VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
A inovação e o desafio do projeto na sociedade: A qualidade como alvo
Londrina, 17 a 19 de Novembro de 2021

FERRAMENTA FÍSICO-DIGITAL PARA O CO-DESIGN BASEADO EM EXPERIÊNCIA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE[1]

PHYSICAL-DIGITAL TOOL FOR EXPERIENCE-BASED CO-DESIGN IN HEALTH CARE ESTABLISHMENTS

GRATON, Fernando Gargantini (1); MANDOLA, Juliana Bambini (2); IMAI, César (3)

(1) Universidade Estadual de Londrina, fgraton@hotmail.com

(2) Universidade Estadual de Londrina, juliana.bambini@uel.br

(3) Universidade Estadual de Londrina, cimai@uel.br

RESUMO

A pandemia do Covid-19 demonstrou a necessidade de mudanças estruturais nos projetos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Para isso, esse artigo propõe realizar uma simulação em formato de estudo piloto para verificar as vantagens, desvantagens e limitações de uma ferramenta físico-digital que auxilie na representação e comunicação do co-design de EASs. Trata-se de uma pesquisa exploratória com a utilização da metodologia de Co-design Baseado em Experiência para o planejamento de leiautes de ambientes de saúde. Para isso, foi desenvolvida uma proposta de maquete física tangível interligada a uma Mockup de Realidade Virtual. Os resultados preliminares demonstraram potencialidades e restrições da ferramenta, a qual deverá ser aprimorada para aplicações futuras junto ao público-alvo.

Palavras-chave: *Co-design, realidade virtual, maquete tangível, Estabelecimento Assistencial de Saúde.*

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic demonstrated the need for structural changes in Health Care Establishments (HCE) design. For that, this paper proposes to carry out a simulation in a pilot study format to verify the advantages, disadvantages and limitations of a physical-digital tool that helps in the representation and communication in co-design of HCEs. This is an exploratory research using the Experience-Based Co-design methodology for planning healthcare environment layouts. For this, a proposal for a tangible physical mockup linked to a Virtual Reality Mockup was developed. Preliminary results demonstrated the potential and restrictions of the tool, which should be improved for future applications with the target audience.

[1] GRATON, Fernando Gargantini; MANDOLA, Juliana Bambini; IMAI, César. Ferramenta físico-digital para o Co-Design Baseado em Experiência em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 7., 2021, Londrina. **Anais**... Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1-10. DOI https://doi.org/10.29327/sbqp2021.438144

Keywords: *Co-design, virtual reality, tangible mockup, Health Care Establishments.*

1 INTRODUÇÃO

Após o surgimento da Covid-19 e a declaração de pandemia pela Organização Mundial da Saúde em 2020, os países e as entidades públicas e privadas do Brasil iniciaram uma corrida para o combate, tratamento e minimização dos efeitos desse novo vírus, obrigando diversos órgãos nacionais e internacionais a emitirem documentos com orientações para o enfrentamento da pandemia (FIOCRUZ, 2020; WHO, 2020a, WHO, 2020b; entre outros). Estes documentos enfatizam a necessidade de modificações e adaptações estruturais dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) para o melhor enfrentamento da pandemia do Covid-19.

Segundo Carvalho et al (2020), alguns fatores estruturais dos ambientes de EASs devem ser considerados para os momentos de pandemia, tais como: a suficiência de espaços; layout de equipamentos e mobiliário; conforto ambiental; circulação de pessoas e insumo e setorização. Desta forma, se faz necessário um estudo mais aprofundado de cada um dos itens citados, de acordo com sua função, por meio de pré-dimensionamento e simulações. Isso pode possibilitar o entendimento de cada um desses quesitos e identificar como eles poderão influenciar os processos de trabalho e de recuperação dos pacientes em momentos de crise do setor de saúde. Os EASs são edifícios considerados como organismos complexos que abrigam diferentes funções, mudanças estruturais e tipos de usuários (DARIVA e MARCONSINI, 2020). Essa complexidade demonstra uma necessidade de avaliações complementares externas à visão apenas dos projetistas, contando com o auxílio dos usuários finais para gerar uma melhor qualidade ambiental em atendimento às suas necessidades (BULLINGER, et al 2010).

O *co-design* possibilita a coleta de informações importantes, identificando as novas necessidades e demandas dos usuários de um projeto. Para facilitar esse processo, devemos somar as questões referentes ao modo de comunicação e experiência do usuário, pois no caso dos projetos técnicos, a comunicação entre o projetista e o usuário leigo se torna ainda mais complexa (YABUKI, 2001; IMAI, 2010), já que as representações bidimensionais (plantas, cortes e elevações) são demonstradas de forma técnica, reduzida e nunca em sua totalidade (SCHNABEL, 2011). Dessa forma, este artigo tem como objetivo realizar uma simulação em formato de estudo piloto para verificar as vantagens, desvantagens e limitações de uma ferramenta físico-digital que auxilie na representação e comunicação para o processo de *co-design* de EASs. Para os testes preliminares, iremos focar na disposição de equipamentos e mobiliário de um ambiente de saúde, um dos fatores estruturais segundo Carvalho et al (2020). Esse trabalho faz parte da fase inicial de uma pesquisa de doutorado para a proposição de uma ferramenta de auxílio ao *Co-design* de EAS.

2 CO-DESIGN BASEADO EM EXPERIÊNCIA (CDBE)

Durante o processo de projeto, quando o projetista utiliza adequadamente as contribuições dos usuários finais (desejos e necessidades), o desempenho do edifício e a satisfação dos usuários são potencializados (SANDERS E STAPPERS, 2008; TRISCHLER, 2017; CAIXETA et al, 2019). Myerson e Ramster (2017) demonstram evidências de que a participação dos trabalhadores da saúde na concepção dos locais de trabalho pode ter efeitos benéficos sobre o seu bem-estar mental e sugerem que esse processo proporciona melhores condições de trabalho e atendimento.

O *co-design* se estabelece com a afirmação de que "os usuários finais podem e devem ser os atores mais importantes no processo de projeto" (SANDERS, 1999, p.1), onde, através de um processo de criatividade coletiva, é possível transformar o formato hierárquico em um processo ativo de parceria e envolvimento (CAIXETA e FABRICIO, 2018).

O *Co-Design* Baseado na Experiência (CDBE) é um modelo centrado no usuário, comumente utilizado para ambientes de saúde, que utiliza os resultados de pesquisas de Projeto Baseado em Evidência (PBE) com uma visão focada em questões locais e regionais de um projeto. O CDBE vem potencializar as evidências científicas provindas do PBE, onde as experiências dos futuros ou atuais usuários são de extrema importância para facilitar o processo de desenvolvimento do projeto (FAY et al, 2016; WAROONKUN, 2019).

O CDBE possui uma estrutura de levantamento de dados flexíveis e deve ser adaptado de acordo com o objetivo da pesquisa, onde normalmente ocorrem etapas distintas de entrevistas individuais, grupos focais e sessões de *co-design* com os usuários, sendo eles pacientes ou a própria equipe médica. É um modelo que engloba diversos métodos reconhecidamente eficazes e que, ao final, possibilita o desenvolvimento de um processo ou produto pelos usuários. O *co-design* na etapa final é uma abordagem vantajosa para designers e pessoas que não estão acostumadas a trabalharem juntas (GAGER et al, 2020).

As pesquisas sobre a experiência do usuário (SANDERS, 1999, SANDERS E STAPPERS, 2008) podem ser feitas através de três perspectivas: sobre o que as pessoas (i) falam, (ii) pensam e (iii) fazem. As duas primeiras, "o que falam e pensam", são abordadas por métodos de pesquisas tradicionais de observação, já "o que fazem" podem ser abordados através de ferramentas (*toolkits*) que facilitam a expressão de seus pensamentos, sentimentos e sonhos.

As barreiras de comunicação entre usuário e projetista devem ser rompidas, pois as formas tradicionais de apresentação (desenhos técnicos) não são eficazes para ajudar o usuário a compreender as características ambientais de um espaço (WINGLER et al, 2019). Para isso, as ferramentas de comunicação (*toolkits*) se tornam importantes para um processo de *co-design* efetivo. A ferramenta de *co-design* a ser demonstrada, busca potencializar a participação do usuário por meio de uma linguagem simples e de fácil manipulação e visualização do projeto, utilizando o conceito de *Tangible User Interface* (*TUI*) na união da maquete física com a maquete virtual (*mockup* de RV).

3 *MOCKUP* FÍSICO-DIGITAL

Atualmente, as *mockups* são utilizadas por diversas áreas de pesquisa, tais como educação (HONG et al, 2019; SUN et al, 2019), ergonomia (FRIEMERT et al, 2018) e saúde (MACHRY et al, 2018; SVIDT e SØRENSEN, 2016; WINGLER et al, 2019; SACHS, et al, 2019). *Mockups* são modelos de simulação físicos ou virtuais muito utilizados para criar um sistema do mundo real e prever possíveis erros e inconsistência do processo de projeto (PEAVEY et al, 2012), além de impactar nos resultados futuros das edificações (MACHRY et al, 2018). São modelos de simulação baseados na experiência do usuário, testando e justificando elementos e soluções hipotéticas de projeto (SACHS et al, 2019).

Embora as *Mockups* de Realidade Virtual (MRV) possuam uma grande potencialidade de uso, essa ferramenta ainda é pouco explorada para projetos de

saúde (HQCA, 2016; 2020). Uma das razões pode ser a dificuldade de manipulação dos objetos dentro do ambiente virtual pelo usuário (CAIXETA, et al, 2018). A interação no Ambiente Virtual (AV) imersivo é um elemento chave para a melhoria do processo de entendimento e pertencimento do projeto por parte do usuário em uma simulação de Realidade Virtual (RV) (RUBIO-TAMAYO et al, 2017; SOUZA, 2018; BALTAZAR et al, 2014). Para facilitar a manipulação dos objetos físicos no AV, Svidt e Sørensen (2016) desenvolveram um protótipo baseado em uma tela multitoque com a planta digital 2D de um ambiente hospitalar, onde os usuários são estimulados a organizar o seu leiaute para posterior experiência do projeto em RV.

Baseado nos trabalhos de Svidt e Sørensen (2016), Arrighi e Mougenot (2019) e Maurya et al (2019), é possível que a MRV seja utilizada em conjunto com uma maquete física para simular e avaliar os aspectos projetuais dos ambientes de saúde, proporcionando ao usuário um AV de maior imersão e interação, resultando em experiências muito mais envolventes e contribuições de projeto mais satisfatórias.

As maquetes físicas são muito utilizadas como ferramentas de representação de projetos arquitetônicos e comunicação entre projetista e usuário, devido a sua simplicidade de entendimento e manipulação (SALMASO; VIZIOLI, 2013), além de possibilitar a interação do usuário final no processo de projeto (IMAI, 2007). A interação entre as maquetes física e virtual pode ocorrer através da utilização de objetos tangíveis ou *Tangible User Interfaces* (*TUIs*), os quais possibilitam a realização de uma transição fluida entre os dois mundos (físico-digital) a partir da utilização de dispositivos reais, onde os dados são conectados à artefatos físicos e superfícies arquitetônicas. (ISHII e ULLMER, 1997; SHAER e HORNECKER, 2009).

A eficiência na utilização das *TUIs*, associada às ferramentas citadas, poderão trazer maiores e melhores resultados no processo de *co-design*, possibilitando a integração dos usuários no processo de projeto e aumentando a eficiência e a qualidade das futuras construções.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa pesquisa, foi desenvolvido um protótipo a partir de uma maquete física tangível interligada a uma MRV para realizar uma simulação em formato de estudo piloto, verificando as vantagens, desvantagens e limitações de sua utilização como ferramenta de representação e comunicação do projeto. A simulação terá uma abordagem exploratória, onde pretende-se desenvolver um ambiente de saúde virtual de acordo com os dados do SomaSUS[2] (2021).

O ambiente de saúde escolhido para o estudo piloto foi a Sala para Coleta de Materiais (Figura 01), por se tratar de um ambiente com dimensão e quantidade de móveis / equipamentos compatíveis com protótipo a ser testado. De acordo com o SomaSUS (2021) e a RDC 50 (BRASIL, 2002), esta sala deve ter área mínima de 3,60 m², sendo que a área média dos projetos é de 7,95m². Para o desenvolvimento do protótipo do estudo piloto serão utilizados os seguintes recursos:

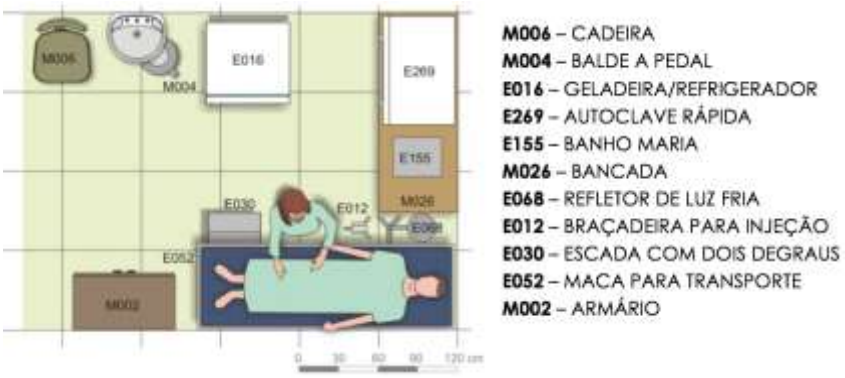
- **Mesa tangível:** A mesa tangível para o teste foi confeccionada em MDF com as dimensões de 0,30x0,30x0,50 (LxPxA), com fechamento superior em vidro antirreflexo 2mm. No seu interior foi instalada uma fita de LED para a retroiluminação

[2] O SomaSUS apresenta uma lista de ambientes para cada EAS, de acordo com a sua tipologia (Atenção básica, média complexidade, serviços específicos e alta complexidade), bem como algumas características físicas, como leiaute e relação funcional com outros ambientes.

dos objetos (Figura 02a). Na base foi fixada uma webcam FHD 1080P -Kross, com foco manual, para a leitura dos objetos (*TUIs*).

- **Maquete física tangível (*TUIs*):** foi utilizado um modelo da cadeira Charles Eames (Figura 2b) na escala aproximada de 1:25 e com um marcador fiducial fixado em sua base (Figura 2c). O marcador fiducial (SILVA et al, 2021) possibilita que a webcam da mesa tangível possa ler e rastrear os objetos inseridos. Os demais equipamentos e móveis poderão ser produzidos manualmente ou através de impressão 3D para a sequência dos testes.

Figura 1 – Leiaute sala para coleta de materiais



Fonte: Adaptado de SOMASUS (2021)

- **MRV:** com base nas diretrizes do SomaSUS, a MRV foi modelada no *Software Sketchup* (Figura 2d) e depois exportada para o *Software Unity Engine 2019* para realizar a configuração dos comportamentos dos objetos. Foi criado um *script* na programação *C#,* possibilitando que os marcadores fiduciais de Realidade Aumentada sejam lidos e projetados dentro da RV. Todos esses processos foram realizados em um computador com processador *Intel Core i7* 10° geração, com 32G de *RAM* e placa de vídeo *GEFORCE RTX 2060*.

- **Óculos de RV:** foi utilizado o *Oculus Quest* (Figura 2e) com a conexão por fio com o *Oculus Link*[3] para possibilitar a comunicação com o computador e realizar a projeção do modelo de RV no *Oculus Quest*.

Na Figura 3 é possível observar uma proposta da estrutura da interface de manipulação em conjunto.

Figura 2 – Recursos utilizados.



(a)Mesa tangível (b) maquete tangível (c) marcador fiducial

Fonte: Autores (2021)

3 https://www.oculus.com/accessories/oculus-link/

Figura 2 – Recursos utilizados (continuação).



(d) modelo *Sketchup*

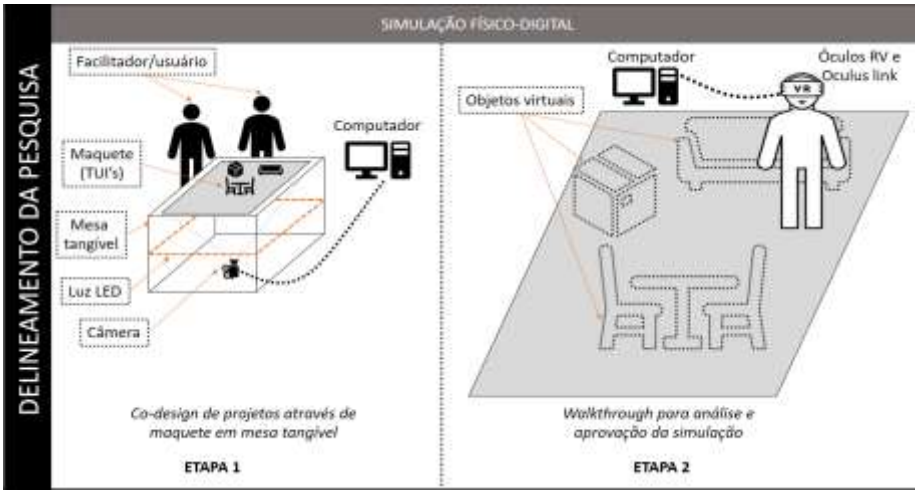
Fonte: Autores (2021)



(e) *Oculos Quest*

Fonte: https://www.oculus.com

Figura 3 – Artefato físico-digital



Fonte: Autores (2021)

A análise para a verificação dos resultados desta etapa do estudo piloto está embasada nos seguintes critérios: leitura precisa do marcador fiducial, representação análoga do modelo físico (*TUI*) dentro da MRV e viabilidade de *walkthrough* virtual imersivo no ambiente projetado.

5 DISCUSSÕES

Embora ainda preliminares, os testes mostram a possibilidade de criação de uma inovadora ferramenta físico-digital *(M*RV interligada com a maquete física tangível), possibilitando assim a proposição do leiaute de um ambiente no processo de co-design.

Ao posicionar o modelo físico (maquete) sobre a mesa tangível, o sistema realiza a leitura do marcador fiducial e insere o modelo virtual correspondente em escala real dentro da *MRV*. Ao se realizar o movimento do modelo físico, o mesmo movimento é interpretado e realizado pela ferramenta, reposicionando o objeto no mundo virtual. Em alguns momentos, a *webcam* demonstrou dificuldades de leitura do marcador fiducial fixado sob o modelo físico. Dessa forma, foi necessário realizar um ajuste no distanciamento da *webcam* em relação ao tampo da mesa tangível. Essa dificuldade pode ter origem devido ao tamanho e tipo de marcador utilizado (marcador fiducial preto e branco) e configuração do modelo da *webcam*.

Também foi verificado que a imagem virtual do objeto possui uma vibração, mesmo

com o marcador em repouso, a qual resulta no desconforto visual do usuário imerso no ambiente virtual. Essa vibração pode ser resultado do tipo de marcador, *webcam* e retroiluminação utilizados e poderá ser resolvido com a pesquisa de outros tipos de marcadores e equipamentos.

Por fim, a ligação via cabo do *Oculus Link* possibilitou a exploração do ambiente e dos objetos virtuais sob diversas perspectivas, porém com algumas restrições de movimento devido ao comprimento do cabo, limitando a exploração física do ambiente e comprometendo a experiência do usuário. Além desse fator, é necessário garantir que a sala física onde se realiza a simulação possua uma dimensão compatível com a da maquete virtual, evitando assim acidentes com o usuário e melhorando a liberdade na experiência do *Walkthrough*.

6 CONCLUSÕES

Embora a pesquisa ainda esteja em um processo inicial de desenvolvimento, os resultados encontrados demonstram a viabilidade de sua implementação e uma importante contribuição devido ao seu conceito inovador perante as demais ferramentas de RV para co-design. Mesmo assim, algumas inconsistências ainda devem ser revisadas para melhorar a experiência da utilização do artefato físico-digital, tais como:

- **Liberdade de movimentos:** para dar maior liberdade ao usuário deve-se realizar a ligação do *Oculus Quest* com o computador através da rede *Wi-fi* ou através de um cabo com maior comprimento.

- **Sistema de identificação dos marcadores:** melhorar a forma de detecção dos marcadores pode auxiliar na facilidade de detecção e maior qualidade do objeto virtual. Isso pode ser realizado através da escolha correta do tipo de marcador (Figura 4): QR-Code (a), marcador fiducial preto e branco (b), imagem com quadro (c) ou imagem natural (d);

Figura 4 – Tipos de marcadores



(a) (b) (c) (d)

Fonte: Autores (2021) e www.xzimg.com.

- **Definição do tamanho dos marcadores fiduciais:** a dimensão dos marcadores devem ser a menor possível para serem fixados nos objetos (maquete física) menores, porém deve possibilitar uma boa leitura pela *webcam* do sistema. Essa definição também será necessária para o estudo ideal da escala da maquete física utilizada e o campo de leitura da *webcam*;

- **Número de marcadores:** identificar o número máximo ou ideal de marcadores que podem ser utilizados em uma simulação para não sobrecarregar o sistema e evitar falhas durante a imersão. Isso poderá identificar o tamanho máximo do projeto estudado ou a limitação do sistema computacional;

- **Tamanho da mesa tangível:** realizar testes de qualidade de captura da *webcam* e da superfície da mesa (vidro, acrílico ou vidro com película translúcida) para identificar a melhor configuração e a sua dimensão. Essa configuração poderá

ser um limitador da dimensão dos ambientes analisados ou a escala da maquete física (*TUI*) utilizada;

- **Câmera Infravermelha:** realizar testes com webcam e iluminação interna da mesa tangível com infravermelho para identificar os ganhos ou perdas de qualidade de leitura dos marcadores.

Com a viabilidade de desenvolvimento da ferramenta proposta, os trabalhos futuros serão baseados nas seguintes hipóteses: (i) o usuário leigo possui uma afinidade muita mais próxima de uma maquete física do que com projetos técnicos (plantas, cortes e elevações), o que aumenta seu engajamento na participação e seu envolvimento com o projeto, (ii) a visualização automática de sua criação em um ambiente de RV facilita a compreensão de seu ambiente co-projetado e diminui as dúvidas que ainda possam existir durante a montagem da maquete física, além de poder experimentar sua criação antes mesmo de sua construção.

Por fim, estudos futuros devem se concentrar na criação completa do ambiente de EAS proposto, com a aplicação dos móveis e equipamentos recomendados pelo SomaSUS, utilizando a metodologia de CDBE com o auxílio da ferramenta físico-digital demonstrada.

REFERÊNCIAS

ARRIGHI, P-A.; MOUGENOT, C. Towards user empowerment in product design: a mixed reality tool for interactive virtual prototyping. **Journal of Intelligent Manufacturing**. Volume 30, Issue 2, pp 743–754, 2019.

BALTAZAR, A. P.; SOUZA, E. D. M.; PONTES. M. M.; GONÇALVES, F. S.; METZKER, L. S. Ambiente de imersão virtual como ferramenta para mudança de paradigma no processo de projeto arquitetônico: da representação à interação. XVIII Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital 2014. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3saeast1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2014/0114.pdf> Acesso em: 25 de mai. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **RDC nº 50**, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 20 de mar. de 2002.

BULLINGER, H.-J.; BAUER, W.; WENZEL, G.; BLACH, R. Towards user centred design (UCD) in architecture based on immersive virtual environments. **Computers in Industry**. 61, 4, p. 372-379, 2010.

CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. Métodos e instrumentos de apoio ao *codesign* no processo de projeto de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 111-131, jan./mar., 2018.

CAIXETA, M. C. B. F.; CAMELO, G. H.; FABRICIO, M. M. Avaliação pré-projeto por meio de modelos físicos e digitais de EAS. VIII Congresso Brasileiro para o Desenvolvimento de Edifícios Hospitalares (CBDEH). **Anais**... Curitiba, 2018.

CAIXETA, M. C. B. F.; TZORTZOPOULOS, P.; FABRICIO, M. M. User involvement in building design: a state-of-the-art review. **Pós**, Rev. Programa Pós-Grad. Arquit. Urban. FAUUSP. São Paulo, v. 26, n. 48, e151752, 2019.

CARVALHO, A. P. A.; VILAS-BOAS, D.; SOUZA, L. M.; FARIAS, P. M. Adaptações de estabelecimentos de saúde durante a pandemia covid-19. **Revista Ambiente Hospitalar.** n.13 - 1º Sem, p. 27-40, 2020.

DARIVA, L. C. T. L; MARCONSINI, C. O estudo dos fluxos no projeto hospitalar: inter-relações entre sistemas de circulação, organização espacial e forma. **Revista Ambiente Hospitalar.** n.13 - 1º Sem, p. 41-51, 2020.

FAY, L.; CARLL-WHITE, A.; HARREL, J. Coming Full Cycle: Linking POE Findings to Design Application. **Health Environments Research & Design (HERD)**. 10, 3, p. 83–98, 2016.

FIOCRUZ. Fundação Osvaldo Cruz. **Adaptação da capacidade hospitalar em resposta à pandemia por covid-19.** Nota Técnica. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/adaptacao-da-capacidade-hospitalar-em-resposta-pandemia-por-covid-19>. Acesso em: 10 de fev. 202.

FRIEMERT, D.; SAALA, F.; HARTMANN, H.; ELLEGAST, R. Similarities and differences in posture during simulated order picking in real life and virtual reality. **Digital human modeling:** applications in health, safety, ergonomics, and risk management. Vol. 10917, 2018, 41-53.

GAGER, M.; KEATING, L.; MOSSOP, D.; WILTSHIRE, M. Quality Time: Using experience-based co-design to capture emergency department staff experience. **The Journal of Health Design**, 5, 1, p. 215-222, 2020.

HONG, S. W.; PARK, J; CHO, M. Virtual vs. actual body: applicability of anthropomorphic avatars to enhance exploratory creativity in architectural design education. **Architectural Science Review**, 2019, vol. 62 (6) 520-527.

HQCA. **Simulation-based Mock-up Evaluation Framework.** Canada: Health Quality Council of Alberta (HQCA), 2016. Disponível em: <https://hqca.ca/wpcontent/uploads/2018/05/HQCA_SME_Framework_062217S.pdf. > Acesso em: 02 fev. 2021.

HQCA. **Healthcare Facility Mock-up Evaluation Guidelines**: Using Simulation to Optimize Return on Investment for Quality and Patient Safety. Canadá: Health Quality Council of Alberta, 2020. Disponível em: < https://hqca.ca/health-care-provider-resources/frameworks/simulation-based-mock-up-evaluation-framework/ >. Acesso em: 20 de mar. 2021.

IMAI, C. **A utilização de modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social:** o projeto Casa Fácil. São Paulo: USP, 2007.

IMAI, C. **O sonho da moradia no projeto:** o uso da maquete arquitetônica na simulação da habitação social. Maringá: EdUEM, 2010.

ISHII, H.; ULLMER, B. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. **Proceedings of CHI '97**, 1997.

MACHRY, H. S.; JOSEPH, A.; ALLISON, D.; BAYRAMZADEH, S. **Desenvolvendo e avaliando protótipos de uma sala cirúrgica:** O uso de simulações em maquetes físicas integradas a um processo iterativo de design baseado em evidências. VIII CBDEH, p.77-88, 2018.

MAURYA, S; ARAI, K.; MORIYA, K.; ARRIGHI, P.-A.; MOUGENOT, C. A mixed reality tool for end-users participation in early creative design tasks. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM).** volume 13, p.163–182, 2019.

MYERSON, J.; RAMSTER, G. Workplace health and wellbeing: can greater design participation provide a cure? In: TSEKLEVES, E.; COOPER, R. (eds) **Design for Health.** New York: Routledge, p. 347–357, 2017.

PEAVEY, E. K.; ZOSS, J.; e WATKINS, N. Simulation and Mock-up Research Methods to Enhance Design Decision Making. **HERD: Health Environments Research & Design Journal** 5, no. 3, p. 133-44, 2012.

RUBIO-TAMAYO, J. L.; BARRIO, M. G.; GARCÍA, F. G. Immersive Environments and Virtual Reality: Systematic Review and Advances in Communication, Interaction and Simulation. **Multimodal Technologies and Interaction**, 2017, 1, 21.

SACHS, N. A.; SHEPLEY, M. M.; PEDITTO, K.; HANKINSON, M. T.; SMITH, K. GIEBINK, B.; THOMPSON, T. Evaluation of mental and behavioral health patient room mockup at a VA Facility. **Health Environments Research & Design Journal**, 2019, Vol. 13(2) 46-67.

SALMASO, J.; VIZIOLI, S. H. T. O uso do modelo físico e digital nos processos de projeto da arquitetura contemporânea. In: Seminário Internacional Representar Brasil, 2., 2013, São Paulo. **Anais**... São Paulo: USP, 2013. p.1-15.

SANDERS, E.B.-N. **Postdesign and Participatory Culture.** Useful and Critical: The Position of Research in Design. Tuusula. 9-11, 1999.

SANDERS, E. B.-N., STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts**, v. 4, i. 1, p. 5-18, 2008.

SCHNABEL, M. A. The Immersive Virtual Environment Design Studio. In: WANG, X. e TSAI, J. J.-H. (Ed.). **Collaborative Design in Virtual Environments:** Springer Science+Business Media, v.48, 177-191, 2011.

SHAER, O.; HORNECKER, E. Tangible User Interfaces: past, present, and future directions. **Human–Computer Interaction.** Vol. 3, Nos. 1–2, 2009.

SILVA, A. B. A., NUNES, C. S.; MEDVEDOVSKI, N. S. Entre o virtual e o tangível: Parametria de mobiliário para promover processos colaborativos em contextos de habitação de interesse social. **PIXO**, n.17, v.5, 2021.

SOMASUS - **Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde**, 2021. Disponível em: <__http://somasus.saude.gov.br/somasus/redirect!tamanhoTela.action >. Acesso em: 15 de jun.2021.

SOUZA, M. P. **Avaliação comparativa de instrumentos de simulação de projeto habitacional:** o modelo tridimensional físico e a realidade virtual. Dissertação (mestrado), PPU/UEL: Londrina, 2018.

SUN, C.; HU, W.; XU, D. Navigation modes, operation methods, observation scales and background options in UI design for high learning performance I VR-based architectural applications. **Journal of computational design and engineering**, vol. 6 (2) 2019, 189-196.

SVIDT, K., SØRENSEN, J. B**.** Development of a Virtual Reality Solution for End User Involvement in Interior Design. **Virtual Reality** - Volume 2 – eCAADe, 2016.

TRISCHLER, J.; PERVAN, S. J.; KELLY, S. J.; SCOTT, D. R. The Value of Codesign: The Effect of Customer Involvement in Service Design Teams. **Journal of Service Research,** Vol. 21(1) 75-100, 2017.

WAROONKUN, T. An investigation of nursing staff input for the co-design of an outpatient department. **Urbanism. Architecture. Constructions.** Vol. 10, Ed. 2, p. 113-122, 2019.

WHO. Word Health Organization. **Severe acute Respiratory infections treatment centre**. Geneva, 2020a. Disponível em: < https://www.who.int/publications/i/item/10665-331603. > Acesso em: 10 de fev.2021.

WHO. Word Health Organization. **Critical preparedness, readiness and response actions for COVID-19.** 2020b. Disponível em: < https://www.who.int/publications-detail/critical-preparedness-readiness-andresponse-actions-for-covid-19>. Acesso em 10 fev. 2021.

WINGLER, D.; MACHRY, H.; BAYARAMZADEH, S.; JOSEPH, A.; ALISON, D. Comparing the effectiveness of four different design media in communicating desired performance outcomes with clinical end users. **Health Environments Research & Design Journal**, 2019, Vol. 12(2) 87-99.

YABUKI, N. Impact of Collaborative Virtual Environments on Design Process. In: WANG, X. e TSAI, J. J.-H. (Ed.). **Collaborative Design in Virtual Environments:** Springer Science+Business Media, v.48, 103-110, 2011.