

TEC-House: Itinerant Modular Space Based on Digital Fabrication

Julio Henrique Danielli de Almeida¹, Diogo Bevilaqua², Luana Peroza Piaia²,
Carla Cristina Secchi²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

juliohenriquealmeida@gmail.com

² Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil

diogobevi@unochapeco.edu.br

luanapiaia@unochapeco.edu.br

cah_secchi@unochapeco.edu.br

Abstract. The academy aims to understand and insert digital technologies in the collaborative, interdisciplinary and innovative process. Thus, the process of this project aims to develop an itinerant space that enables integration between academics and the community, associated with digital technologies, making it essential as a precursor of knowledge, innovation and social well-being. Based on concepts from Smart City and Smart Campus, as it addresses a phenomenon of development intrinsic to technological processes in pursuit of environmental quality, it appropriates of digital manufacturing tools as a programmatic production model. Inspired by the generation of physical objects from digital models along the lines of Wikihouse, a modular architectural executive method was developed as an alternative for flexibility and movement. At the end of the process, there is the conception of the TEC-House, idealized as an itinerant modular space, based on anthropometric parameters where function determines the way they integrate, constituting modifying places.

Keywords: TEC-House, Digital Manufacturing, Modular, Itinerant Space, Innovation

1 Introdução

As tecnologias digitais passam a incorporar diversos campos da sociedade e do ensino, idealizando transformações de paradigmas e possibilitando materializações de ideias, que visam o bem-estar e melhora da qualidade de vida dos cidadãos. No atual cenário, em que se discute cada vez mais a Indústria 4.0, as tecnologias digitais vêm impulsionando grandes transformações e ganhando cada vez mais espaço (Secchi, 2019).

Considerando o panorama em que a tecnologia se encontra, e compreendendo o potencial que ela desempenha junto com o ensino, é pertinente a discussão dos conceitos de *Smart City* e *Smart Campus*.

Smart City, ou Cidade Inteligente, pode ser compreendido com um fenômeno de desenvolvimento urbano intrínseco aos processos tecnológicos (Gibson et al., 1992), buscando promover a qualidade do meio e a sustentabilidade do seu desenvolvimento (Batty et al., 2012). As cidades inteligentes possuem diversas ramificações de estudos, envolvendo diferentes áreas, levando a esferas específicas, como é o caso do *Smart Campus*, relacionados ao campus universitário inteligente. Eles constituem-se como pequenas cidades almejando objetivos, crescimento e desenvolvimento, possuindo inovação e tecnologia sempre atrelados (Ferreira & Araújo, 2018). A definição de Smart Campus é ampla e possui várias abordagens, a sua principal característica é a rápida adaptação do ambiente em relação às demandas, que podem ter contextos diferentes e contam com o suporte, da computação em nuvem, inteligência artificial (IA), internet das coisas (IoT) e realidade aumentada (AR) (Dong et al. 2020).

Na arquitetura este cenário não é diferente, de acordo com Cruz (2016), as tecnologias digitais são as grandes responsáveis pela evolução alcançada, permitindo quebras de paradigmas nos processos de criação, representação e ensino, aliando agilidade e assertividade. Pupo e Celani (2011) contribuem afirmando que a tecnologia tem revolucionado a forma de produzir, avaliar, fabricar e construir a arquitetura, destacando o uso da fabricação digital como técnica de produção automatizada. Para Pupo (2009), a fabricação digital é uma ferramenta de grande potencial, reduzindo o tempo de produção, ao mesmo tempo que aumenta a qualidade e reduz custos. Esse tipo de produção, baseado na geração de produtos físicos a partir de modelos digitais (Borges, 2016), tendo como aporte maquinários específicos, viabiliza a materialização de modelos complexos de forma rápida e eficiente (Pupo, 2009).

Essa tecnologia é potencializada pela crescente expansão dos laboratórios de fabricação digital (*Fab Lab - fabrication laboratory*), projeto que teve início em 2003 (Ballerini, 2018) e que hoje engloba uma rede com mais 2.000 laboratórios espalhados em mais de 120 países (Fabfoundation, 2021), dos quais muitos encontram-se em campus universitários. De acordo com Fávero (2013), a criação de uma pedagogia de projeto associada à fabricação digital, permite que se criem projetos complexos em pouco tempo, ampliando possibilidades do que se pode fazer e aprender. Ainda segundo o autor, outro fator relevante em relação aos processos de fabricação digital, quanto qualificador da metodologia de ensino, está na introdução desta tecnologia durante a formação acadêmica, como estruturador de uma pedagogia de projetos, e um grande colaborador da compreensão de componentes específicos.

Aplicando a fabricação digital na construção de espaços, o sistema Wikihouse se caracteriza como um case interessante e notável. Segundo

Nardelli e Backheuser (2016), trata-se do sistema construtivo desenvolvido em 2011, pelo escritório de design e arquitetura Studio 00, utiliza código aberto (Open Source) e possui uma licença creative-commons associada ao seu uso. Baseado em pórticos formados a partir de componentes encaixados, fabricados em painéis de madeira e cortados em fresadoras CNC (Computer Numeric Control), tal sistema é viabilizado pelo uso de parametrização e softwares (Mendonça et al., 2018). O grande diferencial da Wikihouse é o sistema de montagem, que preza pela rapidez, utilizando na maioria das conexões somente encaixes (Secchi, 2019).

Dentro deste contexto, a efemeridade e a modularidade apresentam-se como técnicas culturais, observadas por Schönhöfer (2017), que possibilita o uso de materiais transitórios, a fim de desenvolver ideias. Atrelando estes conceitos, com as discussões anteriores de *Smart City* e *Campus*, fabricação digital e ensino, as potencialidades e possibilidades de produzir algo são inúmeras.

Partindo destas conceituações, criou-se a TEC-House, produto de um esforço acadêmico para contemplação em edital de incentivo a ideias inovadoras, proporcionado por uma universidade comunitária. O concurso visava a busca pelo desenvolvimento do campus promitente, devendo incluir a comunidade no processo, associando às tecnologias digitais, propagando conhecimento, inovação e bem-estar social. Pensando nesta integração, que a TEC-House foi proposta, sendo um espaço sustentável, que promove o compartilhamento das vivências acadêmicas, unindo tecnologia, educação e inovação, impulsionando a aproximação entre usuários e estimulando o conhecimento.

1.1 TEC-House

Com base em abordagens tecnológicas, inovadoras e sustentáveis, tem-se a concepção do projeto da *TEC-House* (Figura 1), idealizada como um espaço modular itinerante. O objetivo do projeto foi propor a criação de espaços que levem à comunidade carente, os programas sociais que são desenvolvidos pelos acadêmicos e ofertados pela universidade. Destacam-se os serviços básicos de saúde: realização de triagem, acompanhamento de pacientes, vacinações; realização de assessorias: jurídicas e de projeto de habitação de interesse social; consultas veterinárias; contação de histórias para as crianças no contraturno escolar; atividades pedagógicas; divulgação e apresentação dos cursos da universidade; dentre outros. Além de estar nas comunidades, outra proposta que foi levantada na realização do projeto, era incluir a implantação da *TEC-House* dentro das escolas, ONGs e serviços de convivência, promovendo a inserção da tecnologia diretamente às crianças e jovens carentes, podendo ser utilizada na promoção de oficinas, *workshops*, intervenções culturais, exposições itinerantes, oficinas de teatro, compor cenários em eventos, nas áreas de lazer, palestras ou em feiras escolares.

O projeto tem como intenção possibilitar a flexibilização formal, possibilitando ao usuário melhor permeabilidade dentro do espaço, além de facilitar a instalação dos módulos, de acordo com as necessidades de cada atividade, havendo a possibilidade de ser montado e desmontado diversas vezes. Quatro diretrizes embasam a *TEC-House*: acessibilidade: não só em relação ao desenho universal, de modo que seja acessível a todos, mas também pensando na facilidade da construção, sem ter necessidade de mão de obra especializada. Sustentabilidade: na escolha dos materiais e na concepção formal, gerando menos resíduos e reaproveitando materiais, tendo em vista o conforto ambiental no pós-ocupação. Inovação: nos processos avançados, envolvendo a tecnologia como meio de produção e relacionando à informação. Efemeridade: o projeto é itinerante, por isso tem-se a possibilidade de transitar entre as comunidades, espaços urbanos e a universidade, sendo realocado de forma prática.



Figura 1. Protótipo *TEC-House*. Fonte: Elaborado pelos autores.

2 Metodologia

Baseando-se nos módulos e peças realizadas pela proposta da CasaG (Casa Generativa), projeto paramétrico, desenvolvido por professores e acadêmicos da UFRGS, que permite adaptar espacialmente cada unidade de acordo com a situação e o contexto apresentado (CasaG, 2010) e potencializados pelos encaixes utilizados pela técnica *Wikihouse*, foi desenvolvido um conjunto de peças que possibilitam a produção de módulos de diferentes formas, tendo como limitação os equipamentos fornecidos pelo laboratório de fabricação digital disposto na instituição de ensino, na qual foi realizada a manufatura do protótipo.

2.1 Estrutura

A estrutura deveria ser o mais modular possível, podendo receber diversos usos e atividades, criando ambientes para apropriação e com características específicas para cada uso. Por isso, e por pensar no aproveitamento máximo das chapas com o mínimo de resíduo, tentou-se criar o menor número de peças e encaixes para facilitar a montagem. Tendo como limitante, as dimensões das chapas para corte de no máximo 2 metros de comprimento e 1 metro de largura (tamanho suportado pela fresadora CNC), as peças foram criadas.

Conforme mostra a Figura 2, a estrutura é projetada de modo que possibilita a realização de uma grelha em módulo de 2mx2m, viabilizando a criação de áreas de diversas dimensões, podendo ser adaptado a várias situações. Como exemplo, cita-se: trocar o lugar da porta pela janela, vazios distribuídos que geram sombra, composições em L ou T, dentre outros.

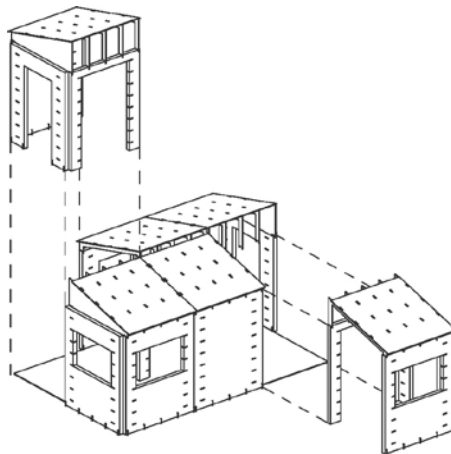


Figura 2. Imagem da estrutura. Fonte: Elaborado pelos autores.

O material proposto para materializar a *TEC-House* (estruturas e vedações verticais e horizontais - paredes, pisos e cobertura) foram painéis em OSB (*Oriented Strand Board*) com 18 mm de espessura, escolhido por ser um dos indicados para produção da *Wikihouse*, além de ser um produto com grande oferta na região, ser utilizado em grande escala, possuir baixo impacto ambiental e custo reduzido.

2.2 Peças

As peças (Figura 3) são responsáveis por proporcionar flexibilidade ao projeto, criando variados elementos como janelas, portas e paredes, unindo os módulos, por meio da mesma interface. Foram confeccionados quatro tipos de vedações verticais: paredes, paredes com vão para porta (0,8x2,1 m), paredes com vão para janela (1,1x0,7 m), e pórtico estrutural que permite um vão livre

de 1,6x 2,6 m. Foram propostas vedações duplas, proporcionando um espaço interno que pode ser preenchido com materiais de isolamento termoacústico caso necessário. A cobertura é composta por duas águas inclinadas a 35%, onde uma se sobrepõe a outra, criando beirais de 11 centímetros, sustentadas por cinco peças que são fixadas nas vedações verticais. As peças de ligação são em T ou L, permitindo a conexão e estruturação entre os elementos e os módulos. Também foram desenvolvidas peças de acabamentos, ocultando os espaços vazios entre as paredes, nos cantos e vãos de portas e janelas.

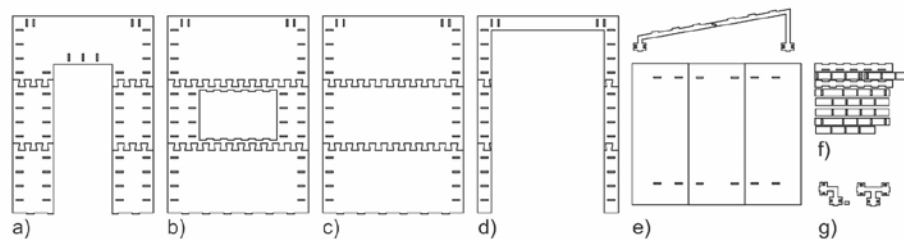


Figura 3. Peças. a) porta; b) janelas; c) parede; d) pórtico; e) cobertura; f) acabamentos; g) peças de ligação. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Encaixes

Para a solução acerca da rapidez na montagem, foi proposto como forma de fixação das peças, encaixes, diminuindo a utilização de pregos e/ou parafusos. Esse ponto foi bastante discutido entre os participantes do projeto, pois a *Wikihouse* dispõe de uma estrutura mais complexa e que necessita do uso de ferramentas como parafusos e colas para a sua execução, impedindo em alguns momentos, a reutilização do material (devido ao desgaste) para o mesmo uso e/ou outras montagens.

Representada na Figura 4, as uniões das peças são feitas por meio dos encaixes do tipo “macho e fêmea” (1), no entanto, para reforçar estruturalmente cada encaixe, foram propostas travas do tipo “cunha” (2) que fazem a ligação entre as faces das paredes e entre as paredes e a cobertura, eliminando a necessidade de colas ou parafusos (3), permitindo assim a reutilização do material.

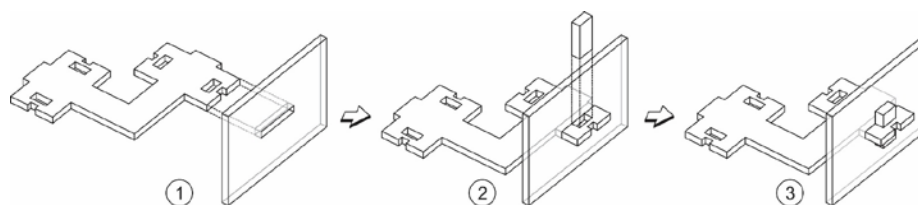


Figura 4. Tipo dos encaixes. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.4 Manual de Montagem

Pensando na acessibilidade da execução da *TEC-House*, foi desenvolvido um manual de instruções que explica o processo de montagem (Figura 5) de cada peça (portas, janelas, paredes e cobertura), tanto do módulo individual, quanto da interface entre os módulos. O manual de uso e manutenção, também define boas práticas de montagem e desmontagem, estendendo a vida útil do projeto.

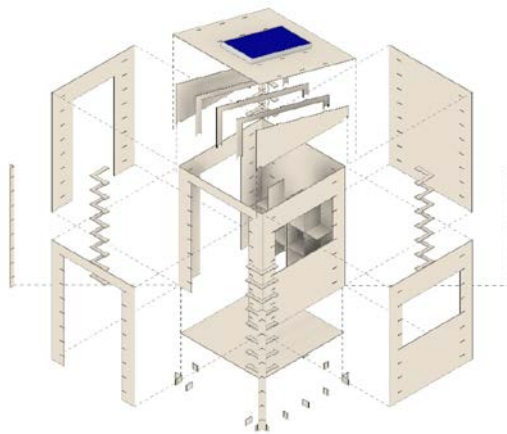


Figura 5. Imagem do processo extraído do manual de montagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

3 Resultados

3.1 Protótipo

Foi materializado um protótipo na escala 1:6 (Figura 6) em chapas de MDF (*Medium Density Fiberboard*) de 3 mm de espessura, utilizando o maquinário de corte a laser. A prototipagem serviu para a realização de testes das peças e dos encaixes, de modo a verificar o processo de montagem do projeto.

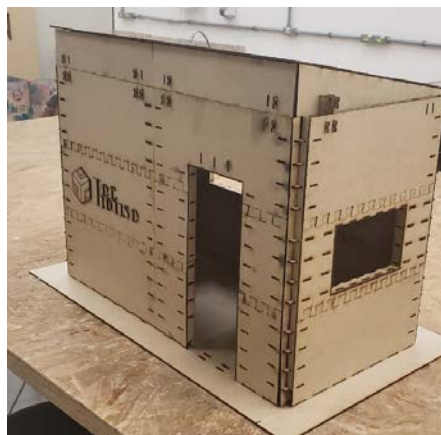


Figura 6. Protótipo TEC-House. Fonte: Elaborado pelos autores.

O protótipo é formado por dois módulos de 2x2 m totalizando um espaço de instalação de 2x4 m, que conta com todos os tipos de peças projetadas: paredes, portas, janelas, pórticos para a estrutura e cobertura. Os encaixes do tipo “cunha” foram testados e pela dificuldade de manuseio, por serem muito pequenos foram substituídos por encaixes “macho e fêmea” (Figura 7).



Figura 7. Substituição do encaixe “cunha” pelo tipo “macho e fêmea”. Fonte: Elaborado pelos autores.

Devido a escala reduzida e pelas características da chapa utilizada (MDF), não foi possível compreender e diagnosticar exatamente as interfaces entre as peças e como elas se comportam no sistema adotado. Os principais problemas que ocorreram foram nos encaixes tipo “cunha” que tiveram que ser substituídos, em razão de alguns encaixes não estruturais (cita-se as faces das paredes), utilizados no protótipo não exerceram sua função, por conta da falta de atrito e

peso das peças (o módulo das paredes também não encaixou no piso, ficou uma folga entre elas, por isso, esses elementos precisam ser analisados em escala real, para assim analisar a eficácia dos encaixes e sua função. Por outro lado, a montagem do modelo prototipado se fez de forma intuitiva e fácil, sem necessidade de usar o manual desenvolvido. Pode-se perceber também que as chapas em MDF desempenharam bem a função estrutural para o tamanho e escala do protótipo.

Além do protótipo, foi criado um *template* BIM, modelado no *software* Revit, que conta com todas as peças e partes do sistema para concepção dos módulos de forma manual. Este arquivo auxiliará, futuramente, a criação de um algoritmo, contendo um conjunto de regras paramétricas que serão desenvolvidas com o *plugin* Dynamo. Foram desenvolvidas também tabelas quantitativas de cada tipo de peça para concepção do módulo e uma prancha explicativa baseada no manual da montagem, realizada para auxiliar na execução.

O projeto estabelece padrões de dimensões dos vãos quando propõe módulos de 2x2 m, mas não limita a variação de *layout*. Foi proposto uma planta baixa, organizando os módulos em relação ao uso, incluindo a quantidade das peças, com a intenção de comprovar a flexibilidade formal e versatilidade funcional da proposta. É uma opção em pequena escala de um centro comunitário (Figura 8) que comporta uma sala de aula, sala de coordenação, espaço multiuso e banheiro. Essa disposição de salas possui possibilidade de replicação, podendo contar com mais salas, proporcionando a criação de ambientes diferenciados, para a prática do ensino, contação de histórias, oficinas e salas de apoio para a realização de atividades escolares temporárias. Ao todo, foram quantificadas 267 placas de OSB para a produção dos 9 módulos necessários para a montagem desta proposta.

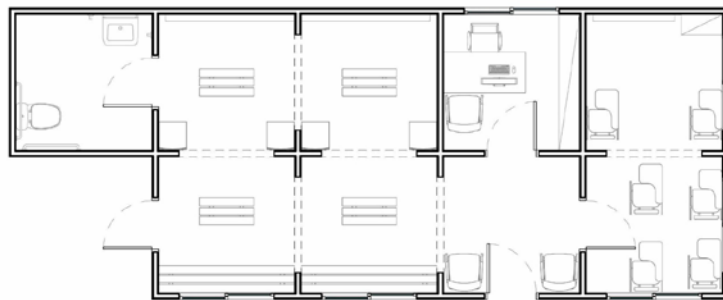


Figura 8. *Layout do espaço multiuso.* Fonte: Elaborado pelos autores.

Com a possibilidade de configuração dos módulos de forma mais complexa e baseada nas demandas atuais, foi proposto um layout para a utilização de um ambulatório básico de campanha (Figura 9) de enfrentamento ao COVID-19. Compreende um hall de entrada com lavatório, recepção, sala de espera,

banheiro, sala de triagem, dois consultórios, uma farmácia, três salas de enfermaria e um vestiário de barreira.

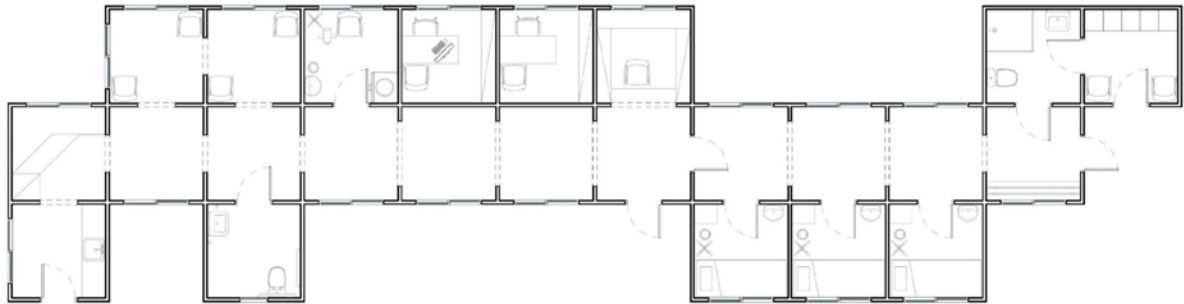


Figura 9. Layout do ambulatório básico de campanha. Fonte: Elaborado pelos autores.

A ideia é servir como alternativa sustentável, econômica e provisória, para cidades onde o sistema de saúde sofre com falta de espaço físico ao atendimento inicial dos casos de suspeita de infecção pelo vírus.

Essa disposição depende do espaço de implantação, mas é um exemplo, onde tanto as enfermarias quanto às salas de espera e consultas poderiam ser replicadas dependendo da demanda de pacientes e da área disponível para construção da *TEC-House*. Para esse *layout*, foram necessárias 713 chapas de OSB para confecção dos 24 módulos.

Entendendo o desempenho da *TEC-House* como espaço modular itinerante, associando a proposta de um meio sustentável, o funcionamento em relação à energia deve acontecer por meio de placas fotovoltaicas, que ao transformar energia solar em elétrica, permite flexibilizar ainda mais os usos e a implantação dos módulos, dentro ou fora na universidade. Com a diferenciação de propostas, percebe-se a grande flexibilidade e adaptabilidade dos módulos, cria-se um diferencial na realização do processo de projeto e propicia a criação de ambientes funcionais e acessíveis.

4 Conclusões

A implantação da *TEC-House* torna a proposta como modelo de testes e de construção do aprendizado. No entanto, as possibilidades de uso e inserção dos módulos vai além da flexibilização espacial e contextualização às demandas existentes. Por se tratar de um modelo efêmero e modular, a sua implantação pode ser realizada em qualquer espaço, se apropriando das necessidades e sua externalização expressa essa condição.

O projeto está em estudo preliminar, na próxima fase o módulo será executado em escala real com o material OSB para diagnosticar se os

encaixes funcionam e se causam atrito suficiente para sustentação das peças estruturais desenvolvidas. Será possível analisar a viabilidade de montagem e desmontagem de pelo menos um módulo, para confirmar a possibilidade de reaproveitamento das peças, o tempo gasto em todo o processo e as dificuldades de montagem.

Se faz necessário realizar atualização do template BIM criado, além de propor a criação de um algoritmo que auxilie na organização das peças na prancha de corte e que complemente as informações sobre uso, orientação solar, número de compartimentos, metragens, cálculo de aberturas para ventilação, dentre outros parâmetros.

O sistema construtivo foi baseado no uso de poucos materiais, ocorrendo a interface entre elementos realizados por meio de encaixes, além de ser uma arquitetura totalmente modular. Possui grande potencial para melhoria dos elementos individuais, caso exista a necessidade de aplicação para usos mais prolongados, com isso aumenta o investimento financeiro, existindo assim a necessidade de mão-de-obra especializada. No caso dessa possibilidade, foi pensado em materiais e sistemas alternativos e complementares, as chapas para corte seriam substituídas por compensado naval ou MDF hidrorrepelente que possuem maior resistência a umidade, maior durabilidade e desempenho estrutural, podendo utilizar resinas, pinturas ou revestimentos, de modo a ampliar a durabilidade e os encaixes poderiam ser reforçados com parafusos, aumentando a estabilidade estrutural.

De maneira geral, com a otimização mais progressiva dos processos tecnológicos, é fundamental que haja uma incessante busca pela inovação, qualidade e sustentabilidade em todo o processo. E sendo esta uma marcante expressão da arquitetura utilizando a tecnologia, a elaboração deste projeto permite despertar o olhar social dos acadêmicos na busca do progresso educacional, cultural, ambiental e tecnológico, além de aprimorar os ultrapassados processos de ensino, veiculando e sistematizando por meio da fabricação digital.

Agradecimentos. Os autores agradecem ao Laboratório Pronto 3D e ao curso de Arquitetura e Urbanismo da Unochapecó pelo apoio.

Referências

- Ballerini, F. (2018). Fabricação digital e arquitetura: para além da superespecialização dos arquitetos em direção à colaboração. *Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade*, 2(5), 114-126.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, & M., Portugali, Y. (2012). Smart City of the future. *The European Physical Journal*, 214, 481-518.
- Borges, M. F. (2016). Fabricação digital no Brasil e as possibilidades de mudança de paradigma no setor da construção civil. *Ambiente Construído*, 16(4), 79-91.

- CasaG (2010). *Casa generativa para Rio Grande do Sul*. Retrived July 15, 2021, from <http://casagenerativa.blog.spot.com/>
- Cruz, N. (2016). *Da produção à customização em massa: parametrização e desenvolvimento do sistema construtivo Wikihouse* [Dissertação de Mestrado, Instituto Universitário de Lisboa].
- Dong, Z. Y., Zhang, Y., Yip, C., Swift, S., & Beswick, K. (2020). Smart campus: definition, framework, technologies, and services. *The Institution of Engineering and Technology*, 2(1), 1-12.
- Fabfoundation (2021). *Bridging the digital divide*. Retrived July 20, 2021 <https://fabfoundation.org/>
- Fávero, B. (2013, 16 dezembro). Fabricação digital é revolução tão importante quanto PCs, diz brasileiro em Stanford. *Folha de São Paulo*. <https://m.folha.uol.com.br/tec/2013/12/1386314-fabricacao-digital-e-revolucao-tao-importante-quanto-pcs-diz-brasileiro-em-stanford.shtml>
- Ferreira, F. H. C., & Araújo, R. M. D. (2018). *Campus Inteligentes: conceitos, aplicações, tecnologias e desafios*. Retrived July 20, 2021, from <http://www.seer.unirio.br/monografiasppgi/article/view/7147/6369>
- Gibson, D. V., Kozmetsky, G., & Smilor, R. W. (1992). *The Technopolis phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks*. Rowman & Littlefield.
- Mendonça, D., Passaro, A., & Henriques, G. C. (2018). Wikihouse: A Generative and parametric tool to customize curved geometries. *Proceedings of the XXII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, SIGraDi* (pp. 714-718). Universidade de São Paulo.
- Nardelli, E. S., & Backheuser, L. A. F. (2016). Sistema Wikihouse aplicado ao programa minha casa minha vida. *Proceedings of the XX Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, SIGraDi*. Universidade de Buenos Aires.
- Pupo, R. T., & Celani, G. (2011). Prototipagem rápida e fabricação digital na arquitetura: fundamentação e formação. In D. C. C. Kowaltowski, D. D. M. Moreira, J. R. D. Petreche & M. M. Fabrício (Eds.), *O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. (pp. 504). Oficina de Textos.
- Pupo, R. T. (2009). *Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura* [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas].
- Schönhöfer, P. (2017). *Arquitetura efêmera: espaço e liberdade para ideias*. Retrived May 31, 2021, from <https://www.goethe.de/ins/br/pt/m/kul/mag/21014850.html>
- Secchi, C. C. (2019). *Arquitetura Open Source: capacitação, criação e materialização com suporte da fabricação digital* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina].