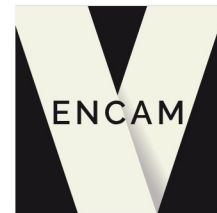




27 A 30 DE MAIO DE 2026

V ENCONTRO DE COGNIÇÃO E ARTES MUSICAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE



## **Desenvolvimento e avaliação de ferramentas de simulação acústica imersiva para a promoção de estratégias metacognitivas na preparação da performance musical**

Ravi Shankar Magno Viana Domingues  
Universidade Federal da Paraíba  
[ravi@ccta.ufpb.br](mailto:ravi@ccta.ufpb.br)

### **RESUMO**

#### **PROBLEMA**

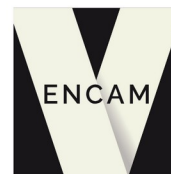
A performance musical é fortemente influenciada pela acústica do ambiente, afetando a percepção sonora e as escolhas interpretativas dos músicos. Diferentes assinaturas acústicas impactam a percepção auditiva (Kato et al., 2015) e levam a ajustes em parâmetros como tempo, intensidade e timbre (Ueno et al., 2010), além de influenciarem aspectos psicológicos, como a sensação de segurança e controle. No entanto, músicos frequentemente praticam em ambientes distintos das salas de concerto, enfrentando desafios constantes de adaptação. Ademais, a exposição prolongada a altos níveis de pressão sonora pode comprometer a saúde auditiva, tornando o uso de protetores auriculares necessário, embora estes alterem a percepção do equilíbrio espectral e da projeção sonora. Nesse contexto, tecnologias imersivas emergem como ferramentas promissoras para potencializar experiências perceptivas e de aprendizagem (Klico & Muhić, 2022), podendo também favorecer processos metacognitivos (Araújo et al., 2024). Contudo, ainda há escassez de soluções que integrem imersão acústica, baixa latência e escuta não oclusiva em contextos reais de prática instrumental.

#### **OBJETIVO**

Avaliar o potencial da simulação acústica imersiva — baseada em reverberação por convolução em tempo real e fones de condução óssea (Gozzi & Liuni, 2025) — como ferramenta para promover processos metacognitivos na preparação da performance musical em diferentes contextos acústicos.

#### **MÉTODO**





A pesquisa adota uma abordagem autoetnográfica articulada à Design-Based Research (McKenney & Reeves, 2012), estruturada em três fases. Este estudo reporta a Fase 1, de caráter exploratório, conduzida entre março e maio de 2025, na qual o pesquisador-intérprete calibrou o sistema e analisou seus efeitos sobre percepção sonora, afinação, esforço físico e conforto durante o ajuste de palhetas e a preparação de performances em música de câmara e orquestra. O sistema combina fones de condução óssea — que permitem a escuta simultânea do som direto e processado (Stenfelt & Reinfeldt, 2007) — com reverberação por convolução em tempo real utilizando respostas impulsivas binaurais (Kantorik, 2014), microfone DPA 4099, interface RME Fireface e programação em Max/MSP. A latência foi otimizada para aproximadamente 4–6 ms, abaixo do limiar de percepção de eco, garantindo integração perceptiva entre som direto e simulado. Foram testadas seis condições experimentais (com e sem sistema; com e sem protetores auditivos), com registro sistemático em diário de prática.

## RESULTADOS

A utilização do sistema resultou em aumento da expressividade (controle do vibrato e flexibilidade rítmica), maior precisão na percepção de afinação, articulação e timbre, bem como melhor antecipação do comportamento das palhetas em diferentes ambientes acústicos. Observou-se também redução do esforço físico e mental, além de maior facilidade na adaptação ao uso de protetores auditivos. A ferramenta atuou como mediadora de processos de metacognição incorporada, promovendo a integração entre percepção auditiva, ação corporal e tomada de decisão musical em tempo real. Embora os resultados reflitam a experiência do pesquisador-intérprete, eles oferecem subsídios consistentes para a formulação de hipóteses a serem testadas nas fases subsequentes da pesquisa.

## IMPLICAÇÕES

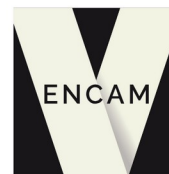
A simulação acústica imersiva demonstrou potencial para ampliar a preparação da performance ao aproximar a prática das condições reais de concerto. Além de recurso tecnológico, configura-se como ferramenta pedagógica promissora, favorecendo autorregulação, consciência corporal e saúde do músico. As Fases 2 e 3 buscarão validar esses achados com uma amostra ampliada de oboístas profissionais no Brasil e em Montreal, por meio do *User eXperience in Immersive Virtual Environment Questionnaire* (Tcha-Tokey et al., 2016) e da análise acústica de descritores de timbre (Peeters et al., 2011), visando à generalização dos resultados e ao desenvolvimento de abordagens baseadas em evidências para a pedagogia da performance musical.

## PALAVRAS-CHAVE

metacognição; autorregulação; performance musical; simulação acústica imersiva; pedagogia da performance.

## Referências





- Gozzi, A., & Liuni, M. (2025). Sound as a gateway to the past: Enhancing cultural heritage with audio augmented reality through bone conduction in the Memorie Sonore Project. In *2025 Immersive and 3D Audio: From architecture to automotive (I3DA)* (pp. 1–7). IEEE.
- Kantorik, S. (2014). *Convolution reverb & impulse responses* (Master's thesis, California State University, Monterey Bay). Capstone Projects and Master's Theses, 365.  
[https://digitalcommons.csumb.edu/caps\\_theses/365](https://digitalcommons.csumb.edu/caps_theses/365)
- Kato, K., Ueno, K., & Kawai, K. (2015). Effect of room acoustics on musicians' performance. Part II: Audio analysis of the variations in performed sound signals. *Acta Acustica United with Acustica*, 101(4), 743–759.
- Klico, A., & Muhić, N. M. (2022). The role of immersive technologies in value creation in marketing. *BH Ekonomski Forum*, 16(1), 79–93.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Peeters, G., Giordano, B. L., Susini, P., Misdariis, N., & McAdams, S. (2011). The timbre toolbox: Extracting audio descriptors from musical signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(5), 2902-2916.
- Stenfelt, S., & Reinfeldt, S. (2007). A model of the occlusion effect with bone-conducted stimulation. *International Journal of Audiology*, 46(10), 595–608.  
<https://doi.org/10.1080/14992020701545880>
- Tcha-Tokey, K., Christmann, O., Loup-Escande, E., & Richir, S. (2016). Proposition and validation of a questionnaire to measure the user experience in immersive virtual environments. *International Journal of Virtual Reality*, 16(1), 33-48.
- Ueno, K., Kato, K., & Kawai, K. (2010). Effect of room acoustics on musicians' performance. Part I: Experimental investigation with a conceptual model. *Acta Acustica United with Acustica*, 96(3), 505–515.



# Development and evaluation of immersive acoustic simulation tools for promoting metacognitive strategies in musical performance preparation

## ABSTRACT

### PROBLEM

Musical performance is strongly influenced by the acoustics of the environment, shaping both auditory perception and performers' interpretative choices. Different acoustic signatures directly affect auditory perception (Kato et al., 2015) and lead musicians to adjust parameters such as tempo, intensity, and timbre (Ueno et al., 2010), while also influencing psychological dimensions, including the sense of control and security during performance. However, musicians often practice in environments that differ significantly from concert halls, facing ongoing challenges of adaptation. Moreover, prolonged exposure to high sound pressure levels may compromise hearing health, making the use of hearing protection necessary, although such devices can alter the perception of spectral balance and sound projection. In this context, immersive technologies have emerged as promising tools to enhance perceptual and learning experiences (Klico & Muhić, 2022), and may also support the development of metacognitive processes (Araújo et al., 2024). Nevertheless, there remains a lack of solutions that effectively integrate acoustic immersion, low latency, and non-occluding listening conditions in real-world instrumental practice contexts.

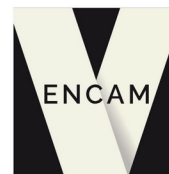
### OBJECTIVES

To evaluate the potential of immersive acoustic simulation—based on real-time convolution reverb and bone conduction headphones (Gozzi & Liuni, 2025)—as a tool to foster metacognitive processes in the preparation of musical performance across different acoustic contexts.

### METHOD

The study adopts an autoethnographic approach articulated with Design-Based Research (McKenney & Reeves, 2012), structured in three phases. This paper reports on Phase 1, exploratory in nature, conducted between March and May 2025, in which the researcher-performer calibrated the system and analyzed its effects on auditory perception, intonation, physical effort, and comfort during reed adjustment and the preparation of chamber and orchestral performances. The system combines bone conduction headphones—which allow for the simultaneous perception of direct and processed sound (Stenfelt & Reinfeldt, 2007)—with real-time convolution reverb using binaural impulse responses (Kantorik, 2014), along with a DPA 4099 microphone, an RME Fireface audio interface, and programming in Max/MSP. System latency was optimized to approximately 4–6 ms, below the threshold for echo perception, ensuring perceptual integration between direct and simulated sound. Six experimental conditions





were tested (with and without the system; with and without hearing protection), with systematic observations recorded in a practice diary.

## RESULTS

The use of the system resulted in increased expressivity (particularly in vibrato control and rhythmic flexibility), greater accuracy in the perception of intonation, articulation, and timbre, as well as improved anticipation of reed behavior across different acoustic environments. A reduction in both physical and mental effort was also observed, along with greater ease in adapting to the use of hearing protection. The system functioned as a mediator of embodied metacognitive processes, fostering the integration of auditory perception, bodily action, and real-time musical decision-making. Although the findings reflect the situated experience of the researcher-performer, they provide a solid basis for the formulation of hypotheses to be tested in subsequent phases of the study.

## IMPLICATIONS

Immersive acoustic simulation demonstrated strong potential to enhance performance preparation by bringing practice conditions closer to those of real concert environments. Beyond a technological resource, the system emerges as a promising pedagogical tool, fostering self-regulation, bodily awareness, and musicians' health. Phases 2 and 3 will aim to validate these findings with an expanded sample of professional oboists based in Brazil and Montreal, through the application of the *User eXperience in Immersive Virtual Environment Questionnaire* (Tcha-Tokey et al., 2016) and the acoustic analysis of timbre descriptors (Peeters et al., 2011). These steps are intended to support the generalization of the results and to contribute to the development of evidence-based approaches to musical performance pedagogy.

## KEYWORDS

metacognition; self-regulation; musical performance; immersive acoustic simulation; performance pedagogy.

