

Usabilidade do REAPER operado pela ferramenta JUREMA: proposta inicial de metodologia para o ensino de produção de áudio a pessoas com deficiência visual

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO EM SIMPÓSIO

SIMPÓSIO: ST-1. Educação Musical Especial e Interseccionalidade: Dimensões Humanas e Acessibilidade nas Mediações Tecnológicas

Gabriel Silva Evangelista do Nascimento
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
gabriel.jazz20@gmail.com

Resumo. As estações de trabalho de áudio digital (DAWs) estruturam-se predominantemente sobre interfaces visuais, o que impõe barreiras de uso a pessoas com deficiência visual mesmo quando há recursos de acessibilidade disponíveis. Esta pesquisa desloca o foco da acessibilidade para a usabilidade e investiga como uma pessoa com deficiência visual opera o fluxo de gravação e edição básica de um trecho de podcast no REAPER com apoio da JUREMA, sistema de tecnologia assistiva composto por uma controladora MIDI dedicada e por um módulo de inteligência artificial acionado por voz. O objetivo é analisar a usabilidade, nas dimensões de eficácia, eficiência e satisfação (ISO 9241-11), e sistematizar uma proposta inicial de metodologia didática para esse processo. Adotou-se estudo de caso único, de abordagem qualitativa, com um participante com deficiência visual e experiente em produção de áudio, em duas sessões: uma exploratória, de avaliação de necessidades, e uma de testagem, com a aplicação de tarefas críticas. Os resultados evidenciam que a principal barreira é de ordem instrucional, o ensino ancorado em referências visuais, além de requisitos como a ancoragem em referências táteis já automatizadas, a mediação conceitual de parâmetros de áudio e a previsão de fluxos alternativos para lacunas funcionais. Conclui-se, em caráter parcial, com uma proposta metodológica inicial, mediada por instrutor, organizada em princípios e em uma sequência didática, a ser refinada em ciclos futuros.

Palavras-chave. Produção musical, Deficiência visual, Usabilidade, Tecnologia assistiva, Educação musical.

Title. Usability of REAPER Operated through the JUREMA Tool: An Initial Methodological Proposal for Teaching Audio Production to Visually Impaired People

Abstract. Digital audio workstations (DAWs) are predominantly built on visual interfaces, which creates usage barriers for visually impaired people even when accessibility resources are available. This research shifts the focus from accessibility to usability and investigates how a person with visual impairment operates the recording and basic editing workflow of a podcast excerpt in REAPER with the support of JUREMA, an assistive technology system composed of a dedicated MIDI controller and a voice-activated artificial intelligence module. The aim is to analyze this usability along the dimensions of effectiveness, efficiency and satisfaction (ISO 9241-11) and to systematize an initial proposal of a didactic methodology for this process. A single-case study with a qualitative approach was adopted, with one participant with visual impairment experienced in audio production, across two sessions: an exploratory one, for needs assessment, and a testing one, with the application of critical tasks. The results show that the main barrier is instructional, teaching anchored in visual references, alongside requirements such as anchoring in already automated tactile references, the conceptual mediation of audio parameters and the provision of alternative workflows for functional gaps. The study concludes, on a partial basis, with an initial methodological proposal, mediated by an instructor, organized into principles and a didactic sequence, to be refined in future cycles.

Keywords. Music Production, Visual Impairment, Usability, Assistive Technology, Music Education.

1 Introdução

A produção musical compreende as etapas de gravação, edição e finalização de áudio (Burgess, 2013) e teve sua gênese no domínio analógico. A transição do analógico ao digital reconfigurou os modos de produzir, registrar e escutar (Iazzetta, 2009) e conduziu ao surgimento das estações de trabalho de áudio digital (Digital Audio Workstations, DAWs), hoje ferramentas centrais da produção musical (Pedrini; Ludovico; Presti, 2020). Esse processo, contudo, não se democratizou para todos: por operarem necessariamente em um computador, as DAWs apresentam sua interface por meio de um *display*, e a organização de seus ícones, atalhos e representações obedece a um princípio de localização visual.

A visualidade própria das DAWs encurta o caminho para determinados públicos e o alonga para outros, em especial, para as pessoas com deficiência visual. Saha e Piper (2020) observam que pouco se sabe sobre como esse público utiliza as principais ferramentas de produção de áudio em suas práticas. A presente pesquisa situa-se nesse campo, deslocando, porém, o foco da acessibilidade para a usabilidade. A distinção é central: ainda que recursos como leitores de tela e a extensão OSARA tornem o REAPER, principal referência de acessibilidade entre as DAWs para esse público (Pedrini; Ludovico; Presti, 2020), nominalmente operável por usuários com deficiência visual, persistem barreiras concretas de uso, atalhos pouco intuitivos, forte dependência da memorização e ausência de retorno auditivo eficaz, que comprometem a eficácia, a eficiência e a satisfação na realização das tarefas. É nesse intervalo entre o que é acessível e o que é efetivamente utilizável que a investigação se inscreve.

Toma-se como instrumento a ferramenta JUREMA, composta por uma controladora MIDI dedicada e por um módulo de inteligência artificial acionado por voz, concebida para que o usuário com deficiência visual opere o REAPER prescindindo, sempre que possível, do paradigma visual. A ferramenta, todavia, ainda não dispõe de uma metodologia documentada que oriente seu aprendizado e seu uso. Assume-se, assim, como objetivo geral, analisar a usabilidade do REAPER operado com apoio da JUREMA por uma pessoa com deficiência visual e, a partir dos achados, sistematizar uma proposta inicial de metodologia didática para o ensino da gravação e da edição básica de um trecho de podcast a esse público. A esse objetivo corresponde a questão norteadora, de natureza diagnóstica: como se caracteriza a usabilidade

do REAPER, operado por meio da JUREMA, na gravação e na edição básica de um trecho de podcast por uma pessoa com deficiência visual, em termos de eficácia, eficiência e satisfação?

2 Fundamentação teórica

A usabilidade constitui conceito central da Interação Humano-Computador e refere-se à qualidade de uso de um sistema, abrangendo eficácia, eficiência e satisfação na realização de tarefas em um contexto específico. A norma ABNT NBR 9241-11 (ABNT, 2002, p. 3) define usabilidade como a “medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”. Nielsen (1994), ao consolidar um conjunto de heurísticas de usabilidade, e Nielsen e Molich (1990), ao proporem a avaliação heurística, destacam atributos como a facilidade de aprendizado, a eficiência de uso, a facilidade de memorização e a prevenção de erros, princípios também alinhados às regras de ouro propostas por Shneiderman (2000).

Os fundamentos da usabilidade derivam de pesquisas em ergonomia, psicologia cognitiva e engenharia de software (Nielsen, 1993). As três dimensões da norma podem ser lidas, respectivamente, como medidas de quão corretamente os usuários atingem seus objetivos (eficácia), de quão rapidamente e com que custo cognitivo o fazem (eficiência) e de quão confortável e aceitável é a experiência de uso (satisfação), leitura que orienta a operacionalização analítica adotada neste estudo. Entre as heurísticas consolidadas por Nielsen (1994), três mostram-se especialmente pertinentes ao caso aqui examinado: o reconhecimento em vez da memorização, que dialoga com a substituição da memória visual pela memória de atalho relatada pelo participante; a visibilidade do estado do sistema, diretamente associada à necessidade de retorno auditivo sobre o que ocorre na tela; e a prevenção de erros, que ganha relevo quando a inspeção visual não está disponível para a verificação do resultado das ações.

Distingue-se a usabilidade da acessibilidade. Esta última consiste em permitir que o maior número possível de pessoas use um recurso, ainda que suas habilidades sejam limitadas (Pedrini; Ludovico; Presti, 2020), ao passo que a usabilidade diz respeito ao cumprimento de requisitos funcionais (Iwarsson; Ståhl, 2003): além de acessível, uma DAW precisa ser efetivamente operável. Saha e Piper (2020) sintetizam essa diferença ao identificar dois níveis de acessibilidade, tornar a interface legível ao leitor de tela e, em seguida, torná-la prática, de modo que o usuário com deficiência visual seja tão produtivo quanto o vidente; o segundo nível, o da usabilidade, permanece frequentemente fora de alcance.



No caso específico das DAWs, esses princípios assumem contornos próprios. Por serem aplicações complexas, com numerosas funções de gravação, edição e mixagem, exigem que a interface comunique com clareza o estado do sistema, por exemplo, se está em gravação ou em reprodução, e empregue terminologia familiar ao músico. A natureza temporal e multimídia dessas ferramentas, contudo, impõe um limite ao retorno não visual: anunciar em tempo real cada alteração de um medidor pode saturar o canal auditivo do usuário com deficiência visual, que já processa o próprio áudio em produção. Decorre daí a necessidade de retornos sonoros sintéticos e sob demanda, em vez de leitura numérica contínua, exigência de design que incide diretamente sobre a concepção do módulo de voz da JUREMA e que se relaciona ao elevado custo cognitivo da recuperação de informação não visual descrito por Saha e Piper (2020).

No campo da produção de áudio por pessoas com deficiência visual, investigações anteriores evidenciam o potencial de interfaces físicas e de retorno sonoro em substituição ao paradigma visual. Kaiser et al. (2018) desenvolveram um conceito de operação que permite a uma pessoa com deficiência visual concluir tarefas básicas de edição por meio de um controle de videogame; Haenselmann et al. (2009) propuseram um sequenciador MIDI controlado pelo próprio instrumento, com retorno por áudio. McGrath (2020), por sua vez, evidencia, em ferramentas criativas, o equilíbrio delicado entre a usabilidade tradicional e o suporte à criação. Esse conjunto fundamenta a abordagem física e não visual adotada nesta pesquisa.

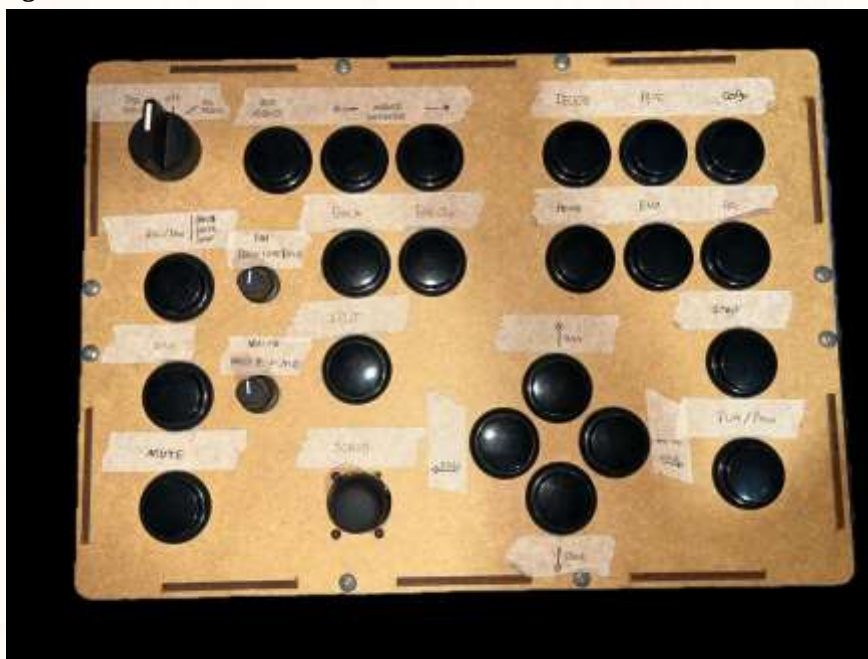
A escolha do REAPER como ambiente desta pesquisa não é fortuita. Entre as DAWs, ele destaca-se positivamente em acessibilidade para usuários com deficiência visual, reputação que se deve, em grande medida, à extensão de código aberto OSARA (Open Source Accessibility for the REAPER Application). A OSARA atua como uma camada intermediária entre o software e o leitor de tela: captura os estados e eventos do REAPER e os traduz em mensagens verbais significativas, o nome e o estado das pistas, a posição do cursor, os valores de volume e de panorâmica, além de oferecer um esquema de atalhos otimizado para a navegação sem visão. Esse caso, porém, ilustra com precisão a distinção que estrutura esta investigação. Como observam Pedrini, Ludovico e Presti (2020), a posição de destaque do REAPER decorre não de uma virtude intrínseca de sua interface, mas do trabalho da própria comunidade de usuários com deficiência visual que concebeu a OSARA. E, mesmo com a extensão instalada, a acessibilidade não se esgota: tornar a interface legível ao leitor de tela é apenas o primeiro dos dois níveis descritos por Saha e Piper (2020), o segundo, o da usabilidade efetiva, em que o usuário com deficiência visual seja tão produtivo quanto o vidente, é

justamente o que permanece frágil. É sobre esse segundo nível, e não sobre a mera legibilidade da tela, que a JUREMA e esta pesquisa se debruçam.

3 A ferramenta JUREMA

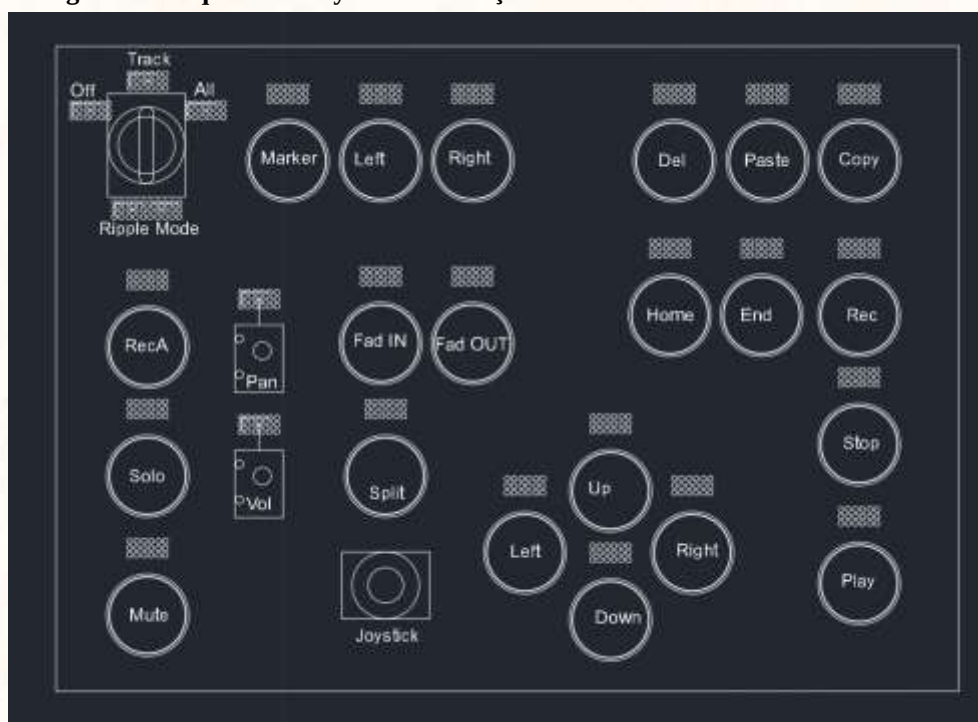
Ainda incipientemente documentada na literatura, a JUREMA constitui o instrumento central desta investigação. Trata-se de um sistema de tecnologia assistiva composto por dois módulos complementares (Colabardini; Maiorino, no prelo): uma controladora MIDI física, desenvolvida em plataforma Arduino, de baixo custo, agregando botões, *encoders*, chaves de seleção e um *joystick*, e uma inteligência artificial generativa acionada por voz, que interpreta comandos em linguagem natural, executa ações no REAPER e fornece retorno auditivo sobre o estado do projeto, funcionalidade ainda em fase de implementação. A coexistência dos módulos é funcional: a controladora absorve as ações repetitivas e de alto fluxo, ao passo que a inteligência artificial responde a solicitações pontuais ou que exigem informação sobre o estado da tela (Colabardini; Maiorino, no prelo). O mapeamento inicial das funções da controladora foi documentado em trabalho anterior (Nascimento, 2024). A Figura 1 apresenta o estado físico atual da controladora e a Figura 2, o esquema de seu *layout* e de suas funções.

Figura 1 – Estado físico atual da controladora MIDI da ferramenta JUREMA



Fonte: dados da pesquisa (2026).

Figura 2 – Esquema do layout e das funções da controladora MIDI da JUREMA



Fonte: dados da pesquisa (2026).

A concepção pedagógica da ferramenta toma a audição como eixo estruturante. Em vez de traduzir as representações visuais das DAWs para outras modalidades sensoriais, estratégia que mantém a visão como paradigma organizador, a JUREMA busca prescindir delas sempre que possível, retomando a lógica da produção analógica, na qual as decisões eram tomadas pela escuta (Colabardini; Maiorino, no prelo). Tal opção dialoga com a compreensão de que cada mídia amplifica determinados sentidos em detrimento de outros (McLuhan, 2012) e valoriza a audição treinada, habilidade frequentemente apurada nesse público.

Cumprе destacar que, no momento desta pesquisa, a JUREMA encontra-se parcialmente funcional e em desenvolvimento ativo: a controladora opera com as funções já mapeadas, ainda que sujeita a falhas pontuais, e o módulo de inteligência artificial dispõe de uma única função consolidada, a medição automática do pico de entrada. O que ainda não se consolidou, e constitui o objeto central deste estudo, é uma metodologia sistematizada de uso da ferramenta. A pesquisa não visa, portanto, desenvolver ou refundar a JUREMA, mas avaliar sua usabilidade e documentar uma proposta inicial de metodologia de uso, inserindo-se no ciclo de desenvolvimento do projeto ao produzir observações e requisitos para aprimoramentos futuros.

4 Percurso metodológico

A pesquisa caracteriza-se como estudo de caso único (Yin, 2015), de abordagem qualitativa e natureza exploratória. A opção pelo caso único responde à condição de a JUREMA ser um instrumento em desenvolvimento, cujo exame aprofundado por um informante-chave é, neste estágio, mais produtivo do que a comparação entre múltiplos usuários. A avaliação da usabilidade orienta-se pela norma ABNT NBR 9241-11 (ABNT, 2002), cujas três dimensões, eficácia, eficiência e satisfação, constituem as categorias analíticas das tarefas executadas.

O estudo contou com um único participante com deficiência visual, na condição de cegueira total, identificado pelo pseudônimo Mateus, músico e usuário experiente de tecnologia assistiva, com trajetória em produção de áudio. A seleção combinou conveniência e intencionalidade: a opção por um usuário experiente, e não iniciante, foi deliberada, pois, tratando-se de instrumento ainda em desenvolvimento, até então experimentado apenas por pessoas sem deficiência visual, um participante com prática consolidada teria mais condições de avaliá-lo criticamente, na condição de informante-chave.

A coleta apoiou-se em um protocolo de teste de usabilidade e desenvolveu-se em duas sessões. A sessão exploratória, de avaliação de necessidades, destinou-se a levantar os desafios, as estratégias e os requisitos do participante na operação do fluxo-alvo, por meio do reconhecimento tátil da controladora e de entrevista. A sessão de testagem consistiu na aplicação de três tarefas críticas que recobrem o fluxo de gravação e edição: (a) medição do nível de entrada, com ajuste pela escuta a partir do retorno de pico; (b) gravação de uma resposta a uma pergunta-estímulo; e (c) edição, com remoção de trecho de silêncio e correção de trecho com erro de fala. A criação do projeto e da pista no REAPER, por limitação atual da controladora, é executada previamente pelo pesquisador, não integrando as tarefas avaliadas. Para cada tarefa, registraram-se o nível de êxito, as ocorrências e observações livres.

As três dimensões da norma foram operacionalizadas da seguinte forma: a eficácia, pelo nível de êxito alcançado em cada tarefa; a eficiência, por indicadores qualitativos, número de tentativas, interrupções e pontos de travamento, complementados pelo tempo bruto de execução de cada tarefa, reconstruído a posteriori a partir das gravações e não medido em tempo real; e a satisfação, pelas verbalizações espontâneas e pelas respostas na conversa pós-teste. As sessões foram integralmente gravadas em áudio, mediante autorização, e transcritas para análise; a identidade do participante é resguardada pelo pseudônimo em todas as ocorrências.

5 Apresentação e análise dos dados

5.1 Sessão exploratória: avaliação de necessidades

A articulação entre a verbalização do participante e a observação de sua interação com a controladora permitiu identificar barreiras de usabilidade e requisitos não visuais, dos quais se destacam os de maior alcance metodológico.

A barreira mais consequente para uma proposta de natureza didática é de ordem instrucional. Para o participante, a maior dificuldade não reside no software em si, mas no modo como seu uso é ensinado, um ensino ancorado em referências visuais que se tornam ininteligíveis para quem não vê a tela:

A maior dificuldade hoje é o conhecimento da ferramenta. Tem muita gente ensinando no YouTube, nas redes sociais, e essas pessoas não se lembram de que pode ter um aluno com deficiência assistindo. Aí o cara fica dizendo: “pra cortar, você clica aqui; clica aqui, segura e arrasta pra cá”. Aqui aonde? Pra cá pra onde? Clicar aonde? Qual é o atalho?

O relato encontra correspondência na literatura: Pedrini, Ludovico e Presti (2020) registram que os vídeos-tutoriais frequentemente empregam a voz para explicar instruções demonstradas apenas visualmente, de modo que o usuário com deficiência visual não apreende o contexto a que o “aqui” e o “isto” se referem. Saha, Gergle e Piper (2023) evidenciam, ainda, que produtores experientes com deficiência visual suprem essa carência elaborando tutoriais acessíveis e prestando suporte instrucional entre pares. A barreira identificada não é, portanto, idiossincrática, mas um problema documentado, que uma metodologia orientada a comandos físicos e a descrições não visuais busca endereçar.

Um segundo requisito, de grande alcance para o design, emergiu da exploração tátil da controladora: a sugestão de reorganizar os botões de modo a reproduzir o agrupamento das teclas Insert, Delete, Home, End, Page Up e Page Down do teclado convencional. A justificativa, formulada pelo próprio participante, “você cria referência de algo que a pessoa já está habituada a usar [...]; aí já está lembrando o teclado”, sintetiza um princípio de reaproveitamento de referências táteis já automatizadas, que reduz a carga de aprendizado de um novo dispositivo e se alinha à centralidade dos controles físicos para esse público (Saha; Piper, 2020). A observação foi incorporada ao ajuste do *layout* (Figura 2).

Distinguiram-se, também, estratégias compensatórias do usuário com deficiência visual. O participante descreveu a substituição da “memória visual” pela “memória de atalho” e apontou a perda da inspeção panorâmica da tela como apoio à memória, fenômeno que Saha



e Piper (2020) associam à perda da *glanceability*, isto é, quão eficientemente o design das interfaces visuais transmite informações. Essa perda converte a recuperação de informação em operação demorada e cognitivamente onerosa. Disso decorre implicação metodológica direta: uma proposta apoiada em comandos físicos e em retorno auditivo deve oferecer um mapa operacional estável, ancorado na memória, e não na varredura visual.

Por fim, foi o próprio participante quem circunscreveu o escopo e o público-alvo da proposta, ao deslocar a prioridade de suas preferências pessoais para as necessidades do destinatário: “não são as funções que eu mais uso; são as que vão servir ao maior público [...] alguém iniciante, que queira gravar um podcast, cortar um silêncio [...], corrigir um gaguejo, uma palavra errada”. A formulação delimitou o recorte de tarefas críticas da testagem e evidenciou a postura de informante-chave que justificou a seleção de um usuário experiente.

5.2 Sessão de testagem: execução das tarefas críticas

A sessão apresentou falhas intermitentes da controladora, inoperância do botão de *stop*, ausência do retorno por voz (ainda não implementado) e instabilidade pontual de comandos, ocorrências que, longe de invalidar os dados, informam sobre o estágio de maturidade do protótipo.

Na Tarefa A (medição do nível de entrada), a eficácia deu-se com assistência: como o retorno por voz não estava operante, coube ao pesquisador vocalizar os valores de pico, papel que, uma vez implementado o módulo de voz, caberá ao próprio sistema. O episódio revelou um descompasso conceitual relevante: o participante buscava ajustar o ganho de entrada, “que é exatamente o que eu preciso”, mas o *encoder* atua sobre o volume do canal, ao passo que o ganho reside na interface de áudio, fora do alcance da controladora; a correção exigiu a mediação do pesquisador. Quanto à eficiência, observaram-se diversas tentativas e episódios de distorção até alcançar-se um nível adequado; o tempo bruto da tarefa, estimado a posteriori em cerca de cinco minutos, decorre majoritariamente da mediação do pesquisador e do ajuste de equipamento, em especial da leitura assistida do pico, pela ausência do retorno por voz, e não da dificuldade intrínseca de operar a medição, constituindo ele próprio um achado de usabilidade.

Na Tarefa B (gravação), a tarefa foi concluída de forma autônoma, com fluidez e satisfação positiva; o único atrito decorreu da inoperância do botão de *stop*, contornada pelo botão de *pause*. O tempo bruto, estimado a posteriori em cerca de três minutos, dos quais

aproximadamente dois correspondem à própria resposta livre do participante à pergunta-estímulo, é coerente com a execução autônoma e fluida observada.

Na Tarefa C (edição), a conclusão deu-se com assistência. Para remover o silêncio, o participante navegou pelo áudio com o *scrub*, aplicou dois *splits* sucessivos para isolar o trecho, ativou o *Ripple Mode* e o deletou, preservando a continuidade da fala; para corrigir o trecho com erro, regravou sobre o segmento indesejado. A principal lacuna funcional identificada foi a ausência das funções de desfazer e refazer na controladora, sem as quais a correção de operações de edição malsucedidas se torna trabalhosa. Quanto à eficiência, a navegação por *scrub* mostrou-se lenta, exigindo o ajuste do *zoom* para acelerar o avanço; o tempo bruto, estimado a posteriori em cerca de nove minutos e meio, o mais alto entre as três tarefas, reflete sobretudo essa lentidão e as duas vias de gravação ensaiadas, e não a complexidade da edição em si, confirmando o requisito de calibragem de navegação. Na conversa pós-teste, o participante relatou que a experiência se tornava progressivamente mais intuitiva à medida que crescia a intimidade com a ferramenta, observação que aponta para uma curva de familiarização.

5.3 Achados transversais

A leitura conjunta das duas sessões reúne achados que extrapolam cada tarefa e constituem a matéria-prima da proposta: a delimitação do público-alvo no usuário iniciante; o princípio de ancoragem em referências táteis já automatizadas; a necessidade de mediação conceitual dos parâmetros de áudio, evidenciada pela confusão entre ganho e volume; a previsão de fluxos alternativos para as lacunas funcionais, ausência de desfazer/refazer, falha do *stop* e retorno por voz ainda não implementado; a calibragem da navegação no áudio; e a gradualidade, em reconhecimento à curva de familiarização. Ressalte-se que tais achados decorrem de um único participante e de um número reduzido de sessões, em caráter exploratório e formativo; sua função, neste estágio, é alimentar a construção da proposta, e não sustentar generalizações.

6 Proposta inicial de metodologia didática

Os achados convertem-se no produto a que se propôs a pesquisa: uma proposta inicial de metodologia para o ensino da gravação e da edição básica de um trecho de podcast por pessoas com deficiência visual no REAPER, com apoio da JUREMA. Reafirma-se seu caráter de recorte e de versão inicial, derivada de um número reduzido de ciclos de uso e destinada a ser refinada em iterações futuras. Em coerência com as evidências, a proposta é formulada como

uma sequência mediada por um instrutor, que conduz o aprendiz ao longo do fluxo de trabalho; a operação plenamente autônoma, na qual o próprio sistema guiaria o usuário, permanece como horizonte, condicionada à maturação do módulo de voz.

A proposta organiza-se em torno de cinco princípios. O primeiro é a ancoragem em referências táteis já automatizadas: o ensino deve partir do repertório motor e espacial já consolidado pelo usuário, como o bloco de teclas do teclado convencional, em consonância com o Design Universal (Connell et al., 1997). O segundo é a escuta como eixo, em substituição ao paradigma visual, privilegiando o retorno sonoro e a decisão pela audição (McLuhan, 2012). O terceiro é a mediação conceitual antes da operação: o episódio da confusão entre ganho e volume evidenciou que ensinar a acionar botões não basta, sendo preciso explicitar os conceitos de áudio subjacentes. O quarto é a previsão de fluxos alternativos para as lacunas funcionais, de modo que a ausência de um recurso não interrompa o trabalho. O quinto é a gradualidade, que prevê repetição e ganho incremental de autonomia, em reconhecimento à curva de familiarização (Nielsen, 1994).

O Quadro 1 sintetiza a sequência didática proposta, que articula, em cada etapa, um objetivo de aprendizagem, a ação na ferramenta, a mediação conceitual correspondente e o contorno previsto para as limitações atuais.

Quadro 1 – Sequência didática proposta para o fluxo de gravação e edição de podcast

Etapas	Ação na JUREMA	Mediação conceitual	Contorno / ponto de atenção
0. Preparação (instrutor)	Criar o projeto e a pista; atribuir a entrada (fora da controladora)	—	Realizada previamente pelo instrutor
1. Reconhecimento da controladora	Exploração tátil guiada dos comandos	Associar os botões ao bloco de teclas do teclado	Ancorar nas referências já conhecidas
2. Medir o nível de entrada	Pressionar e segurar o encoder; medir o pico	Distinguir ganho (interface) de volume (canal)	Retorno de voz inoperante: o instrutor verbaliza o pico
3. Gravar	Botão REC; gravar; encerrar	—	Falha do stop: usar o pause
4. Editar	Scrub para navegar; split; delete; Ripple Mode	Item × seleção de tempo; o que o Ripple Mode preserva	Desfazer/refazer pelo teclado; scrub lento: ajustar o zoom

Fonte: elaboração própria (2026).

Cada etapa articula, assim, uma ação concreta à mediação que a torna compreensível: a medição de nível, por exemplo, não se reduz a pressionar o *encoder*, mas exige esclarecer por que o ajuste pretendido, o ganho, reside na interface, e não na controladora; de modo análogo, a edição pressupõe a distinção entre dividir o áudio em itens e selecionar um intervalo de tempo, distinção que condiciona as operações subsequentes.

7 Considerações finais

A pesquisa, em andamento, oferece como contribuição parcial a caracterização da usabilidade do REAPER operado pela JUREMA por uma pessoa com deficiência visual e a sistematização de uma proposta metodológica inicial para o ensino de gravação e edição de um trecho de podcast. Os resultados indicam que a barreira mais persistente à produção de áudio por esse público é, antes de tudo, de ordem instrucional, e que uma metodologia eficaz deve ancorar-se em referências táteis já conhecidas, mediar conceitos de áudio, privilegiar a escuta e prever fluxos alternativos para as lacunas atuais da ferramenta. Delineiam-se dois movimentos de continuidade: a estabilização do instrumento e a ampliação das sessões, que permitirão observar etapas hoje comprometidas por falhas técnicas e consolidar a sequência; e, em horizonte mais amplo, a incorporação da metodologia à base de conhecimento do módulo de voz da JUREMA, de modo que a mediação hoje exercida pelo instrutor seja progressivamente assumida pela ferramenta, convertendo a sequência em um percurso autoinstrucional.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9241-11: requisitos ergonômicos para trabalho de escritório com computadores – Parte 11: orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- BURGESS, Richard James. *The art of music production: the theory and practice*. Oxford: Oxford University Press, 2013. 329 p. ISBN 9780199921720.
- COLABARDINI, Júlio César de Melo; MAIORINO, Alexandre Virginelli. Transformação digital e inteligência artificial no ensino de produção musical para pessoas com deficiência visual: o projeto JUREMA. *Opus*, [S. l.], no prelo.
- CONNELL, Bettye Rose et al. *The principles of universal design: version 2.0*. Raleigh, NC: The Center for Universal Design, North Carolina State University, 1997.
- HAENSELMANN, Thomas; LEMELSON, Hendrik; ADAM, Kerstin; EFFELSBURG, Wolfgang. A tangible MIDI sequencer for visually impaired people. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA, 17., 2009, New York. *Proceedings [...]*. New York: Association for Computing Machinery, 2009. p. 993-994. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1631272.1631485>. Acesso em: 21 jun. 2026.
- IAZZETTA, Fernando. *Música e mediação tecnológica*. São Paulo: Perspectiva; FAPESP, 2009. 228 p. (Série Signos música, v. 11). Acompanha 1 CD de áudio. ISBN 9788527308724.
- IWARSSON, S.; STÅHL, A. Accessibility, usability and universal design — positioning and definition of concepts describing person-environment relationships. *Disability and Rehabilitation*, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 57-66, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/dre.25.2.57.66>. Acesso em: 21 jun. 2026.

KAISER, Björn; LINDNER, Matthias; REINHOLD, Sascha; TEISTLER, Michael. Audio editing with a game controller for blind users. In: MENSCH UND COMPUTER, 2018, Dresden. *Mensch und Computer 2018 – Tagungsband*. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18420/muc2018-mci-0439>. Acesso em: 21 jun. 2026.

MCGRATH, Sean. Breaking the workflow: design heuristics to support the development of usable digital audio production tools: framing usability heuristics for contemporary purposes. In: INTERNATIONAL AUDIO MOSTLY CONFERENCE, 15., 2020, [S. l.]. *Proceedings [...]*. New York: Association for Computing Machinery, 2020. p. 130-137. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3411109.3411133>. Acesso em: 21 jun. 2026.

MCLUHAN, Marshall. *Os meios de comunicação como extensões do homem*. Tradução de Décio Pignatari. São Paulo: Cultrix, 2012. 232 p. Tradução de: Understanding media: the extensions of man (1964).

NASCIMENTO, Gabriel Silva Evangelista do. Validação e ampliação do mapeamento de ações do software REAPER para a produção musical de pessoas com deficiência visual. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFRN, 35., 2024, Natal. *Anais [...]*. Natal: UFRN/PROPESQ, 2024. p. 106-116.

NIELSEN, Jakob. *Usability engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

NIELSEN, Jakob. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1994, New York. *Proceedings [...]*. New York: Association for Computing Machinery, 1994. p. 152-158. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/191666.191729>. Acesso em: 21 jun. 2026.

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. Heuristic evaluation of user interfaces. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1990, New York. *Proceedings [...]*. New York: Association for Computing Machinery, 1990. p. 249-256. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/97243.97281>. Acesso em: 21 jun. 2026.

PEDRINI, Gemma; LUDOVICO, Luca Andrea; PRESTI, Giorgio. Evaluating the accessibility of digital audio workstations for blind or visually impaired people. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER-HUMAN INTERACTION RESEARCH AND APPLICATIONS (CHIRA), 4., 2020, Setúbal. *Proceedings [...]*. Setúbal: SciTePress, 2020. p. 225-232. DOI: 10.5220/0010167002250232.

SAHA, Abir; GERGLE, Darren; PIPER, Anne Marie. Understanding peer-to-peer instructional support in an online community for blind audio producers. In: ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY (ASSETS '23), 25., 2023. *Proceedings [...]*. New York: ACM, 2023. p. 1-15. DOI: 10.1145/3597638.3608399.

SAHA, Abir; PIPER, Anne Marie. Understanding audio production practices of people with vision impairments. In: ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY (ASSETS '20), 22., 2020, Athens. *Proceedings [...]*. New York: ACM, 2020. p. 1-13. DOI: 10.1145/3373625.3416993.



SHNEIDERMAN, Ben. Universal usability. *Communications of the ACM*, New York, v. 43, n. 5, p. 84-91, May 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/332833.332843>. Acesso em: 21 jun. 2026.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Tradução de Cristhian Matheus Herrera. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Título original: Case study research.

