

Feedback Háptico como Estratégia de Acessibilidade Auditiva em Jogos Digitais: Uma Revisão Integrativa

Haptic Feedback as an Auditory Accessibility Strategy in Digital Games: An Integrative Review

Rafael C. Ferreira ¹, Douglas S. Kridi ¹

¹ Instituto Federal do Maranhão (IFMA) – Campus Barra do Corda Vila Nenzin, BR-226, Km 303 – 65.950-000 – Barra do Corda – MA – Brasil

rafael.ferreira1@acad.ifma.edu.br, douglas.kridi@ifma.edu.br

Resumo. Introdução: Jogos digitais frequentemente assumem o acesso dos jogadores a estímulos sonoros primários, restringindo a progressão, a suspensão da descrença/exploração livre e/ou a participação social para pessoas com deficiência auditiva. **Objetivo:** Analisar e sintetizar a produção científica sobre feedback háptico como um método de acessibilidade auditiva em jogos digitais. **Etapas:** Revisão integrativa, por meio de busca exploratória nas bases de dados Scopus e Google Scholar, com base em critérios de inclusão/exclusão para triagem dos dados e organizada de acordo com uma matriz analítica comparativa. **Resultados Esperados:** Destacar o potencial háptico ao substituir a entrada sensorial auditiva e lacunas como a inexistência de diretrizes formais e a aplicação limitada em jogos comerciais; este estudo pode servir de base para desenvolvimentos futuros.

Palavras-chave: Feedback Háptico; Acessibilidade em Jogos; Deficiência Auditiva; Substituição Sensorial.

Abstract. Introduction: Digital games often assume players have access to primary auditory stimuli, restricting progression, suspension of disbelief/free exploration, and/or social participation for people with hearing impairments. **Objective:** To analyze and synthesize the scientific production on haptic feedback as a method of auditory accessibility in digital games. **Steps:** Integrative review, through an exploratory search in the Scopus and Google Scholar databases, based on inclusion/exclusion criteria for data screening and organized according to a comparative analytical matrix. **Expected Results:** To highlight the haptic potential in replacing auditory sensory input and gaps such as the lack of formal guidelines and limited application in commercial games; this study can serve as a basis for future developments.

Keywords: Haptic Feedback; Accessibility in Games; Hearing Impairment; Sensory Substitution.

1. Introdução

As experiências interativas nos jogos digitais, pilares da cultura contemporânea [Fedorenko 2024], tornam-se excludentes para jogadores surdos quando o progresso e a imersão dependem de estímulos sonoros, gerando desvantagens estratégicas [Chaves 2025; Brook 2017]. A acessibilidade auditiva é, portanto, determinante para o bem-estar biopsicossocial, equidade e o direito ao lazer (Lei Brasileira de Inclusão), visto que alertas e sinais espaciais exclusivamente em áudio constituem barreiras à participação plena.

A fragmentação de padrões na indústria [Chaves 2025; Fedorenko 2024] impulsiona o uso do *feedback* háptico tecnologia que converte informações em estímulos táteis (vibrações e pressões) aproveitando sua alta resolução temporal como via substitutiva ou agregativa à audição [Ganis 2024]. Esta revisão integrativa sintetiza a produção científica sobre o tema, analisando tecnologias, metodologias e resultados, organizada em: Fundamentação Teórica, Metodologia, Análise e Discussão, Conclusões Preliminares e Referências.

2. Fundamentação Teórica

Os jogos digitais promovem a inclusão ao adaptarem o material para diversas limitações funcionais [Piloti 2022], contudo, no domínio da perda auditiva, a dependência de estímulos sonoros gera desvantagens estratégicas e exclusão em ambientes multijogador [Chaves 2025; Fedorenko 2024]. Alertas, diálogos e sons ambientais comprometem o desempenho dos jogadores surdos e o estado de *flow* [Brook 2017; Pigulak 2025]. Biologicamente, a tecnologia háptica justifica-se pela substituição sensorial, fundamentada na alta resolução temporal compartilhada entre tato e audição [Ganis 2024]. Nesse contexto, a técnica de mapeamento de envelope temporal destaca-se ao extrair amplitudes sonoras e convertê-las em intensidades vibratórias perceptíveis [Brook 2017].

A deficiência auditiva manifesta-se em quatro categorias de barreira [Chaves 2025; Fedorenko 2024]: (i) **sons e alertas críticos**, cuja invisibilidade compromete a antecipação de ameaças; (ii) **diálogos e narrativa**, onde a carência de legendas descritivas impede a compreensão plena da trama; (iii) **comunicação multiplayer**, que gera isolamento social e desvantagem competitiva; e (iv) **ambientação e imersão**, onde a ausência de tradução de sons ambientais fragmenta a percepção espacial [Brook 2017]. Para mitigar essas barreiras, o *feedback* háptico subdivide-se em percepções **táteis/cutâneas** (pressão, vibração, textura) e **cinestésicas** (postura e movimento) [Piloti 2022; Ganis 2024].

A implementação técnica ocorre via controladores de movimento com atuadores eletromagnéticos ou ressonantes, como o PS5 *DualSense*, que fornece vibrações baseadas em ondas sonoras [Fedorenko 2024], ou dispositivos vestíveis que utilizam redes de memória para expressar sequências hápticas semânticas [Dong and Zheng 2025]. O hardware fundamenta-se em três tecnologias: **Massa Giratória Excêntrica (ERM)**, comum pelo baixo custo e vibração básica (*rumble*) [Fedorenko 2024; Ganis 2024]; **Atuador Ressonante Linear (LRA)**, para respostas precisas; e **Bobina de Voz (VCM)**, essencial para máxima fidelidade e localização espacial [Ganis 2024; Chelladurai 2024]. No entanto, a inclusão plena ainda enfrenta desafios de alto custo e inconsistência entre plataformas [Pigulak 2025].

3. Metodologia

Esta pesquisa adota a revisão integrativa da literatura como método [Ganis 2024]. A busca concentrou-se na base Google Scholar, que retornou inicialmente 19.200 registros brutos. A estratégia utilizou a *string*: “*haptic feedback*” AND “*game accessibility*” AND “*hearing impairment*” AND “*deaf*”. Embora a base Scopus tenha sido consultada, os resultados foram descartados por serem duplicatas do *Scholar* ou por não possuírem aderência ao escopo. Para mitigar a instabilidade do algoritmo da base, o controle foi estabelecido pela análise sistemática dos resultados até a 2ª página.

Os critérios de inclusão foram: (i) artigos, dissertações ou anais revisados por pares; (ii) foco em *feedback* háptico assistivo para surdos; (iii) disponibilidade em português ou inglês. Como critérios de exclusão, definiram-se: (i) estudos voltados exclusivamente à imersão (*rumble*) sem viés de acessibilidade; (ii) indisponibilidade de acesso integral; (iii) duplicatas ou falta de aderência ao escopo.

O processo de seleção seguiu um fluxo rigoroso: na triagem inicial, 17 estudos foram excluídos por título e resumo; na fase de elegibilidade, após leitura integral, 12 trabalhos foram descartados. Ao final, 11 estudos foram incluídos na matriz analítica. Para garantir a cobertura do estado da arte, aplicou-se o *snowballing* bi-direcional, analisando as referências dos artigos selecionados e os trabalhos que os citaram prospectivamente. Os dados foram organizados em matriz comparativa (Tabela 1).

4. Análise e Discussão

A análise dos 11 estudos selecionados evidencia crescimento do interesse em tecnologias hápticas voltadas à acessibilidade em jogos digitais. A Figura 1 sintetiza quantitativamente a distribuição dos estudos por estratégia adotada e por tipo metodológico, antecipando os padrões discutidos a seguir.

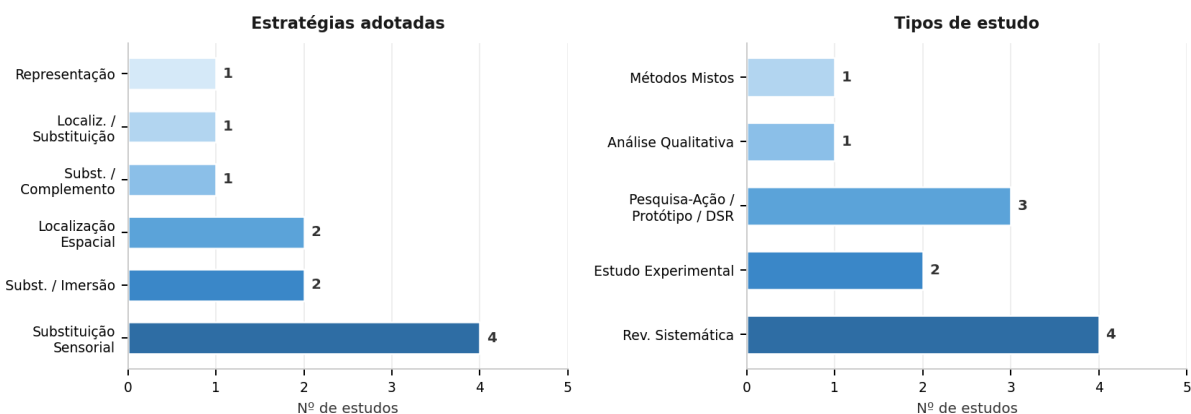


Figura 1. Distribuição dos estudos selecionados por estratégia e tipo de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A substituição sensorial predomina em oito dos onze estudos. A Tabela 1 detalha cada trabalho, permitindo comparação direta entre tecnologias, déficit-alvo e resultados. A inclusão de **Piloti (2022)** justifica-se por seus aportes técnicos e metodológicos transversais. Embora focado na deficiência visual, o estudo oferece um mapeamento profundo de atuadores

piezoelétricos e estabelece heurísticas de usabilidade fundamentais para interfaces hápticas em jogos [Piloti 2022]. Tais diretrizes são essenciais para garantir que a conversão de sinais sonoros em estímulos físicos ocorra de forma intuitiva e sem sobrecarga cognitiva, servindo como base técnica para estratégias de acessibilidade auditiva.

Tabela 1. Síntese comparativa dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Tipo de Estudo	Tecnologia Háptica	Def.-Alvo	Estratégia	Resultado Principal
Pigulak (2025)	Mét. Mistos	Controle DualSense + periféricos	Auditiva	Subst. / Imersão	Vibrações variadas melhoram orientação situacional
Chelladurai (2024)	Aval. Experimental 1	Transdutor VCM (cabeça)	Auditiva	Localização Espacial	89,81% de precisão na localização frontal
Brook (2017)	Pesquisa-Ação	Controle/hardware vibratório	Auditiva	Substituição	Triagem auditiva comparável a testes padrão
Granados (2021)	Estudo Empírico	Cues hápticos no controle	Auditiva	Substituição	Cues visuais+hápticos preferidos qualitativamente
Fedorenko (2024)	Análise Qualitativa	Rumble (gamepad/smart phone)	Auditiva	Subst. / Imersão	Facilita percepção de estímulos e aumenta imersão
Dong & Zheng (2025)	Rev. Sistemática	Luvas/coletes + IA (LSTM)	Audit./Moto ra	Substituição	LSTM converte sons em padrões táteis semânticos
Ganis (2024)	Rev. Sistemática	Wearables ERM/VCM	Auditiva	Subst./Complemento	Envelope temporal é a estratégia mais eficaz
Chaves (2025)	Rev. Sistemática	Vibrador em controles	Auditiva	Substituição	Eficácia em diretrizes de personalização tátil
Piloti (2022)	Design Science Res.	Display Braille piezoelétrico	Visual	Representação	Ações identificadas conforme heurísticas de usab.
Menezes & Lamar (2023)	Desenv. Protótipo	Vestível (12 motores)	Auditiva	Localiz./Substituição	Surdos compreenderam rapidamente as pistas
Aguado-Delgado (2020)	Rev. Sistemática	Tecnol. assistivas variadas	Múltiplas	Mapeamento Barreiras	Def. auditiva e cognitiva menos pesquisadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1. Distribuição Metodológica

A predominância de revisões sistemáticas (4 estudos) indica esforço de organização do conhecimento, enquanto os estudos práticos experimentais [Chelladurai 2024; Granados 2021], prototipagem e *Design Science Research* [Piloti 2022; Menezes e Lamar 2023] demonstram validações concretas. O reduzido número de pesquisas de métodos mistos [Pigulak 2025] aponta espaço para investigações que integrem abordagens quantitativas e qualitativas de forma mais equilibrada. Diferenciar o peso das evidências é essencial: revisões consolidam o conhecimento, enquanto experimentos empíricos como Chelladurai (2024) conferem maior rigor ao validarem a tecnologia com dados precisos (89,81% de acurácia) [Chelladurai 2024]. Já pesquisas de prototipagem e *Design Science Research* (Piloti (2022); Menezes e Lamar (2023)) são fundamentais para estabelecer heurísticas e bases técnicas, apesar de carecerem de validações em larga escala [Piloti 2022; Menezes e Lamar 2023].

4.2. Tecnologias Hápticas

A vibração constitui o núcleo tecnológico predominante: a maioria dos estudos utiliza controles com atuadores de Massa Giratória Excêntrica (*ERM*) ou Atuador Ressonante Linear (*LRA*) [Pigulak 2025; Brook 2017; Granados 2021; Fedorenko 2024; Chaves 2025], confirmando que tecnologias de mercado representam o caminho mais acessível para implementações inclusivas. Dispositivos vestíveis [Dong e Zheng 2025; Ganis 2024; Menezes e Lamar 2023] ampliam a dimensão espacial do *feedback*, e Chelladurai (2024) demonstra que transdutores de Bobina de Voz (*VCM*) frontais alcançam 89,81% de precisão na localização espacial.

4.3. Estratégias e Lacunas

Dentre as estratégias mapeadas, o **envelope temporal** destaca-se como a técnica mais promissora para **alertas críticos** (como sinais de perigo ou tiros), pois a conversão direta de amplitudes sonoras em intensidades vibratórias permite uma percepção física imediata e intuitiva desses eventos [Brook 2017; Ganis 2024]. Contudo, a representação de sons complexos, como diálogos ou ambientação, ainda carece de métodos que evitem a sobrecarga sensorial para representação de eventos *in-game* [Ganis 2024]. As limitações recorrentes são: alto custo de periféricos; dependência de hardware específico; inconsistência entre plataformas; sobrecarga sensorial em vestíveis; e amostras reduzidas. Identificam-se cinco lacunas: (1) ausência de diretrizes consolidadas para design háptico inclusivo; (2) falta de padronização tátil entre plataformas; (3) pouca aplicação em jogos comerciais; (4) escassez de estudos longitudinais; e (5) necessidade de maior integração com design centrado no usuário.

5. Conclusões Preliminares

Este trabalho apresenta resultados parciais de uma revisão integrativa em andamento. A análise dos 11 estudos selecionados indica que a substituição sensorial por vibração é a abordagem dominante, o envelope temporal é a técnica mais eficaz e dispositivos vestíveis ampliam as possibilidades de representação espacial do som embora com custo e complexidade elevados.

Como próximos passos, preveem-se: ampliação da busca via *snowballing*; avaliação formal da qualidade metodológica dos estudos; síntese narrativa mais aprofundada; e elaboração de recomendações preliminares para o *design* háptico inclusivo em jogos comerciais. Espera-se que a versão final ofereça subsídios concretos para desenvolvedores e pesquisadores da área.

6. Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA) e à FAPEMA pelo apoio institucional e pelo fomento através da bolsa de pesquisa concedida. Declaração de Uso de IA Generativa: Em conformidade com o Código de Conduta para Autores da SBC, declara-se o uso da ferramenta Claude AI exclusivamente para a estruturação técnica e formatação visual da Tabela 1 e Figura 1. Salienta-se que os dados brutos, categorias analíticas e informações científicas foram fornecidos integralmente pelos autores, que assumem total responsabilidade pela integridade, exatidão e originalidade do conteúdo revisado.

Referências

- Aguado-Delgado, J., Gutiérrez-Martínez, J. M., Hilera, J. R. et al. (2020) “Acessibilidade em videogames: uma revisão sistemática”, *Univ Access Inf Soc*, vol. 19, p. 169–193. <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0628-2>.
- Brook, L. J. (2017) “An investigation into accessible video game design for the deaf and hard of hearing”, Edith Cowan University. <https://ro.ecu.edu.au/theses/1984>.
- Chaves, M. T. M. (2025) “Acessibilidade em jogos para pessoas com deficiência auditiva: uma revisão sistemática”, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação), Campus de Russas, Universidade Federal do Ceará, Russas.
- Chelladurai, P. K., Li, Z., Weber, M., Oh, T. and Peiris, R. L. (2024) “Soundhapticvr: head-based spatial haptic feedback for accessible sounds in virtual reality for deaf and hard of hearing users”, In: *Proceedings of the 26th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, p. 1-17.
- de Menezes, E. C. and Lamar, M. V. (2023) “Haptic system as an accessibility mechanic for hard of hearing and deaf people on video games”, In: *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, p. 276-281, SBC.
- Dong, X. and Zheng, Z. (2025) “Technology and Analysis of Game Interactivity for People with Disabilities”, *Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection*, vol. 1, no. 1.
- Fedorenko, I. (2024) “Analysis of the technologies and techniques in accessibility features of video games”.
- Ganis, F., Gulli, A., Fontana, F. and Serafin, S. (2024) “The role of haptics in training and games for hearing-impaired individuals: A systematic review”, *Multimodal technologies and interaction*, vol. 8, no. 1, p. 1.
- Granados, J. A. (2021) “Level-up! Identifying ways to make video games more accessible for deaf and hard-of-hearing individuals”.
- Pigulak, J. (2025) “Exploring the Immersive Potential of Accessibility Options for Deaf and Hard-of-Hearing Players”, *Images. The International Journal of European Film, Performing Arts and Audiovisual Communication*, vol. 39, no. 48, p. 137-158.
- Piloti, J. S. (2022) “Interfaces computacionais multimodais em jogos digitais para as pessoas com deficiência visual: aportes metodológicos”.