

Tecnologias do Design-verso: Investigação qualitativa de ambiente e objetos em realidade virtual para avaliações visuais de UX e HCI

*Design-verse technologies:
Qualitative investigation of environments
and objects in virtual reality for visual
evaluations of UX and HCI*

Rodolfo Nucci Porsani
UNESP - Universidade Estadual
Paulista, Campus Bauru
rodolfo.n.porsani@unesp.br

Paula Poiet Sampedro
UEM - Universidade Estadual
de Maringá
ppsampedro2@uem.br

Vinicius Santos Andrade
UNISAGRADO - Centro
Universitário Sagrado Coração,
Bauru
vinicius.andrade@unesp.br

Luis Carlos Paschoarelli
UNESP - Universidade Estadual
Paulista, Campus Bauru
luis.paschoarelli@unesp.br

Este artigo aborda a Realidade Virtual (VR) aplicada ao Design, com foco na Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) de artefatos fundamentados em User Experience (UX) e Human Computer Interaction (HCI). Como questão de pesquisa, aponta-se: É possível reconhecer visualmente objetos reais transpostos para ambiente de realidade virtual (VR), e avaliar suas dimensões gerais e aspectos estéticos como forma, cor e textura por meio de diferentes dimensões perceptivas (Semântica, Usabilidade Aparente e Resposta Emocional) a nível de interação visual? Após revisões bibliográficas, aprofundamentos práticos, a digitalização de objetos e inserção desses modelos em um ambiente VR, uma Avaliação Qualitativa foi realizada com 8 participantes de Pós-Graduação em Design, Artes, Arquitetura e Tecnologia. Os resultados indicam a viabilidade da representação visual realista de produtos, permitindo análises nas dimensões estética, simbólica, emocional e de usabilidade aparente. Neste trabalho são destacados os potenciais da VR como ferramenta projetual e avaliativa, além das limitações da tecnologia e sugestões para futuras pesquisas.

Palavras-chave realidade virtual, metaverso, design de produto, tecnologia, UXVR, Pesquisa Desenvolvimento e Inovação.

This article addresses Virtual Reality (VR) applied to Design, focusing on its contribution to Research, Development and Innovation (RDI) of artifacts based on User Experience (UX) and Human Computer Interaction (HCI). The research question: Is it possible to visually recognize real objects transposed into a virtual reality (VR) environment, and evaluate their general dimensions and aesthetic aspects such as shape, color and texture through different perceptual dimensions (Semantics, Apparent Usability and Emotional Response)? After bibliographical reviews, practical in-depth studies and digitization of objects for VR, a Qualitative Assessment was carried out with 8 Postgraduate participants in Design, Arts, Architecture and Technology. The results indicate the feasibility of realistic visual representation of products, allowing analyzes in the aesthetic, symbolic, emotional and apparent usability dimensions. The potential of VR as a design and evaluation tool, limitations of the technology and suggestions for future research are highlighted.

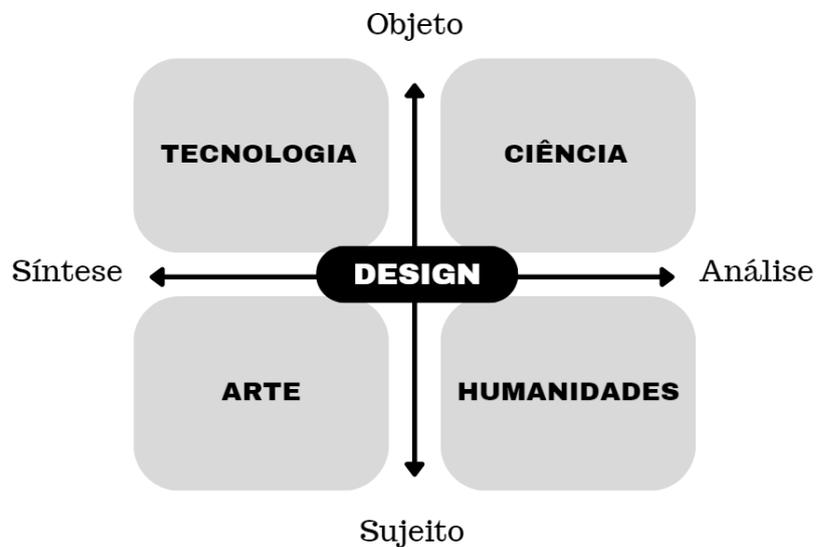
Keywords virtual reality, metaverse, product design, technology, UXVR. Surveys.

1. Introdução

O Design consolidou-se de forma transdisciplinar, interagindo com diversas áreas como Arte, Arquitetura, Engenharia e Medicina. Envolve pesquisa, criação, desenvolvimento, produção e distribuição de artefatos, ambientes e serviços, com foco na experiência e nos fatores humanos. Ao longo dos anos, o Design inovou metodologias, tecnologias e materiais, proporcionando soluções acessíveis, sustentáveis, seguras e satisfatórias aos usuários (Porsani et al, 2022). Sua abordagem holística considera as demandas dos usuários, limitações, condições ambientais, inspiração na natureza, tecnologia disponível e diretrizes de projeto (Porsani et al, 2023a).

O Design é conceituado por Bezerra (2008), como uma área do conhecimento responsável pela inovação, dada sua conexão com as dimensões humanas, das Artes, da Ciência e da Tecnologia. Em sua representação (Figura 1), Bezerra (2008) propõe um macro modelo sobre design, cujo eixo horizontal apresenta: "análise", compreende o entendimento do problema, "síntese", envolve a criação ou resolução do problema. No eixo vertical, o "objeto" refere-se ao concreto no mundo real, e o "sujeito" remete ao abstrato e interno em nossas mentes. O autor (2008, p.21) complementa "é importante e fundamental para o inovador navegar em várias dimensões do conhecimento e entender que as soluções inovadoras se encontram nas encruzilhadas intelectuais e nas conexões de conhecimentos."

Figura 1. Macro modelo sobre design.
Fonte: Adaptado de Bezerra (2008).



Quando consideramos o usuário sob o ponto de vista da Ergonomia, Hedonomia e Fatores Humanos, é essencial contemplar diversas variáveis que impactam na interação entre humano e artefato. Porsani et al. (2022) alerta para a necessidade de se manter esforços no objetivo de explorar e conhecer mais sobre a pessoa "para quem se projeta", devendo-se sempre levar em conta as questões ergonômicas, hedônicas, emocionais, pensando em projetar mais do que apenas artefatos, sistemas, ambientes e serviços, mas também o desenvolvimento de relações de affordance humano-artefato mais saudáveis, seguras, prazerosas, satisfatórias, responsivas que propiciem uma boa experiência ao usuário.

Manu (1995) propõem que, geralmente, buscamos objetos que atendam às nossas necessidades emocionais, não apenas aqueles que solucionam necessidades mecânicas essenciais, mas que também proporcionam satisfação e um sentimento de completude. As emoções não devem ser encaradas apenas como um resultado, mas como algo que o designer deve ponderar desde as fases iniciais do projeto.

Jordan (1999) oferece exemplos de prazeres resultantes dessas interações, como o prazer fisiológico (relacionado ao corpo e aos sentidos), psicológico (ligado às atividades mentais e conclusão de tarefas), prazer ideológico (oriundo de conceitos teóricos, como livros e arte), e prazer social (derivado das interações em sociedade).

Norman (2002) afirma que o bom projeto é quando a beleza e a usabilidade estão em equilíbrio. Norman (2008) propõe três estratégias de design para influenciar positivamente o usuário através de um artefato: design para aparência (ou design visceral), design para conforto/facilidade de uso (design comportamental) e design para significado reflexivo (design reflexivo).

Lobach (2011) sugere compreender os elementos configurativos dos artefatos, onde a estética é resultado da relação entre o objeto e a percepção do observador. Ele destaca macroelementos (forma, material, superfície, cor, etc.) e microelementos, que surgem não imediatamente na percepção. Um bom projeto, segundo Lobach, atende às demandas dos usuários por meio de relações estabelecidas durante o uso, carregando funções estéticas, práticas e simbólicas.

Baxter (2012) categoriza a percepção sobre produtos em três níveis: o básico, ligado à imagem visual (pré-atenção); o intermediário, envolvendo a capacidade de processamento visual para observar e avaliar características específicas; e o mais alto, relacionado a fatores socioculturais e econômicos.

Portanto, evidencia-se que o observador é influenciado por elementos configurativos e aspectos visuais aparentes dos produtos, como cor, forma, textura e acabamentos. Lisboa e Bisognin (2003) concordam que produtos com valores estéticos bem desenvolvidos, além de funcionais, podem aumentar a credibilidade e satisfação do consumidor, sendo a percepção do usuário moldada por fatores endógenos e exógenos, tanto individual quanto coletivamente em interações sociais. Complementa Kindlein (2008) que o Design é comumente relacionado à sua capacidade de conferir forma e função a um objeto, contudo, há outro aspecto relevante: a emoção que pode ser obtida através do design consciente e a maior exploração dos sentidos desde o início de seu desenvolvimento. Ainda segundo Kindlein (2008) a percepção pelos sentidos é o acesso ao conhecimento e nossa forma de interagir com o mundo. Esta realidade percebida gera respostas emocionais vinculadas aos referenciais individuais, dinâmica fundamental para as escolhas de produtos. A interação entre produto e emoções é essencial no processo de design.

Neste sentido deve-se sempre considerar fatores da HCI como a percepção visual de forma (Abe-gaz et al., 2015) e cor (Liu et al. 2021), experiência emocional positiva (Yoon et al., 2020; Desmet et al., 2021) e as características físicas e psicocognitivas dos usuários (Sonderegger, 2010 e 2016). O estado emocional é influenciado por diversos elementos na interação entre ser humano e produto, tais como valores pessoais, significado atribuído ao produto, contexto de utilização, características intrínsecas do produto (Haddon, 2007) e experiências prévias (Yoon, et al. 2020).

A interpretação dessa interação complexa é o resultado de uma combinação intrincada de características e associações de conceitos relacionados à cor (Ng e Chan, 2018), preferências individuais, significados culturais (Prado-León, 2015; Won, et al 2018), avaliação de valor (Hsieh et al.2018) e memória emocional (Yu, et al 2017).

Em meio a essas múltiplas condições, o elemento cor pode desempenhar um papel de variável visual de grande importância e estímulo emocional. Isso pode ativar processos cognitivos e impactar o comportamento do indivíduo (Ding, et al. 2021). Por sua vez, Lanutti (2019) investiga o papel do design na aceitação e adoção bem-sucedida de cadeiras de rodas. A autora (2019) questiona quais fatores estéticos, como cor, forma e customização, são mais relevantes para uma percepção positiva do objeto, enfatizando a necessidade de investigar aspectos subjetivos, especialmente os simbólicos e emocionais, para combater o estigma negativo associado às tecnologias assistivas.

Alves et al. (2022a), discutem a relação sobre as características de cor e seu papel relevante nos fatores humanos e no design orientado por emoções. Alves et al. (2022b) e Alves et al. (2022c) investigaram empiricamente o elemento cor aplicado à utensílios de cozinha e observaram que a cor e idade são variáveis importantes na usabilidade destes objetos e destacaram a importância de uma abordagem mista (quali-quantitativa) para investigações na área. Já Alves e Paschoarelli (2022d) registram que o elemento cor pode interferir na percepção e na avaliação de produtos físicos e digitais.

Quanto às texturas dos objetos, Kindlein (2008, p.91) aponta que a primeira impressão de um produto está fortemente associada à superfície do material, que serve como a interface entre o usuário e o objeto, sendo o local tangível da transferência de informação. A conexão emocional entre o produto e o usuário pode ser estabelecida através do uso de texturas, pois o relevo influencia tanto a percepção visual quanto tátil e atrai a atenção, facilita a concentração e compreensão dos aspectos físicos do material. Neste sentido Kunzler (2003) considera três aspectos importantes na percepção da textura: a rugosidade, a dureza e a condutividade térmica; que podem ser observadas tanto na interação visual quanto tátil com os objetos.

O elemento configurativo da forma e modo de uso (usabilidade aparente do artefato) são explorados por autores já consolidados como Norman (2008 e 2018), que aborda como objetos cotidianos podem ser mais intuitivos e usáveis, enfatiza a importância de uma interface amigável, critica o design que leva a confusões e erros por parte dos usuários e promove a ideia de que o design deve se adequar à mente humana para proporcionar uma melhor experiência.

Por sua vez, Petroski (1994) explora a história e evolução de objetos cotidianos, desde sua concepção até a forma atual, destacando como o design de objetos é influenciado por necessidades práticas, inovações e ajustes ao longo do tempo, oferecendo uma perspectiva sobre as complexidades do desenvolvimento de itens comuns e seu impacto na sociedade.

Cardoso (2013) propõe que é essencial ter uma compreensão prévia e coesa do propósito que se pretende alcançar ao projetar. As configurações dos artefatos não são dotadas de significados fixos, as formas materializam os conceitos subjacentes à sua criação, seguindo uma "lógica construtiva", que resulta da combinação das ideias presentes em seu design com os materiais e as condições de fabricação. Ao mesmo tempo que, formas e artefatos são suscetíveis à adaptação pelo uso e estão sujeitos às mudanças na percepção por meio do julgamento individual.

Cardoso (2013) ainda aponta que a "Forma" não é um quantum estável, eterno e imutável desde sempre, mas sim o resultado de uma transformação. E compreender a lógica pela qual as formas são constituídas revela que elas podem passar por mudanças e adquirir novos significados ao longo do tempo. Para o autor, nos dias atuais ocorre uma crescente influência do mundo virtual na visualidade, através de processos como manipulação, simulação e emulação, que são capazes de redefinir todos os parâmetros para a discussão da forma.

Neste cenário, a VR é reconhecida como uma avançada interface de interação, que possibilita o acesso a programas computacionais que viabilizam a interação com pessoas, inteligências artificiais, ambientes

e objetos tridimensionais em tempo real (Kimer et al., 2006). De acordo com uma definição proposta por Jerald (2015), a VR é caracterizada como um ambiente digital, imersivo e interativo que simula experiências de maneira convincente. Conforme observado por Tori e Hounsell (2020), a VR têm a capacidade de proporcionar experiências e informações que não estão disponíveis na realidade convencional. Estes ambientes podem criar simulações imersivas, permitindo aos usuários explorar novos lugares, atividades e experiências de forma lúdica, dinâmica e envolvente, indo além das possibilidades oferecidas pelos ambientes reais.

Desse modo, observa-se que a VR viabiliza a interação imersiva, sendo amplamente empregada em diversas áreas, como jogos, entretenimento, simulação de treinamento, aprendizado e ensino, prestação de serviços, pesquisas científicas, tratamentos na área da saúde, e outras aplicações (Porsani et al., 2023b).

Pesquisas envolvendo VR aplicadas ao contexto de patrimônio arquitetônico, a fins de preservação, restauração, registro e educação, são abordadas por diferentes autores (Anderson et al., 2009; Mortara et al., 2014; Oliveira, 2016; Abdelmonem, 2017; Ioannides et al. 2017; Linhares e Groetelars, 2019a; 2019b; 2021a; 2021b; 2022; Pinheiro, 2020; Silva, 2022). Acerca de elementos da UX e na linha de Tecnologias Midiáticas, Sampedro (2021), aponta para fatores importantes que devem ser priorizados como: presença, imersão, envolvimento/engajamento, fluxo, telepresença, coerência, realismo e fidelidade. Por sua vez, Almeida, et al. (2023) adentram estudos ao campo das experiências multiplayer (multijogadores) e dos princípios de UX e UI (user Interface, em português, Interface do usuário) em ambiente de VR, com foco no avanço de projetos envolvendo metaversos imersivos voltados ao treinamento industrial.

Ressalta-se a importância do fator de realismo percebido pelo usuário. Bridge et al. (2007) afirmam que o realismo está positivamente relacionado à melhoria do desempenho, prazer e interação. Tal ideia é corroborada por Park et al. (2018), que reforçam que a qualidade da experiência geral em VR está diretamente ligada a este fator oferecido pelos aplicativos e hardwares. Por fim, Bae et al. (2012) propõem que o realismo percebido está diretamente relacionado à imersão e à sensação de presença.

Quanto à imersão, Slater e Wilbur (1997) afirmam ser um estado de consciência no qual o usuário realmente acredita estar fisicamente presente em um ambiente virtual. Segundo Lombard e Ditton (1997), a sensação de presença é a percepção ilusória de não mediação tecnológica. Por sua vez, Jerald (2015) classifica quatro categorias de ilusão de presença: a presença espacial (referente a perceber-se em determinado local), a presença corporal (referente a perceber-se em um determinado corpo), a presença física (percepção e interação com os artefatos do cenário) e a presença social (interação com demais usuários e personagens do ambiente).

Ainda segundo Jerald (2016, p.183), outro fator importante é a latência ou tempo de reação do sistema e resposta resultante dessa interação para o olho do usuário. Tori et al (2018) recomenda um fator tempo de latência baixo, abaixo de 20 milissegundos, posto que a reprodução de imagens atrasadas pode acarretar em uma percepção negativa por parte do usuário, causando enjoos, dores de cabeça e degradação da acuidade visual, comprometendo o desempenho da aplicação, o realismo, a sensação de presença e dificultando o aprendizado (Jerald, 2016).

Ainda sobre os fatores relacionados à tecnologia de VR, Cummings et al. (2012) elenca diversas variáveis, são elas: a resolução e qualidade das imagens; o tamanho do campo visual; a estereoscopia (referente a percepção de proporções, volume e profundidade); os graus de liberdade (referente ao rastreamento dos movimentos humanos); a variedade de estímulos sensoriais e a combinação destes (visão, tato, audição, dentre outros); a interatividade e o realismo dos ambientes e artefatos; o contexto de enredo qual o usuário está imerso e a sensação de presença e pertencimento.

Por fim, recomenda-se o Design Centrado no Humano, conforme proposto por Norman (2008): “Bons designs incluem tudo isto – prazer estético, arte, criatividade –, e ao mesmo tempo são usáveis, de fácil operação e prazerosos.” Esses elementos, juntamente com as questões individuais e específicas dos usuários, são essenciais para o desenvolvimento de projetos e experiências em VR. Lethonen et al. (2005) endossam essa perspectiva ao sugerir que artefatos e ambientes em VR, quando bem desenvolvidos e projetados, têm o potencial de evocar respostas cognitivas e emocionais agradáveis nos usuários, contribuindo para uma experiência positiva com a tecnologia.

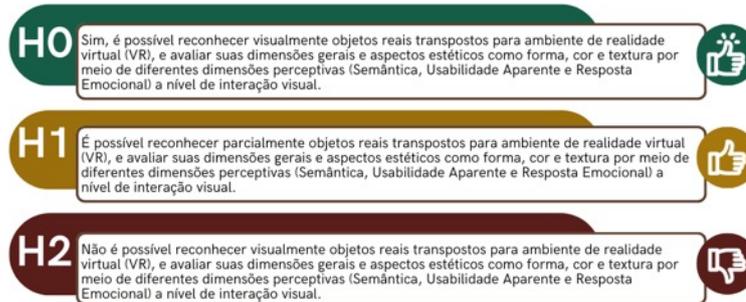
No contexto tecnológico atual, a conexão rápida entre pessoas, máquinas e ferramentas reduz custos, otimiza processos e recursos. Neste cenário, segundo Pereira e Santos (2022), a Tecnologia da Informação (TI) facilita a otimização, projeção e fabricação de produtos, fortalecendo a relação entre Indústria 5.0 e Design e possibilitando a criação de produtos e serviços inovadores. Este trabalho investiga, no âmbito do Design, como as tecnologias emergentes de VR contribuem para a área projetual, abordando sua inserção na pesquisa e desenvolvimento de artefatos, sistemas e serviços inovadores. São apresentados registros da etapa de avaliação qualitativa com especialistas a nível de pós-graduação, sobre suas experiências após a imersão em laboratório de VR e interação observacional com objetos destinados à pesquisa a nível visual. O presente artigo é um recorte de uma pesquisa de doutorado, vinculada ao Laboratório de Ergonomia e Interfaces LEI, e ao Programa de Pós Graduação em Design da Faculdade de Artes Arquitetura Comunicação e Design - FAAC, UNESP Bauru - SP

2. Material e Métodos

Este artigo é um recorte da etapa de avaliação qualitativa de uma investigação mais ampla, denominada **“Avaliações de Design Ergonômico e Experiência do Usuário em Ambiente Real e Virtual”**, vinculada ao programa de pós-graduação em design, doutorado, da FAAC, Unesp-Bauru. Esta pesquisa se norteia pela seguinte pergunta: É possível reconhecer visualmente objetos reais transpostos para ambiente de realidade virtual (VR), e avaliar suas dimensões gerais e aspectos estéticos como forma, cor e textura por meio de diferentes dimensões perceptivas (Semântica, Usabilidade Aparente e Resposta Emocional) a nível de interação visual?

Os objetivos foram avaliar os potenciais e limitações das tecnologias abordadas, bem como tentar compreender as variáveis condicionantes do desenvolvimento do ambiente e dos artefatos em realidade virtual, por meio de uma abordagem qualitativa com pesquisadores de pós-graduação em Artes, Arquitetura e Design após experiência imersiva. A Figura 2 demonstra as hipóteses testadas.

Figura 2. As hipóteses são:
Fonte: Os autores, 2023.



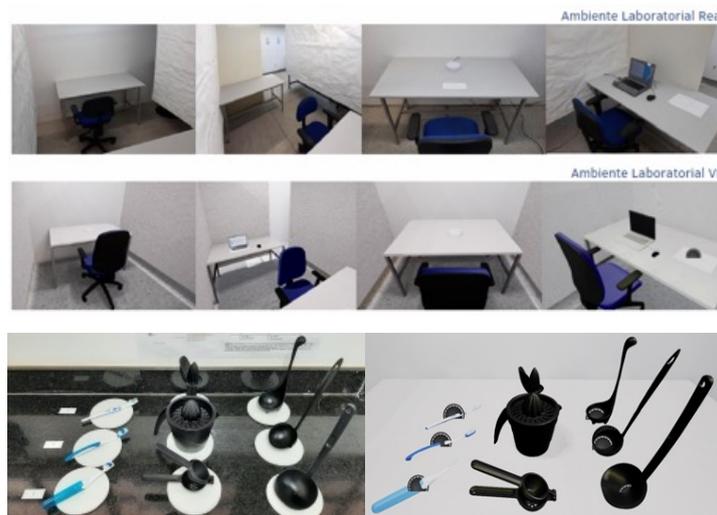
O *headset* escolhido para esta pesquisa foi o Meta-Quest 2 (Figura 3), os critérios de escolha são os melhores descritos por Porsani (2023 C) e o detalhamento do Headset, computador utilizado no escaneamento, modelagem e renderização, bem como modelo do scanner, especificações e registro da etapa prática do desenvolvimento do ambiente e objetos em VR (Figura 4) são detalhadamente descritos no trabalho Porsani et al (2024)

Figura 3. À esquerda: *headset* Oculus Meta Quest 2. À direita: configuração da central de trabalho.
Fonte: Porsani et al. (2024).



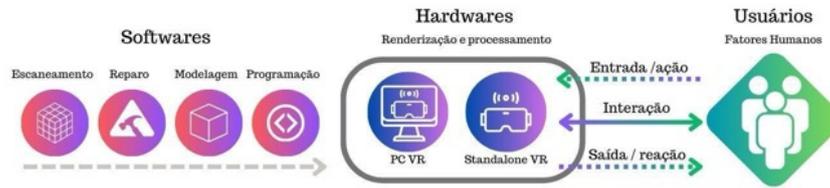
A modelagem do ambiente ocorreu no Software Sketchup Pro 2021, e teve como base as medidas principais do laboratório e seus mobiliários e equipamentos. Os artefatos avaliados foram selecionados e digitalizados por meio de escaneamento 3D EinScan-SE, com software próprio EXScan S v3.1.0.1. Na sequência foram utilizados os softwares GOM Inspect para correção de malha e o Software de modelagem digital gratuito BLENDER 3D 2023 para edição e ajustes. Por fim as malhas foram implementadas na Unreal 5 em ambiente VR, onde foram simuladas condições de iluminação, cor e textura, para além das *user-interfaces*. Para maiores detalhes (Porsani et al. 2024).

Figura 4. Registros fotográficos do ambiente laboratorial real (imagens superiores); registros internos do espaço laboratorial VR (central); registro fotográfico dos objetos reais (inferior esquerda); registro dos objetos virtuais (modelados digitalmente) em ambiente virtual (inferior direita).
Fonte: Porsani et al. (2024).



As etapas previamente descritas e suas seqüências de execução são apresentadas resumidamente na Figura 5, onde é descrita a seqüência do processo: primeiramente, softwares de escaneamento, reparo de malha, modelagem e otimização, programação para implementação em PC VR e *StandAlone*, seguindo os critérios de renderização e processamento de dados; por fim, teste com usuários para verificação da interação, seguindo princípios da HCI e fatores humanos.

Figura 5. Seqüência dos processos de integração dos softwares, hardwares e usuários
 Fonte: Os autores, 2023.

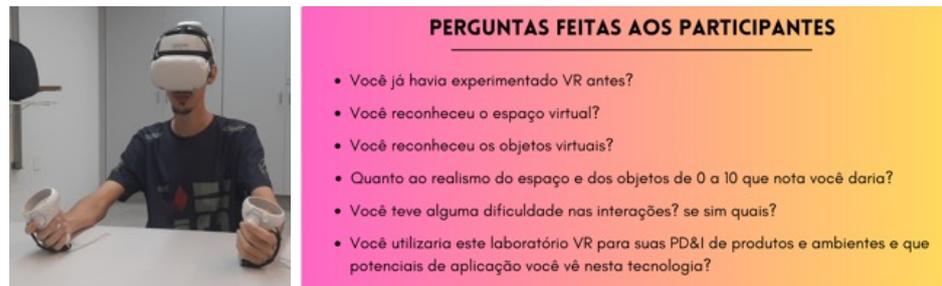


Após os estudos bibliográficos, criação dos ambientes e testes realizados, a pesquisa se direcionou para a avaliação das respostas dos usuários. Essa etapa, assim como as perguntas realizadas e forma de avaliação são descritas na próxima seqüência.

3. Avaliação

Finalizado a prototipação do ambiente, dos objetos e sua implementação interativa em ambiente VR, iniciou-se uma verificação de possíveis problemas de interação usuário-interface com um teste qualitativo. Foram selecionados 8 especialistas a nível de pós-graduação (mestrado e doutorado) com conhecimento na área de UX, Design, Artes, Arquitetura e Computação, que foram mantidos em anonimato e, que já haviam tido contato com o laboratório físico e/ou os objetos reais. Realizou-se então uma experiência de imersão no laboratório em VR para o reconhecimento do espaço e dos objetos. Após a experiência imersiva sem restrição de tempo, foram realizadas entrevistas com seqüências de perguntas (Figura 6) e respostas orais gravadas.

Figura 6. Registro da imersão de um dos participantes (esquerda) e perguntas feitas a todos os participantes (direita).
 Fonte: Os autores, 2023.



Efetuada a gravação em áudio das entrevistas, os dados foram transcritos em texto e avaliados qualitativamente. Da amostragem de 8 participantes distribuídos igualmente entre os gêneros masculino (média etária 27,5 anos, desvio padrão 4,93) e feminino (média etária 29,25 anos, desvio padrão 3,86). A nota média relatada para o ambiente foi 9.19pts com 1.13pts de desvio padrão e para os objetos 9,37 pts e desvio padrão de 0,79 pts em uma escala de 0 pts a 10pts (Figura 7).

Figura 7. Nota de avaliação do espaço e objetos em VR (média e desvio padrão) e caracterização da amostragem (média etária e desvio padrão).
 Fonte: Os autores, 2023.



4. Resultados

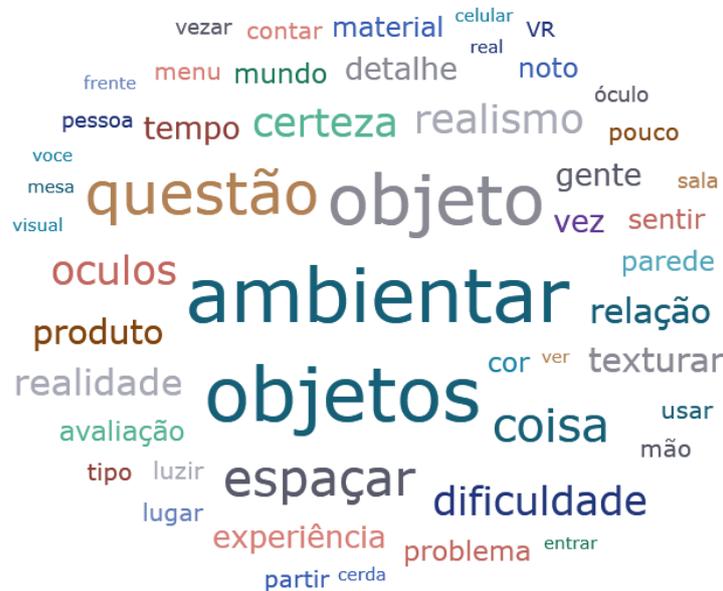
As respostas dos participantes da entrevista apontam para uma percepção positiva acerca do ambiente e dos objetos, bem como do potencial do uso de VR para avaliação da interação usuário-artefato relativa à percepção visual nas dimensões semântica, usabilidade aparente e reação emocional.

A maioria da amostra deste estudo relatou pouca ou nenhuma experiência prévia com a tecnologia VR, dois participantes (nº 7 e 8) relataram experiência com essa tecnologia. Dos resultados, destaca-se que, de modo geral, foram sugeridas melhorias quanto às resoluções e realismos de alguns objetos e do cenário, da iluminação e texturização. Também foram apontadas dificuldades iniciais da interação com os controles e menus (que serão aprimorados). De modo amplo a avaliação por parte dos especialistas foi positiva, todos relataram que fariam o uso da VR para PDI de produtos e ambientes, antecipando etapas de avaliação a nível visual para ambiente virtual, reduzindo riscos, custos, tempo e otimizando recursos.

Utilizou-se da Inteligência Artificial Atlas.TI para análise qualitativa dos dados em nuvem de palavras (Figura 8) e em avaliação e síntese textual das respostas. Segundo a plataforma de IA:

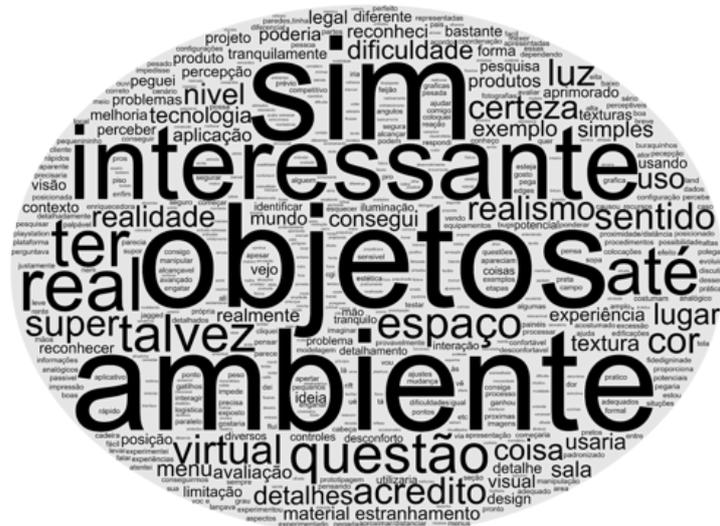
Em resumo, os participantes da entrevista observaram alguns problemas de qualidade visual, mas elogiaram a fidelidade dos objetos escaneados na realidade virtual. Embora tenham enfrentado breves dificuldades com os controles e poucos desconfortos com os óculos, acreditam no potencial da realidade virtual para pesquisas de percepção visual. Destacaram a importância de experimentar a tecnologia e expressaram interesse em utilizar o laboratório de VR para suas pesquisas. Os usuários tiveram uma boa experiência, destacando a facilidade de construir cenários e a imersão proporcionada pela tecnologia. Apontaram áreas de melhoria, como iluminação e reflexos, mas consideraram a experiência geral como positiva. Não relataram problemas de náusea ou desconforto ao usar os óculos de VR, reconhecendo o realismo dos objetos virtuais. Eles elogiaram a UX e visualizaram aplicações em prototipagem, avaliação estética, educação e entretenimento, reconhecendo o potencial logístico e o realismo da VR.

Figura 8. Nuvem de palavras do Atlas.TI com base nas respostas da entrevista. Fonte: Os autores, 2023.



Foi utilizado também a Inteligência Artificial gratuita WordClouds (<https://www.wordclouds.com/>) sobre a base de respostas dos participantes. Excluindo conectivos, pontuações e repetições, obteve-se a nuvem de palavras representada na Figura 9, que representa graficamente os termos utilizados com maior frequência nas respostas.

Figura 9. Nuvem de palavras da WordClouds com base nas respostas da entrevista. Fonte: Os autores, 2023.



Outras pesquisas relatam aspectos positivos da implementação da realidade virtual no desenvolvimento e análise de artefatos e ambientes, e corroboram resultados qualitativos de amostra com especialistas em PHD. Autores como Benford e Giannachi (2011) argumentam que a VR oferece a oportunidade de melhorar significativamente a experiência do usuário, criando ambientes mais imersivos e interativos. Essa melhoria é especialmente relevante para pesquisadores que buscam ambientes ricos para suas pesquisas e análises.

Por sua vez e Slater, Usoh e Steed (1994) e Slater e Steed (2000) exploram como a VR, a imersão e sensação de presença podem facilitar a colaboração em projetos complexos, permitindo que especialistas em diferentes locais compartilhem espaços virtuais e analisem artefatos de maneira mais eficiente. Jerald (2015 e 2016) destaca o potencial da VR para a pesquisa em design centrado no usuário. O autor sugere que designers, artistas, arquitetos e projetistas podem explorar a interação entre usuários e artefatos virtuais para aprimorar os produtos de acordo com as necessidades específicas dos usuários. Esses pontos oferecem uma visão geral de como a implementação da VR pode ter impactos positivos no desenvolvimento e análise de artefatos e ambientes.

5. Conclusões

A hipótese H0 - "**Sim, é possível transpor objetos reais para ambiente de realidade virtual, por meio de tecnologia de escaneamento 3D, mantendo suas dimensões gerais e aspectos estéticos como forma, cor e textura, permitindo o reconhecimento e interação visual humano-artefato.**" apresentou-se como verdadeira aos pesquisadores.

O emprego das tecnologias de VR pode enriquecer significativamente a disciplina do Design, atuando não apenas como uma ferramenta metodológica para ensino e prototipação, mas também como um recurso valioso para testes e validações, especialmente no âmbito da pesquisa em Projeto de Produto, Interiores, Design Ergonômico, Experiência do Usuário e Interação Humano-Computador (HCI). Ao antecipar avaliações em fases precursoras aos processos de prototipagem rápida, como Impressão 3D e Usinagem, a tecnologia VR emerge como uma solução eficiente, economizando consideravelmente tempo, energia e matéria-prima.

A capacidade de realizar uma renderização realista proporciona uma visualização fidedigna de ambientes e objetos, consolidando-se como uma estratégia já adotada por diversas áreas, embora ainda subutilizada e pouco divulgada no campo do Design. A implementação mais ampla da VR no processo de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Design de Produtos abre caminhos para aprimorar a eficiência, precisão e criatividade, consolidando-se como um recurso promissor para impulsionar a excelência nesse campo dinâmico e em constante evolução.

As principais dificuldades encontradas no processo de desenvolvimento prático do ambiente laboratorial VR e dos objetos, bem como as soluções encontradas estão detalhadas por Porsani et al (2024). Estão em realização estudos quantitativos envolvendo protocolos de percepção visual a nível de Diferencial Semântico, Usabilidade Aparente e Reação Emocional, resultados e discussões devem ser publicados em breve.

6. Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com o apoio da CAPES (N do processo 88887.603703/2021-00) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ. Agradecimentos adicionais ao Laboratório de Ergonomia e Interfaces - LEI (por ceder o espaço físico e scanner).

7. Referências

- ABDELMONEM, M. G. (2017). *Virtual heritage: global perspectives for creative modes of heritage visualization*. Nottingham: Virtual Heritage Cair. E-book.
- ABEGAZ, T., DILLON, E., GILBERT, J.E.(2015). *Exploring affective reaction during user interaction with colors and shapes*. Proc. Manufact. 3, 5253–5260 .<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.602>
- ALMEIDA, L.G.G.; VASCONCELOS, N.V.D.; WINKLER, I.; CATAPAN, M.F.(2023). *Innovating Industrial Training with Immersive Metaverses: A Method for Developing Cross-Platform Virtual Reality Environments*. Appl. Sci. 2023, 13, 8915. <https://doi.org/10.3390/app13158915>
- ALVES, A. L., NARDONI MARTELI, L., MOREIRA DA SILVA, F., & PASCHOARELLI, L. C. (2022 A). *Design, Emotion, and Color: Analysis Study of the Scientific Production in the International Color Association (AIC) Proceedings*. In: International Fashion and Design Congress (pp. 759-770). Cham: Springer International Publishing.
- ALVES, A. L., DE GIULI, M. R., & PASCHOARELLI, L. C. (2022 B). *Color influence on the usability of kitchen utensils: An empirical study in Ergonomic design*. In: Proceedings of the International Colour Association (AIC) Conference 2022. Toronto, Canada, 96-102.
- ALVES, A. L., DE GIULI, M. R., ZITKUS, E., & PASCHOARELLI, L. C. (2022 C). *Color influence on the use satisfaction of kitchen utensils: An ergonomic and perceptual study*. International Journal of Industrial Ergonomics, 90, 103314.
- ALVES, A. L., & PASCHOARELLI, L. C. (2022 D). *El Color En La Interacción Persona-Producto: Un Área De Investigación En Diseño Ergonómico*. In Villafañez G. & Paschoarelli, L. C. (Eds.), *Diseño ergonómico, desarrollo y investigación* (pp. 68-72)
- ANDERSON, E. F. et al.(2009). *Serious game in cultural heritage*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, ARCHAEOLOGY AND CULTURAL HERITAGE, 10., Malta. Proceedings [...]. Malta: VAST.

- BAXTER, M. (2012). *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. 3ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher.
- BENFORD, S.; GIANNACHI, G. (2011). *Performing Mixed Reality*. Publisher: MIT Press (30 Sept. 2011), Language: English, Hardcover: p 312 ISBN-10: 0262015765/ ISBN-13: 978-0262015769.
- BEZERRA, C. O. (2008). *Designer Humilde: Lógica e Ética para a Inovação*. São Paulo. 2.ed. São Paulo: Rosari.
- BRIDGE, P. et al (2007). *The development and evaluation of a virtual radiotherapy treatment machine using an immersive visualization environment*. Computers & Education, v. 49, n. 2, p. 481-494, 2007.
- CARDOSO, R. (2013). *Design para um mundo complexo*. São Paulo: Cosac Naify, ISBN 978-85-405-0381-6
- CUMMINGS, J.; BAIENSON, J.; FIDLER, M. (2012). *How Immersive is Enough?: A Foundation for a Meta-analysis of the Effect of Immersive Technology on Measured Presence*. In: Proceedings of the International Society for Presence Research Annual Conference.
- DESMET, P.M., FOKKINGA, S.F., OZKARAMANLI, D., YOON, J.: (2021). *Emotion-driven product design*. In: Meiselman, H.L. (ed) Emotion measurement, 2nd edn, pp. 645–670. Woodhead Publishing, United Kingdom. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821124-3.00020-X>
- DING, M., SONG, M., PEI, H., CHENG, Y. (2021). *The emotional design of product color: an eye movement and event-related potentials study*. Color Res. Appl. 46, 871–889. <https://doi.org/10.1002/col.22614>
- HADDON, L.: ROGER SILVERSTONE'S (2007). *Legacies: domestication*. New Media Soc. 9(1), 25–32. <https://doi.org/10.1177/1461444807075201>
- HSIEH, Y.C., CHIU, H.C., TANG, Y.C., LEE, M. (2018). *Do colors change realities in online shopping?* J. Interact. Mark. 41, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.intmar.2017.08.001>
- IOANNIDES, M.; MAGNENAT-THALMANN, N.; PAPAGIANNAKIS, G. (ed.). (2017). *Mixed reality and gamification for cultural heritage*. Springer International Publishing. E-book.
- JERALD, Jason. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool.
- JERALD, J. (2016). *The VR book: human-centered for virtual reality*. ACM Books. E-book. DOI: 10.1145/2792790.
- JORDAN, P. (1999). *Pleasure with products: Human factors for body, mind and soul*. In: W.S. GREEN; P.W. (eds.), Human factors in product design: Current practice and future trends. London, Taylor & Francis, p. 206-217.
- JORDAN (eds.), (1999). *Human factors in product design: Current practice and future trends*. London, Taylor & Francis, p. 206-217.
- KINDLEIN JÚNIOR, W. ; COLLET, I. ; DISCHINGER, M. C. T. (2008). *Desenvolvimento de Texturas como fator de design emocional*. In: Claudia MontAlvão; Vera Damazio. (Org.). Design, ergonomia e emoção. 1ed. Rio de Janeiro: Mauad X, v. p.87-104, (p. 91)
- KIMER, C.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, T. G. (2006). *Case studies on the development of games using augmented reality*. In: 2006 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. IEEE. p. 1636-1641.
- KUNZLER, L. (2003) *Estudo das variáveis de rugosidade, dureza e condutividade térmica aplicado à percepção tátil...* XIV, 123f. il. fotos, gráficos.
- LANUTTI, J. (2019). *Compreensão dos aspectos emocionais em diferentes cadeiras de rodas: Uma contribuição para o Design Ergonômico e Inclusivo / 292 f. : il. Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru.*
- LEHTONEN, M; PAGE, T.; THORSTEINSSON, G. (2005). *Emotionality Considerations in Virtual Reality and Simulation Based Learning*. In: CELDA. 2005. p. 26-36.
- LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. (2019 a). *Tecnologias digitais para a representação do patrimônio arquitetônico: estudo de métodos para modelagem geométrica*. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1. São Carlos, SP. Anais [...]. São Carlos: IAU-USP,
- LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. (2019 b). *Realidade virtual para a visualização e difusão do patrimônio arquitetônico: conceitos e aplicações*. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. Anais [...]. São Carlos: IAU-USP.
- LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. (2021 a). *Reconstrução digital do patrimônio arquitetônico para ambientes virtuais interativos 3D: estudo de métodos para modelagem geométrica de edificações existentes*. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 61-77. DOI: 10.11606/gtp.v16i3.172369.
- LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. (2021 b). *Uso de modelos BIM em realidade virtual e aumentada: panorama de aplicações e ferramentas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 21., 2021b, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC. DOI: 0.46421/sbtic.v3i00.565.
- LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. (2022). *Modelagem geométrica do museu Anita Garibaldi a partir de produtos fotogramétricos*. In: PATRIMÔNIO 4.0, 1., 2022, Goiânia, GO. Anais [...]. Goiânia: UFG.
- LISBOA, Maria da Graça; BISOGNIN, Edir. (2003). *Estética e Design*. In: Disciplinarum Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-86.
- LIU, W., CAO, Y., PROCTOR, R.W. (2021) *How do app icon color and border shape influence visual search efficiency and user experience? Evidence from an eye-tracking study*. Int. J. Ind. Ergon. 84, 103160. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103160>
- LÖBACH, B. (2011). *Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais*. 1 ed. São Paulo: Blucher. 206 p.

- LOMBARD, M.; DITTON, T.(1997). *At the heart of it all: The concept of presence*. Journal of Computer-Mediated Communication, v. 3, n. 2, p. 0-0.
- MANU, A. (1995). *Tendências Futuras: A forma acompanha o estado de espírito*. Anais/ Fórum Internacional Design e Diversidade Cultural. Florianópolis: Senai/LBDI.
- MORTARA, M. et al. (2014). *Learning cultural heritage by serious game*. Journal of Cultural Heritage, Elsevier, v. 15, n. 3, p. 318-325.
- NG, A.W., CHAN, A.H. (2018). *Color associations among designers and non-designers for common warning and operation concepts*. Appl. Ergon. 70, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.02.004>
- NORMAN, D. A. (2002) *Emotion and Design: Attractive things work better*. Interactions Magazine, IX(4), p.36-42.
- NORMAN, D. A. (2008). *Design Emocional: Porque adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia*. Rio de Janeiro. Ed.:Rocco
- NORMAN, D. A. (2018). *O Design do dia-a-dia*. Rio de Janeiro. 328pg. Ed.: Anfitatro.
- OLIVEIRA, G.M. (2016). *Realidade Virtual em Apresentação de Projeto Arquitetônico*. Master's Thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brazil.
- PARK, M.; IM, H.; KIM, Do Yuon. (2018). *Feasibility and user experience of virtual reality fashion stores*. Fashion and Textiles, v. 5, n. 1, p. 1-17.
- PEREIRA, R. ; SANTOS, N. (2022). *Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria*. XLVI ENCONTRO DA ANPAD, 46., 2022, on-line. Anais eletrônicos [...]. Maringá: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração.
- PETROSKI, H. (1994). *The Evolution of Useful Things: How Everyday Artifacts-From Forks and Pins to Paper Clips and Zippers-Came to be as They are*. Vintage; English, 304 pages ISBN-10:0679740392, ISBN-13:978-0679740391
- PINHEIRO, P. S. J. (2020). *Realidade Virtual como ferramenta de avaliação de Arquitetura: uma experiência museológica*. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - São Paulo-SP. 239p. 2020.
- PORSANI, R. N.; DEMAISON, A. L. ; MARQUES, L. R. F. ; MARTINS, N. ; PASCHOARELLI, L. C. (2022). *Reflexões sobre design para emoção: percepções no campo da estética do artefato*. CUADERNOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN, v. 159, p. 161-171.
- PORSANI, RODOLFO NUCCI; RAPOSO, F. ; MARQUES, L. R. F. ; MARTINS, N. ; DEMAISON, A. L. (2023 a) *La biomimética y su influencia en el diseño de productos Una breve cronología y el estado del arte*. CUADERNOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN, v. 178, p. 203-222.
- PORSANI, R.; TRINDADE, A. B. C. ; DEMAISON, A. ; PASCHOARELLI , L. C. (2023 b). *Avaliações de Design Ergonômico e Experiência do Usuário em Realidade Virtual: Uma Revisão Bibliográfica Sistematizada*. REVISTA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. (no prelo)
- PORSANI, R.; SOUZA, F. L.; MARTINS, N.; RAPOSO, F.; DEMAISON, A. (2023 C). *Design e Realidade Virtual: breve registro histórico, cenário atual e perspectivas para o futuro*. Anais do Congresso Plural Design 2023, Programa de Pós Graduação em Design e Curso de Design da Universidade da Região de Joinville/Univille, (no prelo),
- PORSANI, R.; JUNIOR, M.; DEMAISON, A.; ALMEIDA, L.G.G.; SAMPEDRO, P. P.; ANDRADE, V.; PASCHOARELLI, L. C. (2024/2025) *Design-verse Technologies: Registro do processo de digitalização de objetos por Scan para Realidade Virtual*. Cuaderno 223 | Centro de Estudios en Diseño y Comunicación (2024/2025). pp 203-222 ISSN 1668-0227
- PRADO-LEÓN, L.R. (2015). *Color preferences in household appliances: data for emotional design*. Proc. Manufact. 3, 5707–5714 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.798>
- SAMPEDRO, P. (2021). *Elementos da experiência do usuário em ambientes de realidade virtual*. 211 f. : il.Tese (Doutorado)– Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru - Brasil.
- SILVA, G.(2022). *Realidade virtual para a visualização e difusão do patrimônio arquitetônico* [manuscrito]: estudo de métodos e técnicas para a criação de ambientes virtuais interativos 3D. Dissertação 350, p. : il. – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. 2022. Salvador, BA, Brasil.
- SLATER, M; USOH, M; STEED, A. (1994). *Depth of Presence in Virtual Environments*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments; 3 (2): 130–144. doi:<https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>
- SLATER, M.; WILBUR, S. (1997). *A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments*. Presence: Teleoperators and virtual environments, v. 6, n. 6, p. 603-616.
- SLATER, M. , STEED, A. (2000) *A Virtual Presence Counter*. in Presence, vol. 9, no. 5, pp. 413-434, Oct. 2000, doi: 10.1162/105474600566925.
- SONDEREGGER, A., SAUER, J. (2010). *The influence of design aesthetics in usability testing: effects on user performance and perceived usability*. Appl. Ergon. 41(3), 403–410 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.09.002> Design, Emotion, and Color: Analysis Study 769
- SONDEREGGER, A., SCHMUTZ, S., SAUER, J. (2016) *The influence of age in usability testing*. Appl. Ergon. 52, 291–300 <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.06.012>
- TORI, R.; HOUNSELL, M. S.; KIRNER, C. (2018). *Realidade Virtual*. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). Introdução a realidade virtual e aumentada. Porto Alegre: SBC, 2018. E-book.
- TORI, R.; HOUNSELL, M.(2020). *Introdução a realidade virtual e aumentada*. 3ª ed. Porto Alegre: editora SBC.

- WON, S.; WESTLAND, S. (2018). *Colour meaning and consumer expectations*. Color Res. Appl. 43(1),100–109 . <https://doi.org/10.1002/col.22167>
- YOON, J.; POHLMAYER, A.E.; DESMET, P.M.; KIM, C. (2020). *Designing for positive emotions: issues and emerging research directions*. Des 24(2), 167–187. <https://doi.org/10.1080/14606925.2020.1845434>
- YU, C.Y.; KO, C.H. (2017). *Applying facereader to recognize consumer emotions in graphic styles*. Proc. Cirp. 60, 104–109 . <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.014>