribuição das cargas em apenas 36 colunas ramificadas conectadas a seis arcos contínuos (Figura 7), onde cerca de 6.000m² de espaço foram recobertos. Utilizando apenas madeira como material principal, a combinação das referências simbólicas e paisagísticas locais permitiram uma formalidade que otimizou a estrutura e promovendo também um grau de sensibilidade na implantação.

CONCLUSÃO

A convergência entre o Regionalismo Crítico e a Fabricação Digital emerge como uma potente estratégia para enfrentar os desafios da produção do ambiente construído contemporâneo. O Regionalismo Crítico, como corrente teórica, destaca-se pela sua

ênfase na contextualização dos aspectos sociais e territoriais na prática arquitetônica, recusando modelos homogeneizadores oriundos da globalização e enfatizando a importância das características locais e culturais na concepção de projetos arquitetônicos.

Como já preconizava Lina Bo Bardi [10], uma busca rigorosa pelas bases culturais reais de um país serve não para conservar formas e materialidades, mas para avaliar as possibilidades criativas originais. Nessa linha, como avaliado pelo exercício de investigação realizado, a introdução de novos sistemas tecnológicos configura uma oportunidade para a superação dos desafios contemporâneos. Entretanto, apontou-se a importância de fazer uma manutenção reflexiva da essência e das possibilidades criativas locais, ridicularizando tanto os romantismos populistas quanto às atitudes da tecnocracia ideológica.

Analisar a Fabricação Digital, por sua vez, revelou-se uma potente plataforma para a condução desse paradigma técnico. Isto porque, como apontado pelos estudos de caso, além da otimização produtiva, a materialização de projetos junto da atenção aos elementos específicos do contexto apresentaram uma otimização dos resultados no que tange aos vínculos materiais, simbólicos e formais.

O diálogo entre Regionalismo Crítico e Tecnodiverisade, atravessado pela possibilidades oferecidas pela Fabricação Digital, permitiu o estabelecimento de um diálogo profícuo entre teoria e prática, sensibilizando uma prognose preliminar onde a inovação tecnológica, cultura e meio ambiente caminham juntas. Este encontro, para o ambiente construído, pode promover uma arquitetura diversa, adaptativa e recursiva, atenta às demandas específicas de cada contexto. Portanto, abre caminho para uma prática arquitetônica mais enriquecedora, inclusiva e sustentável, conforme preconizado pela busca por uma base cultural rigorosa e autêntica defendida por Lina Bo Bardi.

REFERÊNCIAS

[1] KOLAREVIC, Branko. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing.** Taylor & Francis, 2009.

[2] CELANI, Gabriela. **Changing the architectural production chain in Latin America with the introduction of new technologies** 1 ed. Laboratory of Automation and Prototyping for Architecture and Construction University of Campinas Campinas, Brazil. 2016 2002.

[3] CHAN, Anitta Say. **Networking Peripheries: technological futures and the myth of digital universalism.** MIT Press. Massachusetts Institute of Technology, London, 2013.

[4] FRAMPTON, Kenneth. **História Crítica da Arquitetura Modern**a. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

[5] HUI, Yuk. **Tecnodiversidade**. São Paulo: Ubu Editora, 2020.

[6] HARVEY, David. **O Problema da Globalização**. Revista Novos Rumos, nº 27, 2022.

[7] MARICATO, Ermínia. **Para Entender a Crise Urbana.** Palestra de abertura da 10° edição do Ciclo de Palestras "Quintas Urbanas". Transcrição. Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas. nº 1. Rio Grande, 2015.

[8] SHEPPARD, Eric. **Globalizing Capitalism and Southern Urbanization.** The Routledge Handbook on Cities of The Global South. 1 ed. New York, 2014.

[9] SANTOS, Roberto Eustáquio dos. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo do concreto armado e da construção de sua hegemonia.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2008.

[10] BO BARDI, Lina. **Tempos de Grossura: O design no impasse.** 1 ed. Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, São Paulo, 1994.

[11] MENGES, Achim; AHLQUIST, Sean. **Computational Design Thinking**. 1 ed**.** John Wiley & Sons, 2011.

[12] SPERLING, David M.; HERRERA, PABLO C.; SCHEEEREN, Rodrigo. **Fabricando (Otras) Computaciones: Fabricación Digital y Apropiación Tecnológica en América Latina.** Revista Dearq, nº 27, 76-87. Colômbia, 2020. https://doi.org/10.18389/dearq27.2020.06

[13] MACIEL, Carlos Alberto Batista. **Arquitetura como infraestrutura**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, 2015.

[14] JAJE, Jeff. **Types of CNC Machining**. 1 ed. Autodesk, 2017.

[15] WOODBURY, Robert. **Elements of Parametric Design.** 1 ed. Routledge. New York, 2010.

[16] LADDAGA, Maddalena; CASCONE, Paolo. Cascone. **Eco-Digital Construction in Africa Decolonizing Performative Architecture from the African Fabbers Project to the Douala Cultural Hub. In** Homing the Machine in Architecture. 1 ed ,Routledge. New York, 2024