

PARAMETRIC DESIGN AND BIM: MASS CUSTOMIZATION OF ARCHITECTONIC ELEMENTS IN SOCIAL HOUSING.

Ana Caroline de Lima Santana¹, Gilfranco Alves²

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil
ana.lima@ufms.br

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil
gilfranco.alves@ufms.br

Abstract. This paper presents partial results of a master's degree research carried out at PPGEES at UFMS, Campo Grande, Brazil. The research aims to explore the mass customization of architectural elements in social housing projects, through parametric design and BIM. This research purposes as a background, the Brazilian social housing and its deficit, which is not only quantitative, but also qualitative with an enormous demand for low-income families. The research also is based on the development of a frame replacement workflow that seeks to enable greater flexibility in the design process, bringing more quality to these houses. Thus, the paper aims to explore the potential of parametric modeling and BIM software programs and their possible contributions in the social interest housing programs through the proposed workflow.

Keywords: Parametric Design, Mass Customization, Social Housing, BIM, Digital Fabrication.

1 Introdução

A desigualdade social exerce uma influência significativa nas condições de habitação das pessoas, especialmente nas classes socioeconômicas mais baixas. O déficit habitacional no Brasil atualmente chega próximo a 6 milhões de moradias, segundo a Fundação João Pinheiro [FJP] (2021), com um alto percentual de crescimento para os próximos anos. Uma realidade que não se limita apenas aos brasileiros, mas que afeta de maneira significativa toda a América Latina, pois as cidades são configuradas para não oferecer espaço para a população de baixa renda. A segregação discriminatória da ocupação urbana, ditada pelos planos diretores e legislações, mas sobretudo, pelo

capital, configura o desenho das cidades e impacta no modo de habitar da população (Maricato, 2011).

O programa *Minha Casa Minha Vida* (MCMV), do Governo Federal Brasileiro, busca solucionar os problemas relacionados à falta de moradia adequada com o objetivo de melhorar as condições habitacionais da população. Contudo, a produção de Habitações de Interesse Social (HIS) no país enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à baixa qualidade das edificações. A falta de flexibilidade e adaptabilidade da maioria destas habitações as tornam pouco evolutivas e desconectadas das demandas dos seus moradores, que estão frequentemente afastados do processo de projeto das mesmas. Para Tramontano (1995), *a habitação evolutiva deve permitir a flexibilidade, se ajustando a modos de vida variados e a evolução de uma família dentro do ciclo de vida do edifício*.

A produção em séries lógicas de padronização, pré-fabricação impulsionada pela revolução industrial, e os paradigmas Fordistas do século XX, segundo Kolarevic (2003), ainda influenciam diretamente a construção civil, o que se reflete na produção das habitações de interesse social, na qual se aplica o modelo de repetição de tipologias para um ganho de escala visando, acima de tudo, o lucro. Essa realidade, via de regra, não tira partido dos avanços tecnológicos e digitais alcançados no processo de projetos de arquitetura no século XXI. Segundo Alves (2014) atualmente existem tecnologias inovadoras que permitem a personalização, ou seja, a produção de séries de objetos e componentes únicos. Portanto, não há mais justificativa para que os elementos em um edifício sejam idênticos. A customização em massa (CM), potencializada pela mediação digital de projetos arquitetônicos, permite ao arquiteto implementar as necessidades do usuário no projeto, materializando-as através da fabricação digital, tendo a capacidade de atender a população em geral, e não só a elite (Kolarevic, 2019).

Este artigo busca explorar alternativas, objetivando a customização em massa por meio da mediação digital, para aprimorar projetos de Habitação de Interesse Social (HIS), que são desenvolvidas por meio de programas habitacionais no país.

2 Metodologia

Este artigo possui caráter exploratório, e está ligado à pesquisa de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade (PPGEES), na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), junto ao grupo de pesquisa *algo+ritmo*, onde se pretende apresentar resultados parciais da pesquisa em andamento, além de manifestar as possibilidades a serem seguidas dentro da proposta. Pretende-se explorar a customização em massa por meio da mediação digital de projeto, utilizando o *design paramétrico* e o *Building Information Modeling* (BIM). Será proposto o

desenvolvimento de um *workflow* de substituição de elementos arquitetônicos, mais especificamente de esquadrias, devido ao recorte da pesquisa proposto. Por meio da interação arquiteto x *software* x usuário (figura 1), pretende-se aproximar o morador do processo de projeto dentro de programas de HIS, como o MCMV, trazendo mais qualidade para as habitações, proporcionando assim, o sentimento de pertencimento para esses moradores, por intermédio de processos de projeto mais interativos e colaborativos.

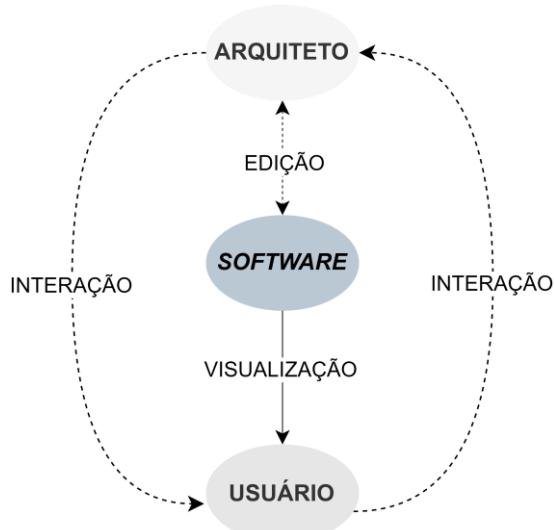


Figura 1. Estruturação do *workflow* proposto na pesquisa. Fonte: Autores, 2023.

A partir da revisão bibliográfica foi realizado um estudo sobre as características, histórico e evolução das habitações voltadas para o público de baixa renda. Seguiu-se uma análise sobre a configuração das políticas públicas relacionadas aos programas habitacionais e seus processos de projetos. Na sequência, buscou-se estruturar esta proposta de *workflow* a partir das definições de Lawson (2011) e das análises de Andrade et al. (2011), explorando as fases de projeto e o mapeamento dos caminhos da informação. De acordo com os autores, as etapas de projeto se retroalimentam em um *loop* de análise, síntese e avaliação, a partir do qual as escolhas serão possíveis de serem feitas nas etapas de desenvolvimento de projeto. O *workflow* será estruturado a partir do uso do BIM como processo de projeto e suas possibilidades dentro do contexto digital, em conjunto com o *design* paramétrico e a interatividade em projetos de Arquitetura com base na ótica da habitação de interesse social.

2.1 Processos Digitais aplicados ao projeto de HIS

Para Kolarevic e Pinto (2019) a customização em massa é uma opção pertinente para o setor habitacional de construção civil, pois as habitações (e prédios em geral) são produtos únicos e altamente customizáveis. Ela também oferece a possibilidade de se ter a casa projetada “sob medida”, com uma geometria única, podendo se tornar disponível para toda a sociedade. Porém, a resistência do setor da construção civil está em se adaptar a novos métodos e processos, configurando um entrave cultural (mas também financeiro), uma vez que a tecnologia para se produzir a customização em massa, em alto nível e com muita precisão, já se encontra disponível.

É importante ressaltar também a falta de flexibilidade das instituições que promovem e financiam programas habitacionais para proporcionar este avanço. Peças produzidas em massa são estruturadas e usadas na pré-produção, ou diretamente, na construção como partes de edifícios (Kolarevic, 2003). Segundo (Oxman, 2006; Celani, 2003; Alves, 2014; Kolarevic et al., 2019), o uso de tecnologias digitais no processo de projeto e da construção, através da mediação entre as partes envolvidas, pode potencializar o resultado das edificações. Explorar outras possibilidades de mediação digital para melhorar a comunicação, a colaboração e a eficiência durante todas as etapas do projeto arquitetônico, é indispensável nos dias de hoje, e fundamental para a construção do *workflow* proposto para ser implantado dentro do processo de projeto de HIS.

O Design Paramétrico possibilita essa organização da informação e traz ao processo de criação a visualização desse conjunto de informações de maneira organizada e sistematizada (Tramontano, 2012). A partir do Processo de Projeto Paramétrico, as técnicas de criação e modelagem digital utilizando sistemas de programação, permitem antecipar a tomada de decisões para a fase inicial do processo de projeto, e deste modo, pode-se proporcionar uma liberdade formal e controle geométrico da modelagem. Além disso, a parametrização facilita a replicabilidade e a escalabilidade dos projetos de HIS, permitindo que sejam adaptados a diferentes contextos e necessidades. A parametrização possibilita também, uma melhora na eficiência, qualidade e sustentabilidade dos projetos de HIS, garantindo moradias adequadas e acessíveis para a população que mais precisa.

A metodologia BIM, que se utiliza da parametrização em sua essência, fornece a interoperabilidade e o detalhamento das informações na gestão de projeto, o que permite a customização de objetos com alta precisão e fidelidade, possibilitando ainda que as escolhas dos objetos a serem trocados possam ser realizadas sem prejudicar as etapas de projeto. Pode-se definir que a metodologia BIM busca representar objetos por meio de parâmetros e regras que determinam a geometria por meio da informação (Eastman et al., 2009). O desenvolvimento de projetos em softwares BIM baseia-se na criação de objetos que podem ser modificados, conforme as condicionantes e necessidades do próprio projeto. Por meio da criação das famílias ou estilos

de um objeto arquitetônico e, a partir de regras e parâmetros vinculadas em sua criação, é possível controlar atributos como dimensões, aberturas, espessuras, número de folhas, ou seja, características físicas e mecânicas dos materiais. Isso possibilita a flexibilidade na manipulação desses parâmetros de uma maneira coletiva e integrada. As regras e a parametrização desses objetos arquitetônicos também permitem a extração das informações de cada elemento, alimentando tabelas e gerando quantitativos precisos que podem ser associados a valores monetários reais desses objetos. A partir destes processos se fundamentou o desenvolvimento do *workflow* de substituição de esquadrias através da mediação digital de projeto, e a interação com o usuário dentro de projetos de HIS.

2.2 Estrutura do *Workflow*

Para a materialização do *workflow*, foi utilizado o software *Rhinoceros 3D* (MacNeel), o plug-in *VisualARQ* (Assuni), além da possibilidade de interação com o plug-in *Grasshopper 3D* (figura 2). A partir destes programas de modelagem arquitetônica, pode-se potencializar a automação do método de uma maneira mais rápida e inteligente. É importante destacar que as escolhas dos programas utilizados não impedem que o método seja desenvolvido em outros softwares mais comuns ao mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), como, por exemplo, *Revit* (Autodesk) e *Archicad* (Graphisoft), pois entende-se que o *workflow* é aplicável em qualquer programa de criação e gestão BIM. Parte-se da premissa de que o *workflow* de substituição seja possível em outros elementos arquitetônicos da habitação a partir de pequenos ajustes, pois, o recorte proposto nesta pesquisa e que envolve apenas esquadrias, visa explorar as possibilidades do método em uma escala reduzida de elementos. Entende-se que o mesmo poderá ser replicável em outros elementos arquitetônicos, tais como paredes, pisos, coberturas, e até no dimensionamento e disposição dos ambientes, porém, por questões de recorte da pesquisa, o estudo será desenvolvido com as esquadrias das habitações.

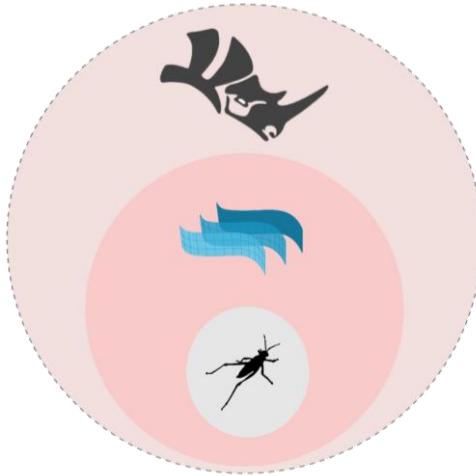


Figura 2. Softwares utilizados no desenvolvimento do *workflow*. Fonte: Autores, 2023.

Para a aplicabilidade do *workflow* foi feito um breve levantamento das características das tipologias de habitações unifamiliares de HIS. Assim optou-se pela utilização de um modelo de projeto já estabelecido, pois a intenção da pesquisa não é propor um novo projeto de habitação, mas sim explorar as trocas de esquadrias (e potencialmente de quaisquer elementos) em habitações de interesse social, a fim de se chegar em um resultado possível de ser aplicado nos programas habitacionais nos moldes atuais. Deste modo, foi utilizado o projeto modelo disponibilizado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA) de casas populares, com aproximadamente 37m², tendo uma configuração clássica de tipologia replicada no MCMV. Utilizando como base as dimensões e espacialidades deste projeto, a casa foi modelada no *Rhino 3D* por meio do *VisualARQ*.

2.3 Da Teoria à Prática

A partir da análise da realidade dos projetos de HIS no Brasil e da estruturação teórica disposta nesta pesquisa, também impulsionada pelos estudos de mapeamento de processos de projeto de Lawson (2011) e revisados por Andrade et al. (2011), assim como por princípios metodológicos da Cibernética de Segunda Ordem, tais como os *feedback loops*, pôde-se estruturar este *workflow* (figura 3). Assim, uma lente foi aplicada nas etapas iniciais do projeto focando em implementar o método de substituição de esquadrias. As primeiras etapas de projeto são extremamente importantes para seu resultado final, uma vez que alterações nas etapas iniciais são mais desejáveis do que nas etapas finais, gerando menos retrabalho na alteração de valores dos parâmetros, e não na reconstrução dos objetos em si, um cenário possibilitado pela utilização de softwares paramétricos e BIM.

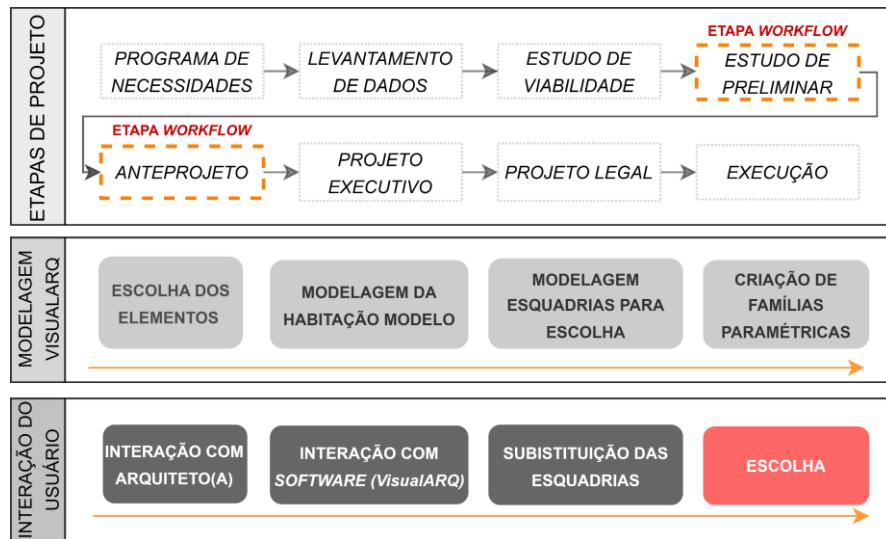


Figura 3. Fluxograma das etapas e interações do workflow. Fonte: Autores, 2023.

O arquiteto tem papel central neste processo, pois será dele a função de possibilitar a interação do usuário com o projeto, assim como a função de criar as variações de cada esquadria para a escolha. É importante ressaltar a necessidade de se ter uma gama de opções pré-concebidas a partir da visão técnica do arquiteto, para que o morador não se perca nas decisões, e o método não se perca nas possibilidades. Tais possibilidades contemplam, desde a criação de famílias (estilos) de portas e janelas, com variações de material, característica de aberturas e dimensões, até à criação de tabelas de extração de quantitativos dessas esquadrias contendo informações de características, material e custos, aplicadas às famílias dos elementos, e as quais, em poucos comandos, poderão ser atualizadas de acordo com as trocas realizadas.

Na figura 4, pode-se observar a maneira como se estrutura as possibilidades através das esquadrias criadas. Foram definidas variações de dimensões em ambos os elementos, sendo as portas em 0,70m, 0,80m e 1,00m, além da variação de materialidades possíveis sendo eles, madeira, alumínio e vidro. Considerou-se também as possibilidades de aberturas em: correr e giro. Assim, cada variação cadastrada terá suas características registradas na modelagem, e serão atualizadas em projeto, por meio das tabelas a cada troca realizada. As janelas seguem a mesma estratégia, com dimensões possíveis de 1,20mx1,00m, 1,20mx1,20m e 1,20x1,50m, e assim como as portas, tendo as mesmas possibilidades de materialidades, mas com características de aberturas diferentes em: giro (pivotantes), correr e basculantes.

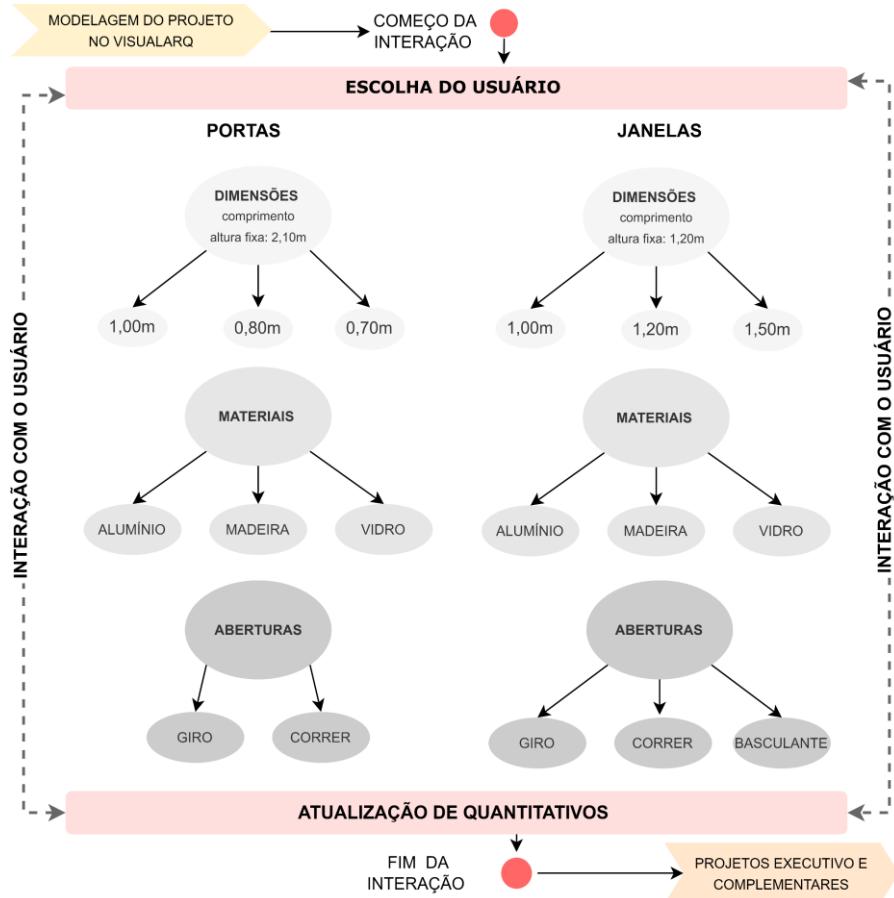


Figura 4. Detalhamento das opções de troca das esquadrias no *workflow* proposto.
Fonte: Autores. 2023.

A partir do *workflow* proposto, o usuário acessará as variações das esquadrias por meio do auxílio profissional do arquiteto, em princípio, que por sua vez usará a interface digital do *software* para apresentar as possibilidades e definir o item a ser escolhido junto ao usuário. A retroalimentação das informações dentro do sistema possibilita que a interação criada chegue a um resultado final (Glanville, 2004), conforme as premissas da Cibernética de Segunda Ordem aplicadas no *workflow*. Após as escolhas finais do usuário, o arquiteto pode dar continuidade ao projeto, passando para as próximas etapas de seu ciclo de vida (figura 4).

A modelagem das esquadrias será realizada dentro do software *VisualARQ*, a partir do qual será possível fazer a substituição em poucos comandos no projeto modelo de habitação popular proposto, conforme ilustra a figura 5. Deste modo, a modelagem básica do projeto disponibilizado pela CAIXA

servirá de protótipo para simular a habitação que o morador irá adquirir e poderá customizar a partir do *workflow* com a mediação do arquiteto.

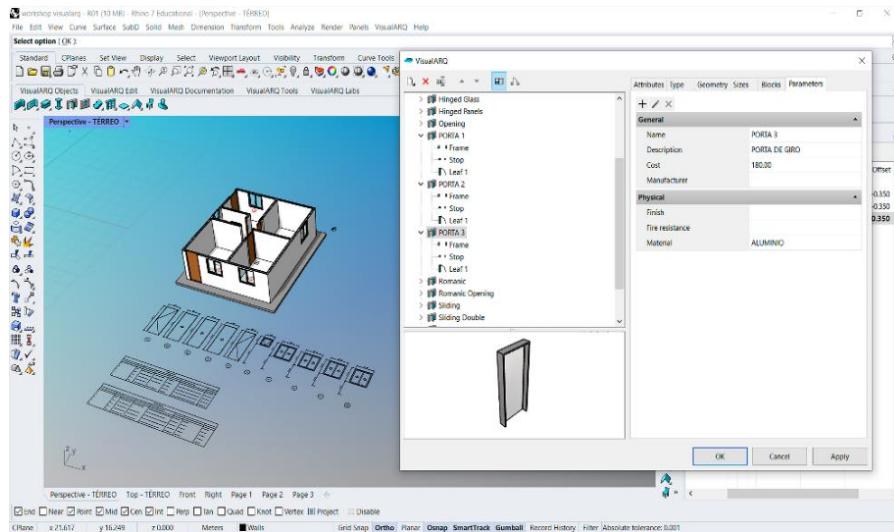


Figura 5. Interface do *VisualARQ* e *Rhino 3D* na criação de famílias paramétricas.
Fonte: Autores, 2023.

É importante destacar que as intenções deste estudo se deparam com os entraves burocráticos que envolvem todas as etapas de projeto e construção de edificações de HIS. A Caixa Econômica Federal tem a responsabilidade de atender a demanda e necessidades de habitações da população através dos recursos da União, de acordo com as necessidades de cada região. Os Estados e Municípios fazem o papel de registrar os moradores que estão na fila por uma casa. Em paralelo, construtoras submetem projetos para análise e viabilização da CAIXA. Em última instância, é a própria CAIXA que contrata e supervisiona a obra desses empreendimentos, além de viabilizar a sua comercialização através de subsídios da União e longos financiamentos. Portanto, o processo fica na mão de construtoras que visam prioritariamente o lucro, ficando em segundo plano as reais necessidades da população. O *workflow* proposto pretende oferecer uma alternativa mais interativa, permitindo possibilidades de escolha aos futuros usuários, e uma participação na decisão sobre o destino de seus recursos.

3 Resultados Parciais

O desenvolvimento desta pesquisa, a partir da necessidade latente de se discutir o déficit habitacional no Brasil, que se mostra tanto quantitativo como qualitativo. Buscou integrar os conceitos da customização em massa a partir

da mediação digital, mas também de processos de projetos mais tecnológicos e interativos. A busca de aproximar o usuário das tomadas de decisão de sua habitação, possibilitando a personalização, traz mais conforto e qualidade de vida para os mesmos. Tal busca foi um dos objetivos centrais desta pesquisa, e entende-se que foi alcançado de modo satisfatório, até o presente momento, por meio do método proposto. O desenvolvimento do *workflow* no programa *Rhino 3D* junto a seu *plug-in* *VisualARQ*, por meio do recorte proposto dos elementos a serem substituídos, possibilitou validar as intenções da pesquisa. Durante o desenvolvimento do método, observou-se alguns pontos a serem discutidos: apesar da facilidade trazida pela interface do *VisualARQ* na modelagem paramétrica e BIM dos elementos, têm-se uma limitação formal comum aos programas BIM, que são um tanto inflexíveis na construção de formas complexas.

A partir da continuidade desta pesquisa pretende-se aplicar o *workflow* de uma maneira mais dinâmica e automatizada no *Grasshopper*, desenvolvendo *scripts* paramétricos que reproduzam o *workflow* no próprio *Grasshopper* (figura 6), proporcionando rapidez e controle das alterações, além da possibilidade de humanizar a interface e viabilizar o manuseio do usuário na interação com o *workflow*. Além das automações proporcionadas pelos *scripts*, também se busca incluir simulações e dados de características ambientais de cada escolha (esquadrias), medindo assim, seu impacto no conforto ambiental da edificação, com o uso de *plug-ins* como o *Ladybug Tools* (LLC).

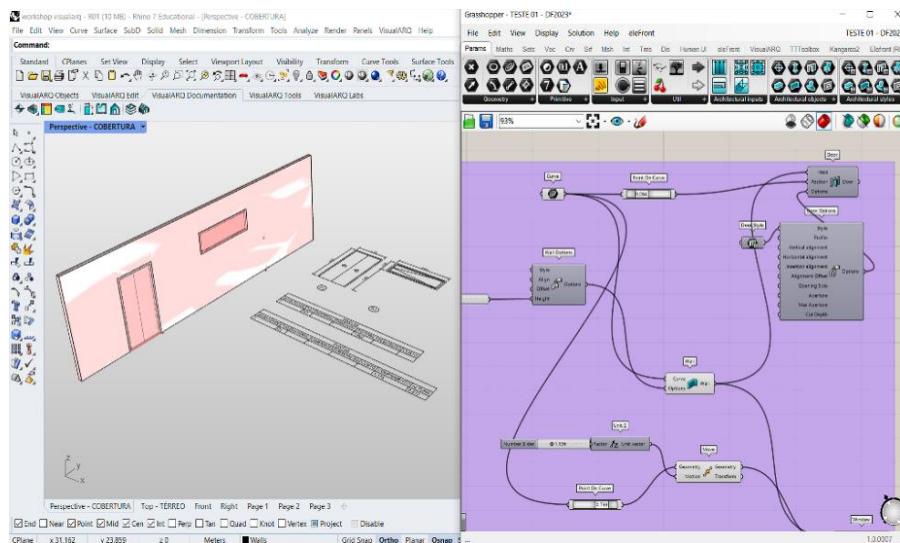


Figura 6. Interação *VisualARQ* e *Grasshopper*. Fonte: Autores, 2023.

Pretende-se ainda, no intuito de gerar debates e novos olhares sobre a pesquisa, o desenvolvimento de futuros *workshops* com o *workflow* proposto, como o que foi planejado para o *Digital Futures 2023* (e que será apresentado

e detalhado em um próximo artigo), no qual se espera captar e analisar impressões sobre os passos criados, aprimorando a ótica sobre o desenvolvimento da pesquisa, e se necessário, possíveis ajustes sejam realizados para o aprimoramento do processo.

4 Discussão e Conclusão

Os municípios e estados deveriam garantir que o método de projeto utilizado para o desenvolvimento dessas moradias fossem totalmente digitais e proporcionassem a interação com o usuário, exigindo a aproximação de construtoras, e dos profissionais da construção civil, para que alcançassem as necessidades reais das comunidades envolvidas. O formato atual desses empreendimentos não é viável ao se observar o cenário habitacional do país. O padrão de se desenvolver moradias através da cópia de tipologias reproduzidas massivamente, e que visa lucro desmedido em cima de um programa social em uma via de mão única, não é mais admissível. A customização em massa e a fabricação digital, ao contrário, têm o potencial de promover avanços significativos no *design* arquitetônico, na eficiência construtiva e na sustentabilidade, principalmente em edificações voltadas para Habitação de Interesse Social.

Ao colocar o usuário dentro do processo de projeto e aproximar os atores envolvidos, tais como o arquiteto, o usuário e o *software*, abrem-se possibilidades para uma maior personalização das edificações, gerando maior bem-estar e o sentimento de melhora na autoestima dos moradores. O *workflow* proposto também proporciona a possibilidade de quaisquer outros elementos serem customizáveis, através de pequenos ajustes da metodologia e das estratégias projetuais. É importante destacar que apesar do recorte proposto na pesquisa, as possibilidades de customização em massa que o *workflow* propõe, podem viabilizar uma maior interatividade com os usuários de HIS, os quais nunca estiveram muito próximos do processo de projeto de sua moradia, ou podem gerar ainda a oportunidade de realizar alterações e reformas dignas em suas casas, especialmente no Brasil. Portanto, acredita-se que a pesquisa alcançou até o momento, a partir dos experimentos iniciais, resultados positivos na utilização da mediação digital para a customização de habitações com o *workflow* proposto.

Por fim, espera-se que esta pesquisa possa ter continuidade, e o artigo proposto com caráter exploratório, possa demonstrar o grande potencial no método sugerido e no *workflow* apresentado, com a perspectiva de sua evolução dentro da pesquisa de mestrado na qual ele está inserido, e podendo ainda, trazer resultados que impactem de modo positivo a cadeia produtiva de HIS.

Agradecimentos. Agradecemos a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do MS (FUNDECT), a CAPES, a Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), o Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade (PPGEES), e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Referências

- Alves, G. M. (2014). *Cibersemiótica e processos de projeto: metodologia em revisão*. Tese de Doutorado, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos. doi:10.11606/T.102.2014.tde-07012015-105828. Recuperado em 2023-08-03, de www.teses.usp.br
- Andrade, M., Ruschel, R., & Moreira, D. (2011). *O Processo e os Métodos*. In Doris C. C. K., Daniel, C. M., João R.D. P., & Márcio M. F. (Org.). *O Processo de Projeto em Arquitetura: da Teoria à Tecnologia*. São Paulo. Oficina de Textos.
- Celani, M. G. C. (2003). *Recuperando o tempo perdido: porque recusamos o método e como ele ainda poderia nos ajudar*. Projetar 2003 - Anais.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. (Second ed.). John Wiley & Sons Inc.
- Fundação João Pinheiro. (2021). *Cartilha Déficit Habitacional E Inadequação De Moradias No Brasil - Principais resultados para o período de 2016 a 2019*. Convênio PNUD/Ministério das Cidades.
- Glanville, R. (2004). *The purpose of second-order cybernetics*. *Kybernetes*, v. 33, n. 9/10, p. 1379-1386, out. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/03684920410556016>. Acesso em: 2 jul. 2023.
- Kolarevic, B., & Duarte, J. P. (2019) *From Massive to Mass Customization and Design Democratization*. Routledge.
- Kolarevic, B. (2003). *From Mass Customisation to Design “Democratisation”*. Spon Press.
- Lawson, B. (2011). *Como os arquitetos pensam*. Oficina de Textos.
- Maricato, E. (2011). *Por um novo enfoque teórico na pesquisa sobre habitação*. *Cadernos Metrópole*, 21. URL: <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/5954>
- Tramontano, M., Soares, J.P. (2012). *Arquitetura emergente, design paramétricos e o representar através de modelos de informação*. VIRUS, São Carlos, n. 8. URL: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus08/?sec=7&item=1&lang=pt>>. Acesso em:
- Tramontano, M. (1995). *Habitação contemporânea. Riscos preliminares*. v. 1. 71p.