

Sistema de atenção auditiva seletiva para ambientes educacionais: Uma proposta tecnológica aplicada

Selective auditory attention system for educational environments: An applied technological proposal

Sistema de atención auditiva selectiva para entornos educativos: Una propuesta tecnológica aplicada

Recebido: 15/01/2026 | Revisado: 22/01/2026 | Aceitado: 23/01/2026 | Publicado: 24/01/2026

José Ivan Vitor Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2545-700X>

Instituto Federal do Ceará, Brasil

E-mail: Jose.ivan@ifce.edu.br

Resumo

O ruído ambiental em salas de aula constitui um desafio recorrente ao processo de ensino-aprendizagem, impactando a concentração e a inteligibilidade da fala. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta tecnológica aplicada de sistema de atenção auditiva seletiva para ambientes educacionais, fundamentada em princípios de processamento de sinais e tecnologias assistivas. O sistema estrutura-se como uma arquitetura de mediação sonora capaz de priorizar dinamicamente a voz de um interlocutor autorizado sem suprimir a percepção do ambiente. A ferramenta utiliza princípios de processamento digital de sinais (DSP) e fones de condução óssea para favorecer uma escuta funcional e equilibrada. Conclui-se que a tecnologia, ao deslocar o esforço de filtragem sonora do estudante para o sistema, constitui um caminho viável para reduzir a carga cognitiva e promover a inclusão escolar.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva; Atenção auditiva; Ambiente educacional; Processamento de sinais; Inclusão escolar.

Abstract

Environmental noise in classrooms is a recurring challenge to the teaching-learning process, impacting concentration and speech intelligibility. In this context, this article aims to present an applied technological proposal for a selective auditory attention system for educational environments, based on signal processing principles and assistive technologies. The system is structured as a sound mediation architecture capable of dynamically prioritizing the voice of an authorized speaker without suppressing environmental perception. The tool uses digital signal processing (DSP) principles and bone conduction headphones to foster functional and balanced listening. It is concluded that the technology, by shifting the sound filtering effort from the student to the system, constitutes a viable path to reduce cognitive load and promote school inclusion.

Keywords: Assistive technology; Auditory attention; Educational environment; Signal processing; School inclusion.

Resumen

El ruido ambiental en las aulas constituye un desafío recurrente para el proceso de enseñanza-aprendizaje, afectando la concentración y la inteligibilidad del habla. En este contexto, este artículo tiene como objetivo presentar una propuesta tecnológica aplicada de sistema de atención auditiva selectiva para entornos educativos, fundamentada en principios de procesamiento de señales y tecnologías asistivas. El sistema se estructura como una arquitectura de mediación sonora capaz de priorizar dinámicamente la voz de un interlocutor autorizado sin suprimir la percepción del entorno. La herramienta utiliza principios de procesamiento digital de señales (DSP) y auriculares de conducción ósea para favorecer una escucha funcional y equilibrada. Se conclui que la tecnología, al desplazar el esfuerzo de filtrado sonoro del estudiante hacia el sistema, constituye una vía viable para reducir la carga cognitiva y promover la inclusión escolar.

Palabras clave: Tecnología asistiva; Atención auditiva; Entorno educativo; Procesamiento de señales; Inclusión escolar.

1. Introdução

O ruído ambiental em salas de aula constitui um desafio recorrente ao processo de ensino-aprendizagem, uma vez que compete diretamente com a atenção dos estudantes e compromete a inteligibilidade da fala do professor. Pesquisas conduzidas

em contextos educacionais brasileiros apontam que níveis elevados de pressão sonora e condições acústicas inadequadas são frequentes em ambientes de ensino, impactando negativamente o desempenho acadêmico e a comunicação em sala de aula (Rabelo et al., 2014; Dias et al., 2019).

Além dos efeitos diretos sobre a compreensão da fala, o ruído excessivo está associado ao aumento do esforço auditivo e cognitivo, favorecendo a distração e reduzindo a capacidade de manutenção do foco durante atividades pedagógicas. Gorla et al. (2021) destacam que o ruído atua como um fator contínuo de interferência na dinâmica educacional, afetando tanto estudantes quanto docentes.

Diante desse cenário, tecnologias assistivas voltadas à melhoria da percepção da fala em ambientes ruidosos têm sido investigadas, com destaque para sistemas de microfone remoto e dispositivos de amplificação sonora. Entretanto, muitas dessas soluções concentram-se na redução global do ruído ou na amplificação indiscriminada do sinal, sem mecanismos explícitos de priorização seletiva da fonte sonora de interesse.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta tecnológica aplicada de sistema de atenção auditiva seletiva para ambientes educacionais, fundamentada em princípios de processamento de sinais e tecnologias assistivas.

2. Metodologia

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa e propositiva, caracterizada como um estudo de desenvolvimento tecnológico em fase conceitual (Azevedo, 2018; Pereira et al., 2018; Gil, 2017). O percurso metodológico compreendeu três etapas principais:

1. Revisão integrativa da literatura sobre acústica educacional, atenção auditiva e tecnologias assistivas, com ênfase em sistemas de microfone remoto e processamento digital de sinais;
2. Modelagem arquitetural da solução proposta, fundamentada em princípios de processamento digital de sinais (DSP) e engenharia de sistemas;
3. Análise de viabilidade técnica orientada à segurança auditiva, usabilidade pedagógica e coerência com princípios de educação inclusiva.

Trata-se, portanto, de um estudo de natureza bibliográfica, descritiva e propositiva, cujo objetivo é apresentar e fundamentar conceitualmente uma solução tecnológica aplicada, sem realização de experimentação empírica nesta etapa.

3. Resultados e Discussão

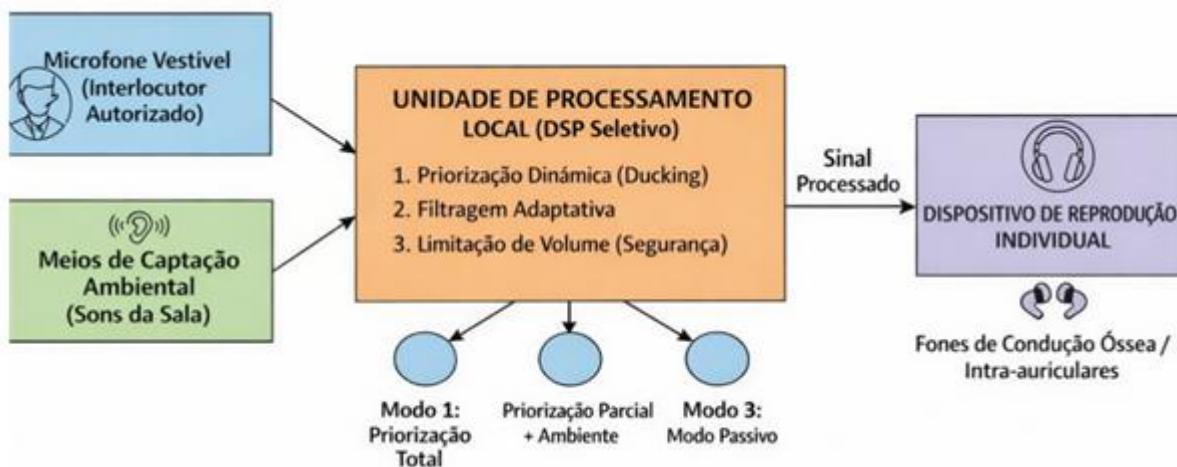
O presente estudo procura ir ao encontro das afirmações de Rabelo et al. (2014), que consideram que ambientes com melhores condições acústicas favorecem a compreensão da fala e o desempenho escolar. Partindo dessa constatação, a proposta aqui apresentada busca oferecer uma resposta tecnológica a um problema cotidiano da escola: a dificuldade de manter o foco auditivo em contextos marcados por sobreposição de vozes, ruídos ambientais e estímulos concorrentes.

Diferentemente de soluções convencionais baseadas apenas em amplificação sonora ou isolamento passivo, o sistema de atenção auditiva seletiva proposto estrutura-se como uma arquitetura inteligente de mediação sonora, capaz de priorizar dinamicamente a voz de um interlocutor autorizado sem suprimir por completo a percepção do ambiente. O objetivo não é criar uma “bolha auditiva”, mas favorecer uma escuta funcional, equilibrada e pedagogicamente viável.

3.1 Arquitetura geral do sistema

O sistema é composto por quatro módulos principais: (i) um microfone vestível associado ao interlocutor autorizado; (ii) meios de captação ambiental; (iii) uma unidade de processamento local; e (iv) um dispositivo de reprodução sonora individual.

Figura 1 - Diagrama de blocos da arquitetura funcional do sistema de atenção auditiva seletiva.



Fonte: Autores (2026).

A operação inicia-se com a captação simultânea da voz do interlocutor autorizado e dos sons ambientais. Esses sinais são enviados à unidade de processamento local, onde ocorre a análise espectral e temporal do áudio. O sistema encontra-se protegido por pedido de patente de invenção depositado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) sob o número BR 10 2026 000076 0.

O processamento prioriza a voz autorizada sempre que detectada, reduzindo automaticamente a interferência sonora concorrente. Essa priorização não é fixa: ela pode ser modulada conforme o modo de operação selecionado pelo usuário, respeitando diferenças individuais de sensibilidade auditiva e perfil atencional.

3.2 Unidade de processamento e fluxo de sinais

O núcleo funcional da proposta reside na Unidade de Processamento Local, responsável por três operações centrais:

- Priorização dinâmica (ducking): redução automática do volume ambiental quando a voz autorizada é detectada;
- Filtragem adaptativa: realce das faixas de frequência predominantes da fala humana (entre 300 Hz e 3400 Hz) e atenuação de ruídos estacionários;
- Mecanismos de segurança auditiva: limitação automática de pressão sonora para evitar picos prejudiciais à audição.

Esses processos permitem que a escuta seja mediada tecnologicamente, deslocando parte do esforço cognitivo de filtragem do cérebro para o sistema. O resultado esperado não é apenas maior inteligibilidade da fala, mas também redução da fadiga mental associada à escuta em ambientes ruidosos.

3.3 Modos de operação e segurança auditiva

A interface com o usuário ocorre por meio de um dispositivo de reprodução individual, preferencialmente fones de condução óssea, que mantêm o canal auditivo aberto e preservam a integração ambiental. Três modos de operação são previstos:

- Modo 1 – Priorização total: foco exclusivo na voz do interlocutor autorizado;
- Modo 2 – Priorização parcial: equilíbrio entre a voz prioritária e a percepção residual do ambiente;
- Modo 3 – Desativado: funcionamento passivo, sem processamento seletivo.

A presença de modos ajustáveis permite que o sistema se adapte a diferentes contextos pedagógicos e necessidades individuais, evitando tanto o isolamento sensorial quanto a exposição excessiva ao ruído.

Quadro 1 - Comparativo funcional entre tecnologias de apoio auditivo e o sistema proposto.

Critério de Análise	Sistemas de PA (Caixas de Som)	Microfones Remotos (FM/DM) Tradicionais	Sistema de Atenção Seletiva (Proposta)
Foco da Atuação	Coletivo (toda a sala)	Individual	Individual e Personalizado
Gestão de Ruído	Amplifica sinal e ruído	Foca apenas na voz remota	Mixagem inteligente (Sinal + Contexto)
Percepção Ambiental	Mantida, mas confusa	Frequentemente isolada (efeito fone)	Ajustável (Preservação residual)
Carga Cognitiva	Alta (exige filtragem cerebral)	Média	Baixa (filtragem via DSP)
Segurança Auditiva	Limitada ao volume geral	Dependente do ajuste manual	Automática (Limitação via Software)
Inclusividade	Baixa (pode incomodar hiper-sensíveis)	Média	Alta (adaptável a diferentes perfis)

Fonte: Autores (2026).

A análise do Quadro 1 evidencia que o principal diferencial do sistema proposto reside na capacidade de mediação inteligente do campo auditivo. Enquanto soluções convencionais operam por amplificação global ou por isolamento da fonte sonora, a proposta apresentada desloca parte do esforço de filtragem do estudante para a tecnologia, reorganizando o ambiente de escuta de forma funcional. Essa característica favorece não apenas a inteligibilidade da fala, mas também a redução da carga cognitiva associada à escuta em ambientes ruidosos.

3.4 Discussão à luz da literatura

A proposta tecnológica apresentada neste estudo busca preencher uma lacuna crítica nas tecnologias assistivas auditivas atuais: a ausência de seletividade inteligente em ambientes de alta complexidade acústica. Enquanto soluções tradicionais concentram-se na amplificação ou no isolamento, o sistema proposto opera como mediador cognitivo-sonoro, reorganizando o campo auditivo de forma funcional.

Nossa proposta faz uso de microfone vestível e meios de captação ambiental, de modo a contemplar as afirmações de Zanin et al. (2016) e Lewis et al. (2022), que relatam benefícios dessas soluções na percepção da fala em ambientes ruidosos. Ao integrar esses princípios a uma arquitetura de processamento local, o sistema amplia o potencial dessas tecnologias, deslocando-as do campo exclusivamente clínico para o contexto pedagógico cotidiano.

Essa abordagem dialoga ainda com os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem, ao conceber a tecnologia não como recurso excepcional, mas como instrumento de equidade. Ao invés de “corrigir” o aluno, o sistema reorganiza o ambiente, reconhecendo que as barreiras à atenção não residem apenas no sujeito, mas na própria configuração sensorial da sala de aula.

4. Conclusão

Este estudo apresentou uma proposta tecnológica de sistema de atenção auditiva seletiva voltado a ambientes educacionais, fundamentada em princípios de processamento digital de sinais e em pressupostos das tecnologias assistivas. A arquitetura funcional delineada demonstrou-se conceitualmente consistente, oferecendo uma alternativa técnica viável para mitigar os efeitos do ruído sobre a inteligibilidade da fala e sobre a manutenção da atenção em sala de aula.

O diferencial da proposta reside na capacidade de priorização seletiva da fonte sonora relevante, sem impor isolamento sensorial ao estudante. Ao permitir diferentes modos de operação, o sistema reconhece que a escuta é uma experiência situada e

variável, respeitando tanto as demandas pedagógicas quanto os perfis individuais de sensibilidade auditiva e atenção. Nesse sentido, a tecnologia deixa de operar como correção do sujeito e passa a atuar como reorganizadora do ambiente, deslocando o foco das limitações individuais para as condições reais de aprendizagem.

Embora o presente trabalho tenha caráter propositivo e não conte com validação empírica nesta etapa, ele estabelece bases conceituais e arquiteturais sólidas para o desenvolvimento de protótipos funcionais. Como desdobramentos futuros, recomenda-se a implementação técnica da unidade de processamento local e a realização de estudos experimentais em contextos reais de sala de aula, com vistas a quantificar o impacto do sistema sobre a inteligibilidade da fala, a carga cognitiva e o desempenho pedagógico dos estudantes.

Ao articular tecnologia, acessibilidade e pedagogia, a proposta contribui para o avanço de soluções que não apenas ampliam recursos, mas reconfiguram a forma como o ambiente escolar pode acolher a diversidade de modos de atenção, escuta e aprendizagem.

Referências

- APA. (2025). Orientações para elaborações de citações e referências: conforme a American Psychological Association (APA). (7ed). <https://www.pucminas.br/biblioteca/DocumentoBiblioteca/APA-7-Edicao.pdf>
- Andrade, A. (2025). ABNT NBR 6023. Informação e Documentação. Referências – Elaboração. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Economia Elaborado por Biblioteca IE/CEDOC Atualizado em: 03/06/2025. <https://www3.eco.unicamp.br/biblioteca/images/arquivos/NBR60232025Referencias.pdf>.
- Azevedo, C. B. (2018). Metodologia científica ao alcance de todo. Editora Manole. ISBN-13: 978-8520456385.
- Dias, F. A. M., Santos, B. A. & Mariano, H. C. (2019). Sound pressure levels in classrooms of a University and its effects on students and professors. CoDAS. 31(4), 1-9. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018093>.
- Gil, A. C. (2017). Como elaborar um projeto de pesquisa. Editora Atlas.
- Gorla, G. C. S. L. et al. (2021). Acoustic monitoring in classrooms and computer laboratories. Research, Society and Development. 10(15), e116101522452. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22452>.
- Lewis, D. et al. (2022). Remote microphone benefit in noise and reverberation for children who are hard of hearing. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 65(2), 782-98.
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. (Free ebook). Santa Maria. Editora da UFSM.
- Rabelo, A. T. V. et al. (2014). Effect of classroom acoustics on the speech intelligibility of students. CoDAS. 26(5), 360-6.
- Zanin, J. et al. (2016). Functional hearing in the classroom: assistive listening devices for students with hearing impairment in a mainstream school setting. International Journal of Audiology. 55(1), 34-41.