

ANÁLISE COMPARATIVA DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA EM CLOUD GAMING TRADICIONAL E EM REALIDADE VIRTUAL

Iasmin Correa Araújo¹.

¹Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/5362607048203770>

RESUMO: O cloud gaming viabiliza o acesso a jogos digitais modernos sem a necessidade de hardware de ponta, enfrentando, contudo, severos gargalos de rede. Na vertente em Realidade Virtual (VR), esse cenário é agravado pelo *cybersickness* (mal-estar físico). Este trabalho apresenta uma análise estatística comparativa entre as modalidades tradicional (392 registros, 63 usuários) e em VR (776 registros, 92 usuários) para identificar os fatores que impactam a Qualidade de Experiência (QoE). Os resultados revelam que a média de satisfação no VR é drasticamente inferior (2,24) à tradicional (4,08), divergência validada pelo teste T de Welch ($p < 0,001$). A análise de correlação de Spearman (-0,3059) comprova que o mal-estar físico limita diretamente a QoE imersiva. Adicionalmente, o cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC) registrou aproximadamente 23% de variabilidade atrelada à subjetividade individual dos jogadores, evidenciando dados não independentes e identicamente distribuídos (não-IID). Esse diagnóstico indica que a QoE em VR deve ser modelada de forma independente, justificando o uso de arquiteturas avançadas de machine learning para mitigar a dependência grupal. Conclui-se que soluções generalistas são insuficientes para redes imersivas, pavimentando o caminho para estratégias de transmissão personalizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Cloud Gaming. Realidade virtual. Qualidade da experiência (QoE).

A COMPARATIVE ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING QUALITY OF EXPERIENCE IN TRADITIONAL AND VIRTUAL REALITY CLOUD GAMING

ABSTRACT: Cloud gaming enables seamless access to modern digital games without high-end local hardware, yet it faces critical network transmission bottlenecks. In Virtual Reality (VR) environments, these challenges are compounded by cybersickness (physical discomfort). This study presents a comparative statistical analysis between traditional cloud gaming (392 records, 63 unique users) and VR cloud gaming (776 records, 92 unique users) to identify the core factors impacting Quality of Experience (QoE). The findings demonstrate that user satisfaction in VR is drastically lower (2.24) than in traditional setups (4.08), a

variance validated by Welch's t-test ($p < 0,001$). Spearman's correlation analysis (-0.3059) statistically proves that physical discomfort acts as a direct constraint on immersive QoE. Furthermore, the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) reveals that roughly 23% of the total variance is driven by users' intrinsic subjective traits, confirming that the data is non-independently and identically distributed (non-IID). This diagnostic indicates that VR QoE requires isolated modeling and justifies leveraging advanced machine learning architectures to address group dependency. Ultimately, general-purpose network solutions are inadequate for immersive systems, paving the way for personalized, adaptive streaming strategies.

KEY-WORDS: Cloud Gaming. Virtual Reality. Quality of Experience (QoE).

INTRODUÇÃO

Os jogos digitais consolidaram-se como grande forma de entretenimento da atualidade. No entanto, esse ecossistema tem se mostrado cada vez mais restritivo: para acessar títulos modernos, frequentemente é necessário possuir hardware de ponta, com alto poder computacional. O grande problema dessa dinâmica é que máquinas com tais recursos possuem custos elevados, o que torna muitos jogos inacessíveis para a maior parte da população (SHEA *et al.*, 2013).

Nesse contexto, emerge uma nova tecnologia: o *Cloud Gaming* — ou jogos em nuvem. Com esse modelo, torna-se possível jogar sem a necessidade de adquirir um computador de alto desempenho. Basta que o usuário possua uma conexão estável com a internet e um dispositivo básico para interagir com o sistema, visto que o processamento do jogo ocorre em servidores remotos e a transmissão acontece por meio de streaming em tempo real.

Embora o *cloud gaming* seja uma solução promissora para a democratização do acesso aos jogos, ele impõe desafios significativos que merecem tratamento, principalmente no que diz respeito às condições de rede. O cenário ideal pressupõe uma experiência idêntica à de jogar localmente em um computador próprio; contudo, a necessidade de comunicação contínua entre o servidor remoto e o cliente gera atrasos na transmissão que interferem diretamente na percepção e na interatividade do usuário.

O *cloud gaming* pode ser dividido em duas modalidades principais: o tradicional e o focado em Realidade Virtual (VR). No formato tradicional, o conteúdo é consumido por meio de interfaces convencionais em duas dimensões (2D), ao passo que na modalidade com VR, o usuário interage com o ambiente do jogo utilizando um *headset* imersivo. Portanto, se o formato tradicional já lida com gargalos técnicos complexos, o cenário em VR introduz barreiras ainda mais severas: o uso dos óculos e a sensibilidade à latência de rede podem provocar sintomas de mal-estar físico no jogador, fenômeno conhecido na literatura como *cybersickness* (REBENITSCH; OWEN, 2016).

Desta forma, o foco deste trabalho é entender quais são os fatores que influenciam na Qualidade da Experiência (QoE) do usuário, realizando uma análise comparativa entre as modalidades tradicional e em VR. Para isso, a metodologia adotada baseia-se na análise estatística de métricas técnicas e avaliações subjetivas dos usuários. Os resultados atuais comprovam estatisticamente que as experiências são avaliadas de forma diferente em cada plataforma, evidenciando que o mal-estar físico (*cybersickness*) constitui um fator crítico e exclusivo do ambiente imersivo.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal identificar, quantificar e comparar os fatores técnicos e humanos que influenciam a Qualidade de Experiência (QoE) nas modalidades tradicional e em VR de cloud gaming. A sua finalidade é preencher uma lacuna na literatura científica ao isolar o fenômeno do *cybersickness* como variável crítica da Realidade Virtual, estabelecendo as bases necessárias para estratégias de adaptação de rede direcionadas à redução do desconforto físico do usuário e consequente otimização na sua experiência.

METODOLOGIA

Esta pesquisa classifica-se como de natureza aplicada, apresentando uma abordagem quantitativa com objetivos descritivos e explicativos. Com relação aos procedimentos práticos, o estudo é caracterizado como uma pesquisa experimental de caráter analítico, fundamentada no tratamento, cruzamento e modelagem de dados secundários provenientes de ambientes de testes previamente consolidados pelo laboratório de vinculação.

O corpus de análise é constituído por dois bancos de dados (datasets) independentes: o primeiro é voltado ao cloud gaming tradicional, composto por 392 registros obtidos a partir de 63 jogadores únicos; o segundo mapeia o cenário com VR, sendo constituído por 776 registros associados a 92 jogadores únicos. Ambas as bases foram geradas a partir de experimentos controlados com usuários reais (BARBOSA *et al.*, 2026; SOARES; CARVALHO; MACEDO, 2024).

Durante os testes, os voluntários jogavam sob as condições de rede dinamicamente configuradas - com alterações em características como latência, jitter e perda de pacotes - e, imediatamente após o encerramento de cada sessão, respondiam a questionários para a coleta de dados. Esses instrumentos contemplavam tanto o perfil dos participantes (idade, gênero e familiaridade com jogos digitais) quanto suas avaliações diretas em uma escala de 0 a 7. Essa métrica fundamenta-se no conceito de Mean Opinion Score (MOS), utilizado neste estudo como o principal indicador quantitativo da QoE (ITU-T, 1996).

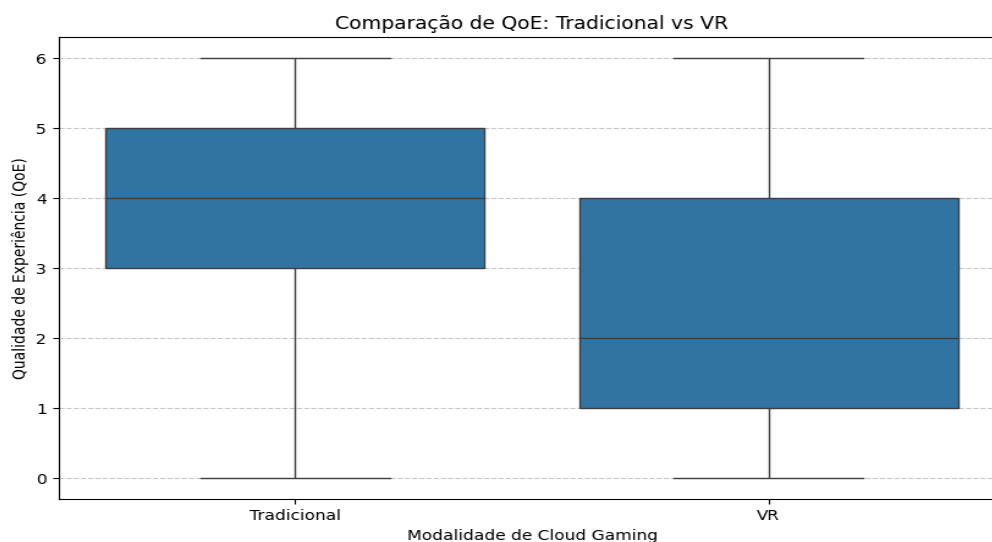
A execução metodológica do presente trabalho foi estruturada em etapas sequenciais. Inicialmente, realizou-se a preparação dos dados por meio da limpeza de inconsistências, tratamento de valores discrepantes (outliers) e dados ausentes, seguida pela normalização

das variáveis para viabilizar uma análise comparativa equitativa entre os dois contextos. Posteriormente, aplicou-se uma análise estatística descritiva e inferencial para caracterizar as distribuições e validar as correlações latentes, cumprindo o escopo atual deste resumo e subsidiando as fases futuras de modelagem preditiva e inteligência artificial explicável (XAI).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa inicial dos datasets revelou contrastes significativos na percepção de qualidade por parte dos usuários nas duas plataformas estudadas. Ao avaliar a distribuição global das notas de Qualidade de Experiência (QoE), constatou-se que a média de satisfação no ambiente de cloud gaming tradicional foi de 4,08, ao passo que o cenário imersivo em Realidade Virtual (VR) registrou uma média drasticamente inferior de 2,24. Essa divergência também pode ser constatada visualmente através dos boxplots de QoE (Figura 1): enquanto a modalidade tradicional se concentra em valores superiores, a modalidade com VR se concentra na extremidade inferior. Para atestar a validade estatística dessa diferença, aplicou-se o teste T de Welch, o qual confirmou, com elevada significância ($p < 0,001$), que as médias populacionais são de fato divergentes e não ocorrem ao acaso.

Figura 1: Distribuição comparativa das notas de QoE entre as modalidades tradicional e VR.



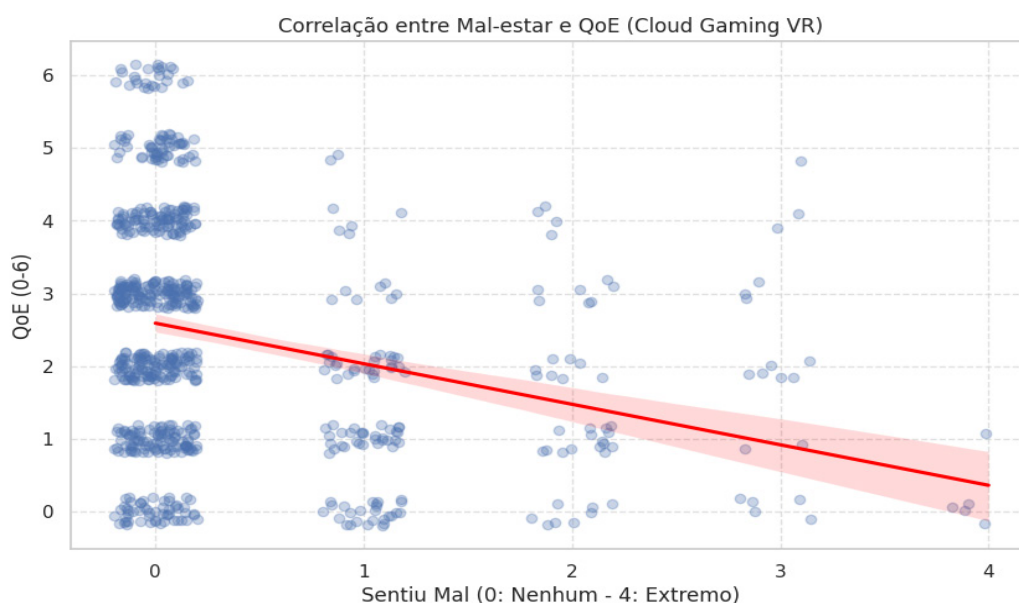
Fonte: Gerado pelo autor na pesquisa (2026).

Essa diferença ganha uma perspectiva relevante quando analisamos as configurações de rede nas duas modalidades de cloud gaming. Pela sua própria natureza imersiva, o ecossistema em VR exige muito mais dados e uma ligação à internet mais potente do que o modelo tradicional. No entanto, mesmo consumindo mais recursos de rede, a satisfação dos usuários foi inferior. Tal contraste mostra que não é ideal avaliar ou comparar as duas

modalidades usando o mesmo padrão de rede, o que reforça a premissa de que a QoE para VR e para as interfaces tradicionais 2D deve ser calculada e modelada de maneiras totalmente separadas e independentes.

Diante disso, buscou-se investigar mais a fundo as variáveis exclusivas da Realidade Virtual, com foco central no indicador de mal-estar físico. Ele é representado pela coluna “sentiuMal” da base de dados, a qual mensura a percepção de desconforto do participante em uma escala ordinal que varia de 0 (nenhum) a 4 (extremo). Para quantificar a associação entre esse indicador e a satisfação geral, utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman, obtendo-se o valor de -0,3059. Essa métrica foi escolhida em detrimento da de Pearson por ser mais adequada para dados provenientes de escalas qualitativas discretas que não seguem uma distribuição normal rígida (ZAR, 2010). O comportamento prático dessa relação é ilustrado graficamente na Figura 2, onde se observa visualmente o recuo das notas de QoE à medida que o nível de desconforto se acentua. Esse resultado negativo moderado comprova estatisticamente que a incidência de sintomas como tonturas ou náuseas atua como um forte limitador direto da satisfação do usuário no ambiente imersivo.

Figura 2: Relação entre a intensidade do mal-estar físico e as notas de QoE no ambiente imersivo.



Fonte: Gerado pelo autor na pesquisa (2026).

Por fim, um fator crítico na análise decorre do fato de os voluntários terem realizado múltiplas sessões de jogo ao longo dos experimentos. Essa repetição impede que os registros sejam tratados de forma isolada, já que as avaliações de um mesmo indivíduo tendem a seguir um padrão pessoal de exigência ou sensibilidade. Para identificar e quantificar o peso desse “efeito do jogador” (ou estrutura grupal) sobre os dados, aplicou-se o Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC), que retornou índices de 0,2308 no modelo tradicional e 0,2330

no cenário em VR. Estes valores são considerados altamente relevantes na literatura, pois revelam que, em ambas as modalidades, cerca de 23% de toda a variabilidade observada nas notas de QoE é ditada por características subjetivas e biológicas intrínsecas a cada jogador único, e não somente pelas oscilações técnicas da rede (SHROUT; FLEISS, 1979).

Essa constatação comprova que os dados não são independentes e identicamente distribuídos (não-IID). Esse fato subsidiará diretamente a próxima fase de modelagem preditiva, pois algoritmos convencionais de aprendizado de máquina não devem ser aplicados de forma direta, visto que as medições repetidas quebram a premissa de independência dos dados. Portanto, os resultados justificam a incorporação de arquiteturas avançadas de *machine learning* capazes de tratar essa dependência grupal, viabilizando o desenvolvimento de estratégias de transmissão personalizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo alcançou o objetivo de mapear e comparar os fatores que influenciam a experiência do usuário nas duas principais modalidades de *cloud gaming*. Os resultados demonstram matematicamente que a percepção de qualidade no ambiente tradicional e no ecossistema de Realidade Virtual (VR) seguem lógicas distintas. Ficou claro que os desafios do VR vão além dos problemas comuns de conexão de internet, estando diretamente associados a fatores biológicos humanos, como o mal-estar físico (*cybersickness*) e a própria subjetividade de cada jogador, comprovada pelo cálculo do ICC. Portanto, soluções padronizadas de rede não são suficientes para gerenciar plataformas imersivas.

Como este trabalho realizou um diagnóstico inicial por meio da análise estatística das bases de dados, ele serve como base científica para os próximos passos da pesquisa. As etapas seguintes envolvem um mapeamento detalhado da literatura para planejar novos experimentos controlados focados exclusivamente em VR, permitindo coletar dados ainda mais específicos. Essas informações serão fundamentais para alimentar modelos preditivos de inteligência artificial explicável (XAI) e, no futuro, guiar o desenvolvimento de mecanismos inteligentes que adaptam a rede em tempo real, focando no conforto do usuário e na democratização dessa tecnologia imersiva.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Victor Gabriel Araujo et al. Análise do impacto da qualidade de rede na experiência do jogador em jogos de realidade virtual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS (SBRC), 44. , 2026, Praia do Forte/BA. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2026. p. 183-196. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbrc.2026.19797>.

REBENITSCH, L.; OWEN, C. Review on cybersickness in virtual reality. **Virtual Reality**, v. 20, n. 2, p. 101–125, 2016.

SHEA, Ryan *et al.* Cloud gaming: Architecture and performance. **IEEE Network**, v. 27, n. 4, p. 16-21, 2013.

SHROUT, Patrick E.; FLEISS, Joseph L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420-428, 1979.

SOARES, Daniel; CARVALHO, Marcos; MACEDO, Daniel F. Enhancing Cloud Gaming QoE Estimation by Stacking Learning. **Journal of Network and Systems Management**, v. 32, n. 3, p. 58, 2024. DOI: 10.1007/s10922-024-09836-6.

TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU. **Recommendation ITU-T P.800**: Methods for subjective determination of transmission quality. Geneva: ITU, 1996.

ZAR, Jerrold H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010.