RGe ISSN: 2177-3246

PERSONAGENS HUMANOIDES 3D EM REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL: DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES IMERSIVOS E AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DO VALE DA ESTRANHEZA

3D HUMANOID CHARACTERS IN AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY: DEVELOPMENT OF IMMERSIVE ENVIRONMENTS AND EVALUATION OF THE PERCEPTION OF THE UNSTRANGE VALLEY

PERSONAJES HUMANOIDES 3D EN REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL: DESARROLLO DE ENTORNOS INMERSIVOS Y EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL VALLE NO EXTRAÑO

10.56238/revgeov17n5-106

Sérgio Carlos Portari Júnior[1]
Doutor em Mídias e Tecnologia
Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade de Frutal
E-mail: sergio.junior@uemg.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8363-429X
Lattes: http://lattes.cnpq.br/2760462875229761

Rodrigo Daniel Levoti Portari[2]
Doutor em Comunicação Social
Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade de Frutal
E-mail: rodrigo.portari@uemg.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3196-924X
Lattes: http://lattes.cnpq.br/8795949726430425

RESUMO
Com o avanço das tecnologias imersivas e a ampliação do uso de personagens humanoides em jogos digitais, simulações, treinamentos e aplicações educacionais, torna-se necessário compreender como diferentes formas de visualização influenciam a percepção desses personagens. Este artigo apresenta o desenvolvimento de ambientes de realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) para avaliação da percepção do Vale da Estranheza em personagens humanoides 3D com movimentos faciais e corporais. O estudo compara três condições de visualização: monitor de computador, capacete de realidade virtual (HMD-RV) e capacete de realidade aumentada (HMD-RA). A proposta metodológica adota abordagem quantitativa, com coleta de respostas por questionários em escala Likert e análise estatística por ANOVA de um fator e testes post-hoc de Tukey. Os resultados indicam que o tipo de display influencia a percepção de semelhança, estranheza, simpatia, presença e naturalidade dos movimentos. Observa-se que os dispositivos imersivos tendem a atenuar a estranheza percebida, enquanto o monitor de computador apresenta maior tendência a intensificar o desconforto perceptivo em personagens com movimentos faciais e corporais. O HMD-RA apresenta desempenho favorável na percepção de semelhança e simpatia, enquanto o HMD-RV se destaca em medidas associadas à

[1] Pesquisador Produtividade PQ/UEMG
[2] Pesquisador Produtividade PQ/UEMG

presença e naturalidade em determinadas condições. Conclui-se que o desenvolvimento de personagens humanoides para mídias imersivas deve considerar não apenas o realismo visual, mas também o tipo de display e a naturalidade dinâmica dos movimentos.

Palavras-chave: Vale da Estranheza. Realidade Virtual e Aumentada. Movimentos Faciais e Corporais. Personagens Humanoides. Percepção.

ABSTRACT
With the advancement of immersive technologies and the growing use of humanoid characters in digital games, simulations, training systems, and educational applications, it becomes necessary to understand how different visualization modes influence users' perception of these characters. This paper presents the development of augmented reality and virtual reality environments to evaluate the perception of the Uncanny Valley in 3D humanoid characters with facial and body movements. The study compares three visualization conditions: computer monitor, virtual reality headset, and augmented reality headset. The methodological approach is quantitative, using Likert-scale questionnaires and statistical analysis through one-way ANOVA and Tukey post-hoc tests. The results indicate that the type of display influences the perception of similarity, strangeness, likability, presence, and movement naturalness. Immersive devices tend to attenuate perceived strangeness, whereas computer monitors tend to intensify perceptual discomfort in characters with facial and body movements. The augmented reality headset presents favorable performance in the perception of similarity and likability, while the virtual reality headset stands out in measures associated with presence and naturalness under specific conditions. It is concluded that the development of humanoid characters for immersive media should consider not only visual realism, but also the type of display and the dynamic naturalness of movements.

Keywords: Uncanny Valley. Virtual and Augmented Reality. Facial and Bodily Movements. Humanoid Characters. Perception.

RESUMEN
Con el avance de las tecnologías inmersivas y el uso cada vez mayor de personajes humanoides en juegos digitales, simulaciones, capacitación y aplicaciones educativas, resulta necesario comprender cómo las diferentes formas de visualización influyen en la percepción de estos personajes. Este artículo presenta el desarrollo de entornos de realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) para evaluar la percepción del Valle Inquietante en personajes humanoides 3D con movimientos faciales y corporales. El estudio compara tres condiciones de visualización: monitor de computadora, casco de realidad virtual (VR-HMD) y casco de realidad aumentada (AR-HMD). El enfoque metodológico adopta un enfoque cuantitativo, con recopilación de datos mediante cuestionarios de escala Likert y análisis estadístico mediante ANOVA unidireccional y pruebas post-hoc de Tukey. Los resultados indican que el tipo de pantalla influye en la percepción de similitud, extrañeza, simpatía, presencia y naturalidad de los movimientos. Se observa que los dispositivos inmersivos tienden a atenuar la extrañeza percibida, mientras que el monitor de computadora muestra una mayor tendencia a intensificar la incomodidad perceptiva en personajes con movimientos faciales y corporales. El HMD-AR muestra un rendimiento favorable en la percepción de similitud y simpatía, mientras que el HMD-VR destaca en medidas relacionadas con la presencia y la naturalidad bajo ciertas condiciones. Se concluye que el desarrollo de personajes humanoides para medios inmersivos debe considerar no solo el realismo visual, sino también el tipo de pantalla y la naturalidad dinámica de los movimientos.

Palabras clave: Valle Inquietante. Realidad Virtual y Aumentada. Movimientos Faciales y Corporales. Personajes Humanoides. Percepción.

1 INTRODUÇÃO

A criação de personagens humanoides 3D ocupa posição central em diferentes campos da mídia digital contemporânea, especialmente em jogos digitais, ambientes de RV, aplicações de RA, simulações, treinamentos e experiências associadas ao metaverso (MYSTAKIDIS, 2022). À medida que esses personagens se aproximam visualmente de seres humanos, ampliam-se as expectativas dos usuários quanto à naturalidade de seus comportamentos, expressões e movimentos. Entretanto, a aproximação parcial do realismo humano pode produzir uma reação negativa conhecida como Vale da Estranheza, fenômeno em que entidades quase humanas provocam desconforto, inquietação ou rejeição perceptiva (MORI; MACDORMAN; KAGEKI, 2012).

O desafio não se limita à aparência visual. Em ambientes digitais, personagens humanoides não são apenas observados como imagens estáticas; eles falam, caminham, piscam, direcionam o olhar, gesticulam e, em alguns casos, aproximam-se do usuário no espaço virtual ou aumentado. Dessa forma, os movimentos faciais e corporais tornam-se elementos decisivos para a percepção de naturalidade, uma vez que fatores visuais e de movimento podem interferir diretamente na avaliação de personagens virtuais (JIANG et al., 2022). Pequenas inconsistências no olhar, na sincronização labial ou no corpo podem romper a ilusão de presença e acentuar a sensação de estranheza, especialmente em experiências imersivas nas quais a incorporação e a percepção do corpo virtual são mais sensíveis (LUGRIN; LATT; LATOSCHIK, 2015). Em contrapartida, movimentos percebidos como naturais podem contribuir para maior aceitação, simpatia e conforto perceptivo.

A literatura sobre o Vale da Estranheza é ampla em estudos com imagens estáticas, robôs, agentes virtuais ou personagens visualizados em monitores. Contudo, ainda há lacunas quando se consideram personagens humanoides 3D em movimento, avaliados em diferentes displays e, especialmente, em ambientes de realidade aumentada. Estudos anteriores indicam que o tipo de display pode alterar a percepção de avatares e personagens digitais, sobretudo quando se comparam monitores e capacetes (HMDs) (HEPPERLE et al., 2022; SEYMOUR et al., 2021; YAN, 2019).

O uso de HMDs altera a relação espacial entre usuário e personagem. No monitor, a experiência ocorre em uma janela bidimensional distante do corpo do usuário; no HMD-RV, o usuário é transportado para um ambiente digital; no HMD-RA, o personagem virtual é percebido como sobreposto ao espaço físico. Essa diferença pode modificar a maneira como o personagem é percebido.

Diante desse contexto, este artigo apresenta o desenvolvimento e a avaliação de ambientes imersivos para investigar a percepção do Vale da Estranheza em personagens humanoides 3D com movimentos faciais e corporais. O recorte proposto concentra-se na relação entre tipo de display, naturalidade dos movimentos e percepção dos personagens. A investigação compara três tecnologias de visualização: monitor de computador, HMD-RV e HMD-RA. As variáveis avaliadas incluem

semelhança humana, estranheza, simpatia, presença e naturalidade dos movimentos oculares, labiais, corporais e combinados.

O objetivo do artigo é analisar como diferentes displays influenciam a percepção de personagens humanoides 3D, considerando a construção de ambientes controlados, a apresentação de personagens com movimentos específicos e a coleta de respostas subjetivas por meio de escalas numéricas. A contribuição principal está em articular desenvolvimento tecnológico e avaliação perceptiva, oferecendo subsídios para projetos que utilizam personagens humanoides em mídias imersivas, jogos digitais, treinamento, educação e comunicação interativa.

2 VALE DA ESTRANHEZA, PERSONAGENS HUMANOIDES E DISPLAYS IMERSIVOS

O Vale da Estranheza é geralmente associado à hipótese proposta por Mori, em 1970, segundo a qual a afinidade humana por robôs ou entidades artificiais tende a aumentar conforme cresce a semelhança humana, até que uma região de desconforto surge quando a entidade se torna quase humana, mas ainda apresenta imperfeições perceptíveis (MORI; MACDORMAN; KAGEKI, 2012).

A discussão sobre o estranho, contudo, antecede a formulação do conceito no campo da robótica, aparecendo em estudos sobre a incerteza diante de objetos aparentemente animados ou figuras quase humanas desde o início do século XX (JENTSCH, 1997; FREUD, 2017). Em traduções e revisões posteriores, o fenômeno passa a ser discutido com termos como estranheza, simpatia, familiaridade e afinidade, empregados para descrever diferentes respostas emocionais diante de figuras humanoides (KÄTSYRI et al., 2015). Esses construtos também aparecem em instrumentos de mensuração voltados à avaliação de robôs e agentes humanoides, como as escalas Godspeed e derivações posteriores (BARTNECK et al., 2009; HO; MACDORMAN, 2010; HO; MACDORMAN, 2017).

Esse fenômeno é particularmente relevante no desenvolvimento de personagens virtuais, pois o realismo humano não é avaliado apenas pela aparência. Textura de pele, proporções faciais, olhar, expressão, postura, gesto, fala e sincronização entre som e movimento compõem um conjunto perceptivo. Quando há incoerência entre esses elementos, o usuário pode perceber o personagem como artificial, perturbador ou desconfortável. O problema torna-se mais sensível em personagens humanoides porque o observador possui repertório perceptivo refinado para identificar desvios sutis em faces e corpos humanos, sobretudo em características faciais e de movimento (JIANG et al., 2022).

Em personagens estáticos, a estranheza pode decorrer de características visuais, como olhos sem vivacidade, expressão facial rígida ou proporções anatômicas ambíguas. Em personagens animados, o campo de avaliação se amplia. O movimento ocular pode sugerir atenção, contato social ou evasão; o movimento labial precisa manter coerência com a fala; o movimento corporal precisa acompanhar o peso, o equilíbrio e a intenção da ação.

Assim, o movimento pode tanto reduzir quanto intensificar o Vale da Estranheza, uma vez que a hipótese original já distingue respostas a entidades estáticas e em movimento (MORI; MACDORMAN; KAGEKI, 2012). Um personagem visualmente simples, mas bem animado, pode ser mais aceitável do que um personagem realista com movimentos incoerentes.

Os displays imersivos acrescentam outra camada ao problema. A RV promove isolamento do ambiente físico e construção de presença em um espaço digital (BURDEA; COIFFET, 2003; SLATER; SANCHEZ-VIVES, 2016). A RA, por sua vez, preserva o espaço físico e insere objetos virtuais sobre ele, criando uma experiência híbrida (AZUMA, 1997; AZUMA et al., 2001).

Essa relação pode ser compreendida no continuum realidade-virtualidade, no qual RA e virtualidade aumentada ocupam posições intermediárias entre o real e o virtual (MILGRAM et al., 1995).

Quando um personagem humanoide é observado em RA, ele passa a disputar coerência perceptiva com o mundo real. Sua escala, posição, iluminação, distância, orientação e registro espacial tornam-se fundamentais, pois o alinhamento entre objeto virtual e ambiente físico é um requisito central das aplicações de RA (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018).

Em RV, segundo os mesmos autores, a coerência depende da estabilidade do ambiente virtual, da qualidade de renderização e da resposta aos movimentos do usuário. No monitor, a observação tende a ser mais distanciada, mas também mais crítica em relação a detalhes visuais isolados.

Portanto, a percepção do Vale da Estranheza em personagens humanoides 3D depende de uma composição de fatores: nível de realismo, naturalidade dos movimentos, contexto espacial, tipo de display, sensação de presença e expectativa do usuário. A análise desses fatores é necessária para orientar o desenvolvimento de personagens destinados a ambientes imersivos e não imersivos.

3 DESENVOLVIMENTO DOS AMBIENTES IMERSIVOS

3.1 ESTRUTURA GERAL DO PROJETO

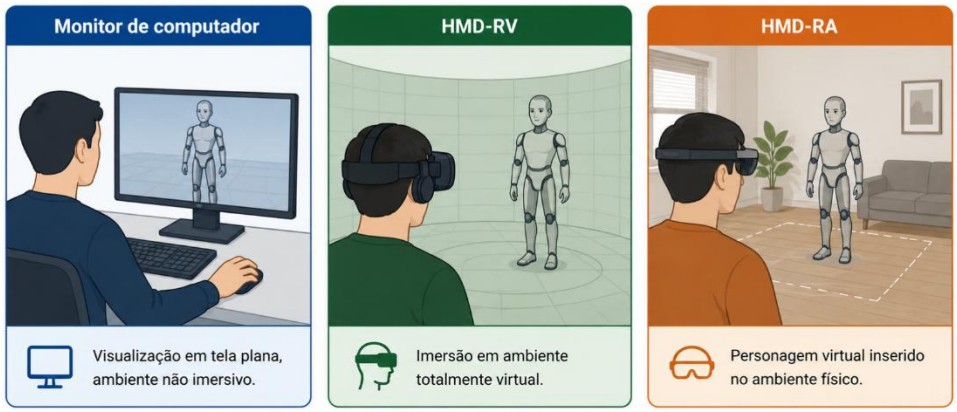
O projeto experimental foi concebido para permitir a apresentação controlada de personagens humanoides 3D em três condições de visualização: monitor de computador, HMD-RV e HMD-RA.

A estrutura tecnológica foi desenvolvida com foco na padronização da experiência e na redução de interferências externas durante a coleta de dados. Para isso, foram implementados ambientes capazes de apresentar os personagens, orientar o participante, coletar respostas e registrar as informações necessárias para análise posterior, seguindo a necessidade de controlar o tipo de display em estudos sobre percepção de avatares e Vale da Estranheza (HEPPERLE et al., 2022; YAN, 2019).

A adoção de três displays permite comparar níveis distintos de imersão. No monitor de computador, o participante observa o personagem em uma tela bidimensional e interage por periféricos convencionais. No HMD-RV, o participante visualiza um ambiente virtual completo, com o

personagem posicionado em espaço tridimensional. No HMD-RA, o personagem é sobreposto ao ambiente físico, de modo que o usuário percebe a entidade virtual integrada à sala real. A Figura 1 esboça a diferença entre esses três tipos de condições de visualização utilizados nesse estudo.

Figura 1 - Condições de visualização utilizadas no estudo



Fonte: elaboração própria.

A comparação entre essas condições, como visto na Figura 1, permite observar se a imersão e a integração espacial alteram a percepção de semelhança, estranheza, simpatia e naturalidade, considerando as diferenças conceituais entre RV e RA (BURDEA; COIFFET, 2003; AZUMA, 1997; AZUMA et al., 2001). O Quadro 1 sintetiza as três condições de visualização adotadas no estudo, diferenciando-as quanto ao tipo de experiência, ao ambiente percebido pelo participante e à forma geral de interação.

Quadro 1 - Síntese das condições de visualização avaliadas.

Condição	Tipo de experiência	Ambiente percebido	Forma geral de interação
Monitor	Não imersiva	Ambiente virtual visualizado em tela 2D	Mouse e interface convencional
HMD-RV	Imersiva	Ambiente totalmente virtual	HMD-RV e controles
HMD-RA	Imersiva aumentada	Ambiente físico com personagem virtual sobreposto	HMD-RA e controles

Fonte: elaboração própria.

No Quadro 1, nota-se que a condição com monitor corresponde à experiência não imersiva, na qual o personagem é observado em uma tela bidimensional e a interação ocorre por meio de mouse e interface convencional. Já a condição HMD-RV caracteriza-se como uma experiência imersiva em ambiente totalmente virtual, utilizando capacete de realidade virtual e controles. Por sua vez, a condição HMD-RA também é imersiva, porém baseada na sobreposição do personagem virtual ao ambiente físico, permitindo que o participante perceba a presença do personagem no espaço real por meio do capacete de realidade aumentada e de seus controles.

Dessa forma, o Quadro 1 evidencia que as três condições não diferem apenas pelo equipamento utilizado, mas também pelo grau de imersão e pela relação espacial estabelecida entre participante, ambiente e personagem humanoide 3D.

3.2 AMBIENTES DE RV E RA

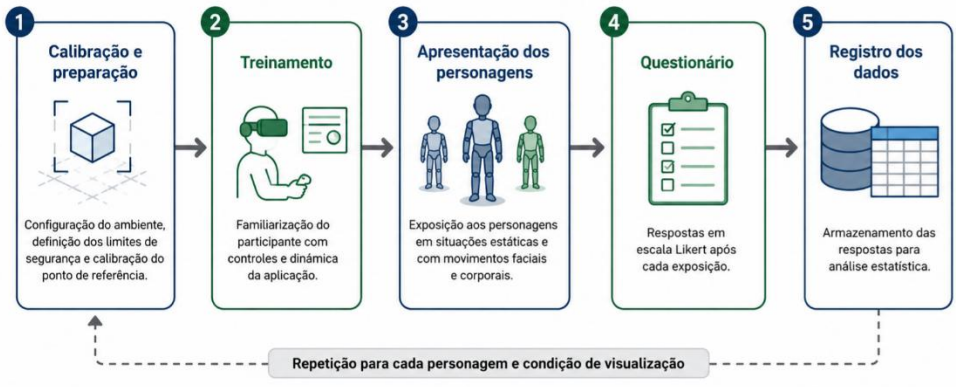
O ambiente de RV foi estruturado para minimizar estímulos distrativos. A sala virtual apresenta configuração neutra, com controle sobre posição do participante, distância do personagem e iluminação. Essa escolha metodológica busca evitar que elementos externos influenciem a avaliação do personagem. A experiência em monitor utiliza lógica semelhante, preservando a cena virtual e adaptando a navegação para visualização não imersiva.

No ambiente de RA, o espaço físico é parte da experiência. Por essa razão, foi necessária uma etapa de calibração para definir o ponto de referência em que os personagens seriam apresentados. A calibração permite posicionar o personagem em local estável e coerente, evitando que sua presença virtual conflite com obstáculos físicos ou com elementos da sala.

O procedimento de calibração é particularmente importante em RA, pois falhas de registro podem comprometer a percepção de naturalidade e aumentar a estranheza, uma vez que o registro espacial é um dos elementos centrais para a coerência da experiência aumentada (AZUMA, 1997; TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018).

A Figura 2 exibe a estrutura geral desenvolvida nas aplicações RA e RV.

Figura 2 - Estrutura geral do procedimento experimental.



Fonte: elaboração própria.

A estrutura geral dos ambientes apresentada na Figura 2 contempla, em sequência, uma cena de calibração, uma cena de treinamento, cenas de apresentação dos personagens e uma cena de questionário. Essa organização permite que o participante compreenda a forma de interação antes da avaliação principal. A cena de treinamento utiliza perguntas simples e objetos básicos, reduzindo o risco de que dificuldades operacionais com o dispositivo contaminem as respostas perceptivas sobre os personagens.

3.3 PERSONAGENS HUMANOIDES E MOVIMENTOS AVALIADOS

Os personagens humanoides 3D foram organizados em diferentes níveis de semelhança humana, variando de formas claramente artificiais ou robóticas a personagens com maior aproximação visual ao corpo humano. Essa diversidade permite observar a percepção dos participantes em diferentes pontos do espectro associado ao Vale da Estranheza, conforme a relação entre semelhança humana e afinidade proposta na literatura (MORI; MACDORMAN; KAGEKI, 2012; KÄTSYRI et al., 2015). A proposta não se restringe à aparência estática, pois todos os personagens são avaliados também por componentes dinâmicos.

Os movimentos são organizados em quatro grupos: movimentos oculares, movimentos labiais, movimentos corporais e movimentos combinados. Os movimentos oculares incluem ações como olhar, piscar e direcionar a atenção. Os movimentos labiais relacionam-se à fala e à sincronização entre áudio e expressão da boca. Os movimentos corporais envolvem deslocamento, gestos e tentativa de aproximação do personagem. Por fim, os movimentos combinados reúnem olhos, lábios e corpo em uma sequência mais complexa, aproximando a experiência de uma interação humanoide completa. Essa separação dialoga com estudos que apontam a relevância de fatores visuais e de movimento na percepção de personagens virtuais (JIANG et al., 2022).

3.4 COLETA DE RESPOSTAS NO PRÓPRIO AMBIENTE

Um ponto relevante do projeto é a coleta de respostas integrada à experiência. Após a exposição ao personagem, o participante responde a questionários no próprio ambiente, utilizando alternativas em escala Likert. Esse tipo de escala é amplamente empregado para converter percepções subjetivas em dados numéricos analisáveis estatisticamente (AGRESTI; FINLAY, 2021; MAROCO, 2021). Essa estratégia reduz a interferência do operador e preserva a continuidade da experiência, especialmente nos dispositivos imersivos. Em vez de interromper o uso do HMD para responder em papel ou em outro equipamento, a interface de avaliação é apresentada no mesmo fluxo de interação.

A coleta integrada é importante porque a percepção de presença e naturalidade pode ser sensível a interrupções. Retirar o participante do ambiente ou introduzir a mediação do pesquisador entre uma cena e outra poderia alterar a experiência, criando ruído metodológico. Assim, a resposta dentro do próprio ambiente contribui para manter a atenção do participante nos estímulos avaliados.

4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A investigação adota abordagem quantitativa, adequada à análise de respostas subjetivas convertidas em medidas numéricas por meio de escalas (AGRESTI; FINLAY, 2021; MAROCO, 2021). O tipo de dispositivo de visualização constitui a principal variável independente. As variáveis

dependentes são as percepções atribuídas pelos participantes aos personagens e à experiência, incluindo semelhança humana, estranheza, simpatia, presença e naturalidade dos movimentos.

A comparação entre grupos de visualização foi realizada por análise de variância de um fator, seguida de testes post-hoc de Tukey quando identificadas diferenças significativas. Essa estratégia permite verificar se as médias das respostas diferem entre os dispositivos e, quando diferem, indicar em quais pares de dispositivos as diferenças se concentram (MONTGOMERY, 2013; RABE-HESKETH; EVERITT, 2007).

O Quadro 2 apresenta a organização das variáveis consideradas na avaliação, distinguindo a variável independente das variáveis dependentes analisadas no estudo.

Quadro 2 - Variáveis analisadas no estudo.

Categoria	Variável	Descrição sintética
Variável independente	Tipo de display	Monitor, HMD-RV e HMD-RA
Percepção do personagem	Semelhança	Grau em que o personagem é percebido como semelhante a um humano
Percepção do personagem	Estranheza	Grau de desconforto ou estranhamento percebido
Percepção do personagem	Simpatia	Grau de aceitação ou avaliação positiva do personagem
Experiência	Presença	Sensação de estar no ambiente apresentado
Movimentos	Naturalidade ocular	Percepção da naturalidade dos olhos e piscadas
Movimentos	Naturalidade labial	Percepção da naturalidade da fala e dos lábios
Movimentos	Naturalidade corporal	Percepção da naturalidade dos gestos e deslocamentos
Movimentos	Naturalidade combinada	Percepção dos movimentos oculares, labiais e corporais em conjunto

Fonte: elaboração própria.

Observando o Quadro 2, percebe-se que a variável independente corresponde ao tipo de display utilizado, contemplando as três condições de visualização: Monitor, HMD-RV e HMD-RA. As demais variáveis representam dimensões perceptivas atribuídas pelos participantes aos personagens e à experiência de visualização. Entre elas, estão a semelhança humana, a estranheza e a simpatia, relacionadas diretamente à percepção do personagem humanoide 3D. Também se inclui a presença, associada à sensação de inserção no ambiente apresentado. Por fim, são consideradas as variáveis ligadas à naturalidade dos movimentos, divididas em movimentos oculares, labiais, corporais e combinados.

Essa organização permite estruturar a análise de forma sistemática, relacionando cada condição de visualização às respostas perceptivas dos participantes diante dos personagens avaliados.

4.2 PARTICIPANTES

O cálculo amostral foi orientado pelo software G*Power (FAUL et al., 2009), considerando nível de significância de 0,05 e poder estatístico de 0,71. Esse cálculo indicou a necessidade mínima de 129 participantes para detecção de diferenças significativas entre os grupos experimentais.

A definição do poder estatístico considerou limitações práticas relacionadas à disponibilidade de dispositivos HMD, ao tempo médio de execução de cada sessão e à autonomia de bateria do equipamento utilizado. O uso do G*Power como ferramenta de planejamento amostral segue sua aplicação em análises de poder estatístico para desenhos experimentais (FAUL et al., 2009).

Os critérios de inclusão contemplaram participantes adultos, com idade entre 18 e 65 anos, sem distinção de sexo e com ensino médio concluído. Foram considerados critérios de exclusão a presença de deficiências visuais ou auditivas graves e condições que pudessem gerar desconforto ou risco durante a experiência, como epilepsia. A adoção desses critérios buscou preservar a segurança dos participantes e reduzir interferências perceptivas que pudessem comprometer a avaliação dos estímulos.

4.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental foi organizado em etapas sucessivas. Inicialmente, o ambiente de teste foi preparado e, nos casos de HMDs, foram definidos os limites seguros de uso do espaço. No caso da RA, foi realizada calibração adicional para determinar o ponto de referência de apresentação dos personagens no ambiente físico. Após essa preparação, o participante realizou um treinamento breve para familiarização com a interface e com os controles.

Concluído o treinamento, o participante passou a visualizar os personagens conforme a condição experimental. Os personagens foram apresentados em ordem randômica, definida pela aplicação, com alternância entre situações estáticas e em movimento, de acordo com o experimento analisado. Após cada exposição, o participante respondeu ao questionário correspondente. Ao final, os dados foram armazenados para posterior processamento estatístico.

4.4 INSTRUMENTOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

As respostas foram coletadas por questionários com escalas do tipo Likert, permitindo transformar percepções subjetivas em dados numéricos. Esse tipo de instrumento é adequado para mensurar graus de concordância, intensidade perceptiva ou avaliação subjetiva, desde que os resultados sejam interpretados de forma compatível com o desenho do estudo (AGRESTI; FINLAY, 2021; MAROCO, 2021).

As análises estatísticas foram conduzidas por meio de scripts desenvolvidos para extrair os dados da base gerada pela aplicação, organizar as respostas por dispositivo e variável, executar

ANOVA de um fator, aplicar testes post-hoc de Tukey e gerar representações gráficas, como boxplots, médias com intervalos de confiança e gráficos de dispersão e regressão. O conjunto analítico permitiu examinar tanto diferenças globais entre dispositivos quanto padrões específicos associados a cada variável perceptiva, seguindo procedimentos estatísticos adequados à comparação de médias entre grupos (MONTGOMERY, 2013; RABE-HESKETH; EVERITT, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MOVIMENTOS FACIAIS COMO EIXO DE ANÁLISE PERCEPTIVA

A análise dos resultados concentra-se na influência dos movimentos faciais dos personagens humanoides 3D sobre a percepção do Vale da Estranheza em ambientes de realidade aumentada e realidade virtual. Embora o estudo contemple diferentes dimensões perceptivas, o recorte aqui adotado privilegia os movimentos oculares e labiais, por constituírem elementos sensíveis na leitura social de personagens humanoides. O olhar, as piscadas, a direção da atenção e a sincronização da fala com os movimentos da boca são componentes que interferem diretamente na percepção de naturalidade, podendo reduzir ou intensificar o desconforto associado ao Vale da Estranheza.

Essa escolha se justifica porque a face humana possui papel central na comunicação não verbal e na avaliação de entidades humanoides. Pequenas incoerências em movimentos oculares ou labiais tendem a ser percebidas com facilidade pelo observador, sobretudo quando o personagem apresenta aparência próxima à humana. Nesse sentido, a hipótese clássica do Vale da Estranheza indica que a reação emocional diante de entidades artificiais não depende apenas do grau de semelhança humana, mas também da coerência entre aparência e comportamento percebido (MORI; MACDORMAN; KAGEKI, 2012).

Em ambientes imersivos, nos quais o usuário percebe o personagem em escala espacial e com maior proximidade, a naturalidade dos movimentos faciais torna-se um fator decisivo para a aceitação perceptiva. Dessa forma, os resultados obtidos permitem discutir como os displays de realidade aumentada e realidade virtual modulam a forma como esses movimentos são percebidos e como essa percepção se relaciona à intensificação ou atenuação da estranheza.

5.2 NATURALIDADE DOS MOVIMENTOS OCULARES EM RA E RV

Os movimentos oculares constituem um dos elementos mais relevantes na percepção de personagens humanoides, pois indicam atenção, intenção comunicativa e presença social. Olhos que não acompanham adequadamente a posição do usuário, piscadas excessivamente mecânicas ou ausência de contato visual coerente podem gerar uma sensação de artificialidade. Em personagens quase humanos, essa artificialidade tende a ser associada ao Vale da Estranheza, uma vez que o usuário reconhece traços humanos, mas percebe falhas sutis em seu comportamento.

Nos resultados referentes à naturalidade dos movimentos oculares, observa-se que os dispositivos imersivos apresentam desempenho favorável em comparação à visualização convencional. A análise estatística identificou efeito significativo do tipo de dispositivo na percepção dos movimentos oculares, indicando que a forma de visualização interfere na avaliação dos participantes. Os resultados do teste post-hoc apontam diferenças entre o monitor e os dispositivos imersivos, enquanto a diferença entre HMD-RA e HMD-RV não se mostra significativa em uma das análises, sugerindo que ambos os ambientes imersivos favorecem a percepção dos movimentos oculares em relação à visualização não imersiva.

Esse resultado indica que a imersão pode funcionar como elemento de suporte perceptivo para os movimentos dos olhos. No HMD-RV, o personagem é percebido dentro de um ambiente virtual controlado, no qual iluminação, escala e distância podem ser padronizadas. No HMD-RA, o personagem aparece sobreposto ao ambiente físico, estabelecendo uma relação espacial direta com o participante. Em ambos os casos, o usuário deixa de observar o personagem como uma figura restrita a uma tela e passa a percebê-lo como uma entidade posicionada em um espaço tridimensional. Essa alteração na relação espacial pode contribuir para maior tolerância perceptiva aos movimentos faciais e para menor intensificação da estranheza.

A literatura sobre personagens virtuais indica que olhos e características corporais são fatores relevantes na avaliação de personagens gerados por computação gráfica, sobretudo quando há expectativa de realismo humano (JIANG et al., 2022). Assim, a avaliação dos movimentos oculares em RA e RV reforça a necessidade de tratar o olhar como componente expressivo e não apenas como detalhe técnico de animação.

5.3 NATURALIDADE DOS MOVIMENTOS LABIAIS E SINCRONIZAÇÃO COM A FALA

Os movimentos labiais apresentam outra dimensão crítica para a percepção de naturalidade. Quando um personagem fala, espera-se coerência entre áudio, abertura da boca, ritmo das sílabas e expressão facial. Caso essa sincronização seja percebida como artificial, o usuário tende a identificar uma ruptura entre aparência humana e comportamento animado. Essa ruptura é especialmente importante no contexto do Vale da Estranheza, pois personagens humanoides realistas criam maior expectativa de correspondência entre fala e expressão.

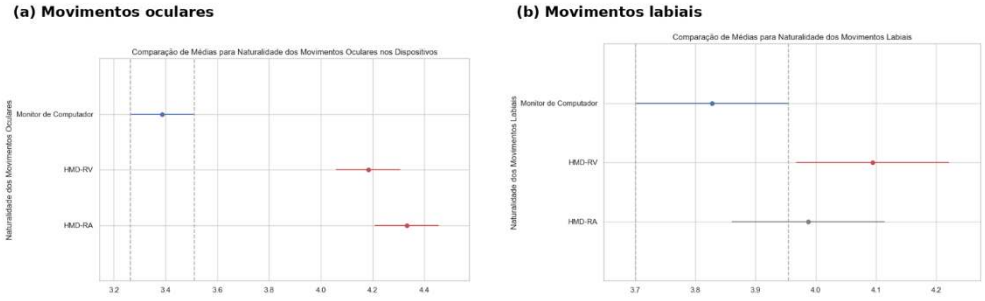
A análise dos movimentos labiais indica diferenças estatisticamente significativas entre os dispositivos testados. Os resultados mostram que a naturalidade percebida dos movimentos labiais foi maior no HMD-RA em comparação ao monitor e ao HMD-RV, enquanto a diferença entre HMD-RV e monitor não se mostra significativa em uma das análises relatadas. Esse achado sugere que a RA pode favorecer a leitura dos movimentos da face, especialmente quando o personagem é percebido como inserido no espaço físico do participante.

Uma possível interpretação é que o ambiente aumentado oferece uma combinação particular entre presença espacial e referência ao mundo real. O personagem virtual, ao ser visualizado no mesmo ambiente físico do usuário, pode ser percebido como mais integrado à situação de interação, o que favorece a aceitação de seus movimentos labiais. No HMD-RV, embora exista imersão, todo o ambiente é virtual, o que pode tornar a percepção da fala mais dependente da coerência geral da cena, da renderização e da expressividade do personagem. Assim, a RA parece oferecer uma vantagem específica na percepção dos movimentos labiais, funcionando como uma ponte entre o personagem virtual e o contexto físico do observador.

Essa discussão é coerente com estudos que apontam que a interação direta e a percepção de um corpo ou personagem virtual podem influenciar a experiência de presença e a ilusão de interação corporal em ambientes imersivos (LUGRIN; LATT; LATOSCHIK, 2015). No caso dos movimentos labiais, essa relação torna-se ainda mais sensível, pois a fala pressupõe vínculo comunicativo direto entre personagem e participante.

A Figura 3 apresenta, de forma comparativa, as médias de naturalidade percebida dos movimentos faciais nos três dispositivos avaliados. A composição reúne os resultados referentes aos movimentos oculares e labiais, permitindo observar diferenças entre a condição não imersiva, representada pelo monitor de computador, e as condições imersivas, representadas pelo HMD-RV e pelo HMD-RA.

Figura 3 – Comparação da naturalidade percebida dos movimentos faciais entre os dispositivos.



Fonte: elaboração própria.

Observa-se, na Figura 3, que a naturalidade percebida dos movimentos oculares apresenta valores superiores nos dispositivos imersivos em relação ao monitor de computador. O HMD-RA apresenta a maior média nessa dimensão, seguido pelo HMD-RV, enquanto o monitor concentra a menor média. Esse comportamento sugere que a visualização em ambientes imersivos pode favorecer a percepção dos movimentos do olhar, possivelmente por inserir o personagem em uma relação espacial mais próxima e coerente com o participante.

Em relação aos movimentos labiais, a Figura 3 indica maior média para o HMD-RV, seguido pelo HMD-RA e pelo monitor de computador. Ainda que os intervalos de confiança devam ser

considerados na interpretação, o conjunto visual reforça que os movimentos faciais são percebidos de maneira distinta conforme o tipo de display utilizado.

Dessa forma, a imagem complementa a discussão ao evidenciar que a naturalidade facial não depende apenas da animação do personagem, mas também do contexto tecnológico em que essa animação é apresentada.

5.4 INFLUÊNCIA DOS MOVIMENTOS FACIAIS NA PERCEPÇÃO DO VALE DA ESTRANHEZA

Os resultados reforçam que o Vale da Estranheza não depende apenas do grau de realismo visual do personagem, mas também da coerência dinâmica de seus movimentos. Um personagem humanoide pode apresentar aparência visual aceitável e ainda assim gerar desconforto caso seus olhos ou lábios se movimentem de forma artificial. De modo inverso, movimentos faciais percebidos como naturais podem reduzir a sensação de estranheza, mesmo quando o personagem não atinge realismo humano completo.

Nos ambientes de RA e RV, essa relação torna-se ainda mais sensível. A proximidade espacial e a sensação de presença ampliam a percepção dos detalhes faciais. O usuário não apenas observa o personagem; ele compartilha com ele um ambiente virtual ou aumentado. Nesse contexto, os movimentos faciais deixam de ser um detalhe técnico da animação e passam a constituir parte fundamental da experiência perceptiva.

A comparação entre RA e RV sugere que ambos os ambientes oferecem condições relevantes para a apresentação de personagens humanoides, mas com efeitos perceptivos distintos. A RV favorece o controle total da cena, permitindo padronizar iluminação, fundo, distância e enquadramento. A RA, por sua vez, insere o personagem no espaço físico do usuário, produzindo uma experiência híbrida em que o virtual é percebido em relação ao real. No caso dos movimentos faciais, essa integração pode favorecer a naturalidade percebida, sobretudo em movimentos labiais, pois o personagem parece ocupar o mesmo espaço comunicativo do participante.

Com isso, a percepção do Vale da Estranheza passa a ser compreendida como resultado de uma combinação entre aparência, movimento e tecnologia de visualização. O display não atua apenas como meio neutro de exibição, mas como elemento que participa da construção perceptiva do personagem. Essa constatação é especialmente importante para projetos de realidade aumentada e virtual, nos quais a proximidade entre usuário e personagem tende a amplificar a percepção de detalhes faciais.

5.5 IMPLICAÇÕES PARA O DESIGN DE PERSONAGENS HUMANOIDES EM RA E RV

Os achados indicam que o desenvolvimento de personagens humanoides para ambientes imersivos deve priorizar a qualidade dos movimentos faciais desde as fases iniciais de modelagem,

rigging e animação. Olhos e boca não devem ser tratados como elementos acessórios, mas como componentes centrais da aceitação perceptiva.

Em aplicações de RA e RV, a face do personagem tende a ser observada em escala próxima e com maior envolvimento espacial, o que aumenta a necessidade de movimentos coerentes e expressivos.

No caso dos movimentos oculares, recomenda-se atenção à direção do olhar, à frequência das piscadas, às transições entre pontos de atenção e à coerência com a posição do usuário. No caso dos movimentos labiais, torna-se fundamental garantir sincronização adequada entre fala, abertura da boca e expressão facial. A ausência dessa coerência pode quebrar a imersão e intensificar o desconforto perceptivo.

Os resultados também sugerem que personagens destinados à RA e à RV devem ser testados diretamente nos dispositivos finais de uso. A avaliação apenas em monitor pode não revelar como o personagem será percebido em ambientes imersivos. A escala, a distância, a orientação da face e o comportamento do olhar podem produzir efeitos diferentes quando o personagem é apresentado em HMD-RA ou HMD-RV. Dessa forma, a escolha do display não é apenas uma decisão técnica, mas uma variável perceptiva que participa da construção da naturalidade e da aceitação do personagem.

Por fim, o recorte nos movimentos faciais evidencia que o Vale da Estranheza pode ser mitigado não apenas pela redução ou ampliação do realismo visual, mas pelo ajuste fino entre expressividade facial, sincronização e contexto de apresentação.

Para aplicações educacionais, jogos digitais, simulações e treinamentos imersivos, esse resultado indica que a qualidade da face em movimento pode ser tão importante quanto a qualidade visual do modelo 3D.

O Quadro 3 sintetiza os principais aspectos discutidos na seção, destacando como os movimentos faciais influenciam a percepção do Vale da Estranheza em ambientes de RA e RV.

Quadro 3 - Síntese da influência dos movimentos faciais na percepção do Vale da Estranheza em RA e RV.

Aspecto analisado	**HMD-RA**	**HMD-RV**	**Implicação para a percepção do Vale da Estranheza**
Movimentos oculares	Favorece a percepção do olhar como parte do espaço físico do participante, aproximando o personagem da situação real de interação.	Favorece a percepção do olhar em ambiente virtual controlado, com estabilidade de distância, escala e iluminação.	A naturalidade do olhar, das piscadas e da direção da atenção pode reduzir a artificialidade percebida no personagem.
Movimentos labiais	Apresenta vantagem perceptiva ao inserir o personagem no ambiente físico, tornando a fala mais integrada à situação comunicativa.	Depende fortemente da coerência entre fala, animação facial e composição geral do ambiente virtual.	A sincronização entre fala e movimento da boca é decisiva para evitar rupturas perceptivas associadas à estranheza.

Coerência facial	A integração entre olhos, boca e presença espacial pode favorecer maior aceitação do personagem humanoide.	A coerência facial é beneficiada pelo controle total do cenário virtual, mas exige maior consistência entre todos os elementos da cena.	A face deve ser tratada como sistema expressivo integrado, e não como soma isolada de animações.
Relação espacial com o usuário	O personagem é percebido como sobreposto ao ambiente real, o que pode aumentar a sensação de coexistência.	O personagem é percebido dentro de um ambiente totalmente virtual, o que pode ampliar a presença e o controle da experiência.	O tipo de display altera a forma como o usuário interpreta os movimentos faciais e sua naturalidade.
Implicação para o design	Exige atenção ao registro espacial, escala, direção do olhar e integração com o ambiente físico.	Exige atenção à iluminação, distância, enquadramento, expressividade facial e coerência da cena virtual.	Personagens para RA e RV devem ser testados no dispositivo final, pois a avaliação em monitor não reproduz a percepção imersiva.

Fonte: elaboração própria.

No Quadro 3 observa-se que os movimentos oculares e labiais não atuam apenas como detalhes técnicos da animação, mas como elementos centrais para a aceitação perceptiva dos personagens humanoides 3D. No HMD-RA, a sobreposição do personagem ao ambiente físico tende a favorecer a sensação de coexistência e pode tornar os movimentos faciais mais integrados à situação comunicativa. No HMD-RV, o controle integral do ambiente virtual contribui para a padronização da experiência, mas exige coerência entre face, fala, iluminação, escala e contexto da cena.

Dessa forma, o Quadro 3 reforça que a influência dos movimentos faciais sobre o Vale da Estranheza depende da articulação entre animação e display. O olhar, as piscadas, a movimentação dos lábios e a sincronização com a fala precisam ser avaliados no próprio ambiente de uso, pois RA e RV produzem formas distintas de presença e de relação espacial com o personagem. A naturalidade facial deve ser considerada uma dimensão estrutural no desenvolvimento de personagens humanoides para mídias imersivas, especialmente quando se busca reduzir o desconforto perceptivo e ampliar a aceitação do usuário.

6 IMPLICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PERSONAGENS EM MÍDIAS IMERSIVAS

Os resultados apontam implicações práticas para o desenvolvimento de personagens humanoides 3D. A primeira é que o realismo visual isolado não garante aceitação. Em personagens humanoides, quanto maior a aproximação com a aparência humana, maior também é a expectativa de comportamento humano coerente. Assim, olhos, boca e corpo precisam atuar como um conjunto expressivo. Quando essas dimensões não se alinham, o usuário percebe falhas e a estranheza pode aumentar, conforme discutido em estudos sobre fatores visuais, movimento e percepção do Vale da Estranheza (KÄTSYRI et al., 2015; JIANG et al., 2022).

A segunda implicação é que o display deve orientar decisões de design. Um personagem desenvolvido para monitor não necessariamente será percebido da mesma forma em HMD-RV ou HMD-RA. A escala, a distância, a direção do olhar e o tipo de movimento precisam ser testados no dispositivo final de uso. Estudos comparativos sobre avatares e personagens digitais em monitores, RV e RA indicam que o dispositivo de exibição interfere na percepção de realismo, estranheza, afinidade e preferência (HEPPERLE et al., 2022; SEYMOUR et al., 2021; YAN, 2019). Em RA, deve-se considerar registro espacial, iluminação, coerência com objetos reais e posição do personagem no ambiente. Em RV, deve-se considerar a coesão do mundo virtual e o impacto da proximidade do personagem em relação ao usuário.

A terceira implicação refere-se à coleta de dados em ambientes imersivos. A avaliação de personagens em RA e RV não deve depender apenas de instrumentos externos à experiência, pois a interrupção pode alterar a percepção. Interfaces internas de questionário contribuem para preservar a imersão e produzir dados mais coerentes com a experiência vivida pelo participante.

Os achados deste artigo sugerem que dispositivos imersivos podem ser utilizados não apenas como meios de exibição, mas como elementos capazes de modular a percepção do personagem. A imersão pode atenuar a estranheza e ampliar simpatia, presença e naturalidade em diferentes condições. Essa constatação é relevante para projetos em educação, treinamento, saúde, entretenimento e comunicação digital, nos quais personagens humanoides são utilizados para orientar, representar, ensinar ou interagir com usuários.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou o desenvolvimento de ambientes de RA e RV para avaliação da percepção do Vale da Estranheza em personagens humanoides 3D com movimentos faciais e corporais. A investigação comparou três condições de visualização, monitor de computador, HMD-RV e HMD-RA, e analisou variáveis relacionadas à semelhança humana, estranheza, simpatia, presença e naturalidade dos movimentos.

Os resultados indicam que o tipo de display influencia significativamente a percepção dos personagens. O monitor de computador tende a acentuar a estranheza em diferentes condições, enquanto os dispositivos imersivos, neste caso HMDs de RA e RV, tendem a favorecer percepções mais positivas. O HMD-RA mostra desempenho favorável em dimensões relacionadas à semelhança e simpatia, enquanto o HMD-RV apresenta vantagens em medidas de presença e naturalidade em determinadas análises. Assim, a escolha do display não é neutra; ela participa da construção perceptiva do personagem.

Também se observa que os movimentos faciais e corporais desempenham papel central na percepção do Vale da Estranheza. A avaliação de personagens humanoides não deve ser limitada à

aparência estática, pois o comportamento dinâmico pode modificar a aceitação do usuário. Movimentos oculares, labiais, corporais e combinados precisam ser planejados e testados como parte constitutiva do design do personagem.

Como contribuição, o estudo articula desenvolvimento de ambientes imersivos, construção de personagens humanoides e avaliação quantitativa de percepção. Os achados oferecem subsídios para o desenvolvimento de personagens virtuais em jogos digitais, simulações, treinamentos, educação, experiências de realidade aumentada e aplicações de realidade virtual. Para trabalhos futuros, recomenda-se ampliar a diversidade de personagens, incluir medidas fisiológicas e explorar interações em tempo real com fala responsiva, comportamento autônomo e inteligência artificial, seguindo possibilidades já discutidas em estudos com RA, RV e avaliação multimodal do Vale da Estranheza (YAN, 2019; SEYMOUR et al., 2021).

REFERÊNCIAS

AGRESTI, A.; FINLAY, B. Métodos estatísticos para as ciências sociais. Porto Alegre: Penso, 2021.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BARTNECK, C. et al. Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. International Journal of Social Robotics, v. 1, p. 71-81, 2009.

BURDEA, G. C.; COIFFET, P. Virtual reality technology. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2003.

FAUL, F. et al. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. Behavior Research Methods, v. 41, n. 4, p. 1149-1160, 2009.

FREUD, S. O estranho. In: FREUD, S. Obras completas. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

HEPPERLE, D. et al. Aspects of visual avatar appearance: self-representation, display type, and uncanny valley. The Visual Computer, v. 38, n. 4, p. 1227-1244, 2022.

HO, C. C.; MACDORMAN, K. F. Revisiting the uncanny valley theory: developing and validating an alternative to the Godspeed indices. Computers in Human Behavior, v. 26, n. 6, p. 1508-1518, 2010.

HO, C. C.; MACDORMAN, K. F. Measuring the uncanny valley effect. International Journal of Social Robotics, v. 9, p. 129-139, 2017.

JENTSCH, E. On the psychology of the uncanny. Angelaki, v. 2, n. 1, p. 7-16, 1997.

JIANG, L. et al. Investigating the uncanny valley effect for virtual characters: visual and motion factors. Computers & Graphics, 2022.

KÄTSYRI, J. et al. A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness. Frontiers in Psychology, v. 6, 2015.

LUGRIN, J.; LATT, J.; LATOSCHIK, M. E. Anthropomorphism and illusion of virtual body ownership. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL REALITY AND TELEXISTENCE AND EUROGRAPHICS SYMPOSIUM ON VIRTUAL ENVIRONMENTS. Proceedings [...]. Eurographics Association, 2015.

MAROCO, J. Análise estatística com o SPSS Statistics. 7. ed. Lisboa: ReportNumber, 2021.

MILGRAM, P. et al. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: SPIE TELEMANIPULATOR AND TELEPRESENCE TECHNOLOGIES. Proceedings [...]. 1995. p. 282-292.

MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. 8. ed. Hoboken: Wiley, 2013.

MORI, M.; MACDORMAN, K. F.; KAGEKI, N. The uncanny valley [from the field]. IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 19, n. 2, p. 98-100, 2012.

MYSTAKIDIS, S. Metaverse. Encyclopedia, v. 2, n. 1, p. 486-497, 2022.

RABE-HESKETH, S.; EVERITT, B. S. A handbook of statistical analyses using Stata. 4. ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2007.

SEYMOUR, M. et al. Crossing the uncanny valley? Understanding affinity, trustworthiness, and preference for realistic digital humans in immersive environments. ACM Transactions on Graphics, 2021.

SLATER, M.; SANCHEZ-VIVES, M. V. Enhancing our lives with immersive virtual reality. Frontiers in Robotics and AI, v. 3, 2016.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S.; KIRNER, C. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. Porto Alegre: SBC, 2018.

YAN, Y. Exploring the uncanny valley effect in virtual reality and augmented reality. 2019. Dissertação (Mestrado) - Dartmouth College, Hanover, 2019.