

Comparação da qualidade de áudio entre plataformas de webconferência aplicadas ao ensino e aprendizagem musical

Audio quality comparison of web conference programs applied to music education

Alexandre Virginelli Maiorino

Escola de Música da UFRN
alexandre.maiorino@ufrn.br

Júlio César de Melo Colabardini

Escola de Música da UFRN
juliomelo10@gmail.com

João Cláudio Amorim Pinheiro

Escola de Música da UFRN
joaoclaudio.dev@gmail.com

Como citar este texto:

MAIORINO, A. V.; COLABARDINI, J. M.; PINHEIRO, J. C. A.
Comparação da qualidade de áudio entre plataformas de
webconferência aplicadas ao ensino e aprendizagem musical.
Diálogos Sonoros, v. 1, n. 1, p. 39, jan./jun. 2022. Disponível em:
<https://periodicos.ufrn.br/dialogossonoros/article/view/28483>.

Submetido em: 21/03/2022.

Aceito em: 08/05/2022.

RESUMO

O ensino e aprendizagem musical na contemporaneidade perpassa a utilização de recursos tecnológicos digitais. Aulas no formato *online* e síncrono podem fazer uso de plataformas de webconferência, já solidificadas no mercado. Entretanto, os *codecs* de áudio destas plataformas estão focados na transmissão da fala e suas configurações padrão podem prejudicar a sonoridade de instrumentos musicais. O objetivo central deste trabalho foi realizar um levantamento de sete plataformas de webconferência e avaliar a qualidade de transmissão de áudio desses softwares, dando enfoque à qualidade de áudio proporcionada para a utilização em aulas de música ministradas *online*. Os resultados mostraram que a maioria das plataformas não transmitem conteúdo musical de forma satisfatória, principalmente pelo fato de focarem a transmissão da voz falada. Duas plataformas se sobressaíram neste estudo e foram consideradas adequadas para o ensino musical, *Webex* e *Zoom*, ambas com configurações específicas para transmissão de música. Espera-se que este estudo possa auxiliar educadores na escolha adequada de recursos tecnológicos para aulas de música ministradas *online*.

Palavras-chave: Ensino musical. Tecnologias digitais. Webconferência. Ensino de música online. Educação a distância.

ABSTRACT

Contemporary musical teaching involves learning and using digital technologies. Online and synchronous classes can make use of web conferencing platforms, already solidified in the market. However, the audio codecs of these platforms are focused on speech transmission and standard configurations can harm the transmission of musical content. The main objective of this work is to carry out a survey of seven web conferencing platforms and evaluate the audio transmission quality of these software, focusing on the audio quality provided for use in online music classes. Results showed that most platforms do not transmit musical content satisfactorily, mainly because they focus on the transmission of speech. Two platforms stood out in this study and were considered suitable for music teaching, *Webex* and *Zoom*, both with specific settings for music streaming. It is hoped that this study can help educators in the appropriate choice of technological resources for online music classes.

Keywords: Music education. Musical Digital Technology. Web conference. Online Music Education. Distance Education.

1 INTRODUÇÃO

As possibilidades tecnológicas da atualidade criam diversas oportunidades para aprendizagens, em todas as áreas de conhecimento. Tornou-se comum realizar pesquisas em sites de busca, como o *Google*, ou consultar amigos no *Facebook* e *Instagram* para obter respostas a qualquer pergunta, assim como procurar vídeos no *YouTube* que ensinem a realizar diferentes tarefas e até mesmo aprender a executar uma música ou estudo novo através desses canais. Nesse contexto, a aprendizagem de música pode ocorrer em situações variadas, que englobam possibilidades informais e não-formais *online* e em cursos virtuais formais, com o acompanhamento de professores, duração programada e que resultam em certificação. Em todas essas situações, com o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), é comum que sejam utilizadas estratégias síncronas e assíncronas.

No formato assíncrono existe a possibilidade de diálogo em tempos e espaços flexíveis, ou seja, sem a necessidade do contato face a face. No caso da comunicação síncrona, os sujeitos devem estar conectados ao mesmo tempo – havendo flexibilidade apenas da dimensão espacial - gerando interações e diálogos em tempo real.

Segundo Faria (2010), seja síncrono ou assíncrono, o processo comunicacional merece destaque como um dos principais elementos na educação, seja ela *online*, *offline*, híbrida ou remota. De qualquer forma a natureza de um meio de comunicação terá impacto direto sobre a qualidade da interação entre professor e estudante.

Sendo assim, as possibilidades de interação musical ou dialógica via webconferências se tornam um tema extremamente relevante para a área de educação musical na contemporaneidade, podendo até mesmo ajudar na ressignificação da presença e de práticas da área, bem como, segundo Ribeiro (2013) atuar como fator motivacional em cursos ministrados na modalidade a distância.

Na mesma direção, Arroyo (2014, p. 7) sinaliza que “a Educação Musical do século XXI precisa ser pensada para e pelos sujeitos que vivem nesse século, sejam os aprendizes, sejam os mestres” sendo necessário “considerar os atualizados e renovados modos de produção, circulação e recepção da música desencadeados pelas condições tecnológicas atuais que também têm impactado nos processos de aprendizagem e ensino pelas e para as novas gerações”.

O objetivo central deste trabalho foi realizar um levantamento de plataformas de webconferência e avaliar a qualidade de transmissão de áudio desses softwares, dando enfoque à qualidade de áudio proporcionada para a utilização em aulas de música ministradas *online*. Para isso, realizou-se um levantamento sobre plataformas disponíveis e uma discussão sobre as simulações de transmissão de áudio empregadas como metodologia. Tomou-se como base a complexidade implicada no processo de ensino e aprendizagem musical na contemporaneidade e a necessidade de reflexões sobre alternativas tecnológicas, tempos e espaços de formação musical e contextos e perspectivas diversas.

A seguir será apresentado um embasamento teórico com referência a autores da área de educação musical e tecnologias. Como segundo passo será indicado o percurso metodológico que norteou este trabalho. Em seguida serão apresentados os resultados encontrados e, por fim, apresentadas algumas considerações sobre os softwares escolhidos e os resultados obtidos neste estudo, buscando evidenciar as principais características das plataformas, possíveis tendências e lacunas.

2 EDUCAÇÃO MUSICAL, TECNOLOGIAS E POSSIBILIDADES DE INTERAÇÃO

O termo webconferência pode ser definido como sendo uma atividade comunicativa síncrona que ocorra via *web* e que envolva o uso do texto (*chat* e outras funções), da voz e da imagem, além de possibilidades multimídia, como o compartilhamento de tela, áudios, vídeos e arquivos diversos.

É muito comum encontrar os termos videoconferência e webconferência utilizados como sinônimos, mas segundo Sabbatini (2007), a videoconferência é um sistema baseado apenas em vídeo e áudio, que tem como objetivo promover a comunicação entre duas ou mais pessoas e que funciona como um “canal de TV bidirecional”, utilizando-se de linhas telefônicas ou satélite e de uma estrutura de *hardware* dedicado, ou seja, equipamentos especificamente criados para esse fim.

Nesse sentido, a videoconferência nos parece eficaz na emissão/recepção de informações, mas não apresenta características interativas, extremamente importantes para uma prática pedagógica que considere a relevância de todos os atores do processo de ensino e aprendizagem em uma comunicação democrática. Já a webconferência, por apresentar possibilidades de interação e por apresentar softwares mais simples e

intuitivos, têm se popularizado cada vez mais, seja pela utilização em cursos na modalidade a distância, para trabalhos remotos diversos ou mesmo pela necessidade gerada pela pandemia de COVID 19, que deslocou as atividades presenciais de ensino para a *internet*, tendo muitas vezes a utilização de plataformas de webconferência como espaço principal das ações educativas.

Apesar disso, existem muitas dificuldades no uso, estejam elas ligadas à necessidade de conhecimento técnico, de planejamento pedagógico específico ou de recursos apropriados para o emprego dessas ferramentas, como velocidade de *internet* com boa qualidade, *webcams* e microfones, dentre outros.

A utilização de webconferências como estratégia educativa acontece quando temos a separação física entre alunos e professores. Essa separação acaba gerando padrões específicos de comportamento, um espaço psicológico e comunicacional a ser transposto, um espaço onde uma mensagem emitida pelo professor pode ser mal compreendida pelo estudante e vice-versa. Esse espaço psicológico e comunicacional é chamado de distância transacional (MOORE, 2002).

Segundo Michael Moore (2002):

Desde que a teoria da distância transacional foi apresentada, o avanço mais importante em educação a distância foi o desenvolvimento de meios de telecomunicação altamente interativos[...] a teleconferência ajuda a criar uma atmosfera mais amigável e encorajadora do que formas menos dialógicas de ensino e até mesmo do que muitos ambientes de aprendizagem convencionais (MOORE, 2002, p. 9).

Se faz importante ressaltar que a utilização de webconferências na educação não significa a transposição de práticas pedagógicas, logísticas e formas de interação da sala de aula presencial. Dotta, Braga e Pimentel (2012) enfatizam que:

A condução de uma aula virtual síncrona não é uma tarefa trivial, pois envolve o domínio das inúmeras funcionalidades da webconferência, fluência no uso simultâneo de algumas ferramentas e alta capacidade para a gestão da comunicação entre os participantes[...] Somam-se a isso imprevistos relacionados à instabilidade e velocidade de conexão, dificuldades de configurações de áudio, vídeo ou outras, enfim, problemas técnicos incomuns à sala de aula presencial (DOTTA; BRAGA; PIMENTEL, 2012, p. 2).

Na música é possível encontrar muitos professores e professoras ofertando aulas diversas através de softwares de webconferência, bem como *websites*, como o *The Virtual School of Music*¹ que conecta docentes e estudantes interessados em estudar música *online* de forma síncrona. Esse tipo de metodologia, juntamente com outras abordagens, também têm sido amplamente empregada em cursos de música ministrados na modalidade a distância.

Apesar da grande oferta, é importante salientar que esses softwares apresentam uma qualidade de VOIP (voz sobre o IP), ou seja, de voz por meio da *internet*, de forma muito limpa, clara e praticamente sem ruídos, mas realizam uma grande compressão de dados, o que pode gerar problemas na qualidade final do som de instrumentos musicais, que é também impactado pela qualidade e velocidade da *internet*.

Alguns estudos, como de Benassi e Victorio (2014) e Dye (2016) exploraram a webconferência como recurso essencial no ensino e aprendizagem musical mediado por tecnologias.

Benasse e Victorio (2014), promoveram uma pesquisa baseada no ensino a distância de Flauta Doce, com base no método Suzuki. Foram aplicadas rotinas de três aulas por mês via webconferência e uma aula presencial por semestre. Para viabilização, foi utilizado o software *Skype* e, segundo os autores, o resultado foi bastante positivo, tendo em vista os resultados práticos, a dedicação e organização dos participantes.

Dye (2016) analisou o comportamento de três professores, estudantes de graduação em música de uma universidade nos Estados Unidos, e seus alunos. Foi observada a oferta de aulas para seis jovens de 14 anos de idade, membros de uma mesma banda. Durante oito semanas houveram sessões de aula semanais com duração de 30 minutos cada. Os resultados apontaram para um alto grau de foco durante os estudos, tanto por parte dos estudantes quanto dos professores. Indicaram também um predomínio da atividade verbal durante as sessões, além de uma espécie de flexibilidade maior nas relações *online* se comparadas ao presencial. Porém, é discutida com preocupação a utilização de atividades a distância em substituição ao presencial. Percebe-se por fim que a ideia não é a substituição de uma modalidade pela outra, mas sim da exploração de possibilidades, potencialidades, tempos e espaços para se ensinar e aprender música.

¹ <http://thevirtualschoolofmusic.com/>

Nesse cenário destaca-se a importância da webconferência para o ensino e aprendizagem musical na contemporaneidade. Embora existam dificuldades relacionadas ao uso de equipamentos específicos e conexão com a *internet*, é possível perceber que interações síncronas via *web* não são alternativas novas e passageiras, mas sim uma realidade em expansão em contextos educativos diversos.

3 OBJETO DE ESTUDO

Em 2020, em razão da pandemia do novo coronavírus, ou COVID 19, e da necessidade de realização de atividades acadêmicas de forma remota, os pesquisadores deste trabalho pré-investigaram dezoito plataformas de webconferência e *webinar* que poderiam ser utilizadas para aulas remotas síncronas utilizando a mesma metodologia proposta neste trabalho. Por se tratar de um trabalho extenso, das dezoito plataformas inicialmente avaliadas em 2020, sete foram reavaliadas formalmente em 2022 e fazem parte deste estudo, levando em conta sua popularidade nos meios acadêmicos e a facilidade de acesso dos pesquisadores às plataformas. O

Quadro 1 mostra um resumo das características das plataformas escolhidas contemplando o nome da empresa que disponibiliza o serviço, preço, forma de acesso e se a plataforma permite algum tipo de configuração de áudio.

Quadro 1 - Resumo das plataformas de webconferência pesquisadas e suas características

(Continua)

Software	Fabricante	Pago/Gratuito	Sistema Operacional	Compatibilidade de com Navegador	Opção de Configuração de áudio
Free Conference Call	CarrierX	Grátis	Windows, MacOS, Android, iOS	-	Não
Meeting	GoTo	Pago, com período de testes de 14 dias	Windows, MacOS, Android, iOS	-	Não
Meet	Google	Grátis (chamadas de até 1 hora)	Android e iOS	Chrome, Edge, Firefox, Safari	Sim
Skype	Microsoft	Grátis	Windows, MacOS, Linux, Android	Chrome, Edge, Opera, Safari	Sim

Quadro 1 - Resumo das plataformas de webconferência pesquisadas e suas características

(Continuação)

Webex	Cisco	Grátis até 50 minutos	Windows, MacOS, Linux, Android, iOS	Chrome, Chromium, Edge, Firefox, Explorer, Safari	Sim
Zoom	Zoom	Grátis até 40 minutos	Windows, MacOS, Linux, Android, iOS	Chrome, Firefox	Sim
Teams	Microsoft	Grátis até 1 hora de chamada	Windows, MacOS, Linux, Android, iOS	Chrome, Edge	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A seguir, será feita uma breve descrição de cada uma das plataformas avaliadas.

3.1 FREECONFERENCECALL

Serviço gratuito ou na modalidade “pague o quanto quiser”, a plataforma foi projetada para possibilitar compartilhamento de tela, chamadas de vídeo e de áudio, podendo ser instalada nos sistemas *Windows, MacOS, Android e iOS*, porém é incompatível com uso de navegadores.

3.2 GOTO MEETING

Plataforma da empresa americana *GoTo*. É um serviço pago, porém, possui um período de testes de 14 dias. Instalável em *Windows e MacOS*, e em dispositivos móveis *Android e iOS*.

3.3 GOOGLE MEET

Serviço gratuito de webconferência da *Google* para chamadas de até uma hora, e capacidade de até 100 pessoas. Possui *chat* instantâneo durante as chamadas e integração com outros serviços da *Google*, como *e-mail* e calendário. Possui aplicativo disponível para *iPhone* e celulares *Android* e é acessível em computador apenas através dos navegadores *Chrome, Firefox, Edge* ou *Safari*.

3.4 MICROSOFT SKYPE

Uma das plataformas pioneiras em serviços de comunicação pela *internet*, o *Microsoft Skype* conta com planos gratuitos e pagos que permitem *chat* instantâneo, chamadas de áudio e de vídeo com limite de 50 usuários por webconferência. É instalável em sistemas operacionais *Windows*, *MacOS*, *Linux*, celulares *Android* e *iOS*, e é compatível com os navegadores *Chrome*, *Opera*, *Edge* e *Safari*.

3.5 CISCO WEBEX

Plataforma de webconferência da Cisco. Dispõe de sessões gratuitas por até 50 minutos, oferece *chat* instantâneo até mesmo fora de reuniões, e outros recursos de engajamento de equipes. Além de possuir instaladores para todos os sistemas operacionais e dispositivos móveis é, das plataformas aqui listadas, a que suporta o maior número de navegadores, incluindo *Chrome*, *Chromium*, *Firefox*, *Edge*, *Explorer* e *Safari*.

3.6 ZOOM

Uma das ferramentas de webconferência mais populares da atualidade, foi o 5º aplicativo mais baixado no mundo no ano de 2020², durante a explosão de trabalho e ensino remoto em decorrência da pandemia de COVID 19. Possui sessões grátis para até 100 participantes por até 40 minutos, podendo receber até mil participantes por 30 horas no plano mais caro. Instalável em todos os sistemas operacionais mais populares, também é possível acesso via navegador através de extensões no *Chrome* e *Firefox*.

3.7 MICROSOFT TEAMS

Plataforma de colaboração de equipes e webconferência da *Microsoft*. Permite realizar gratuitamente chamadas coletivas de até 100 pessoas por uma hora, e *chat*

² <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2021/01/07/here-are-the-10-most-downloaded-apps-of-2020/>

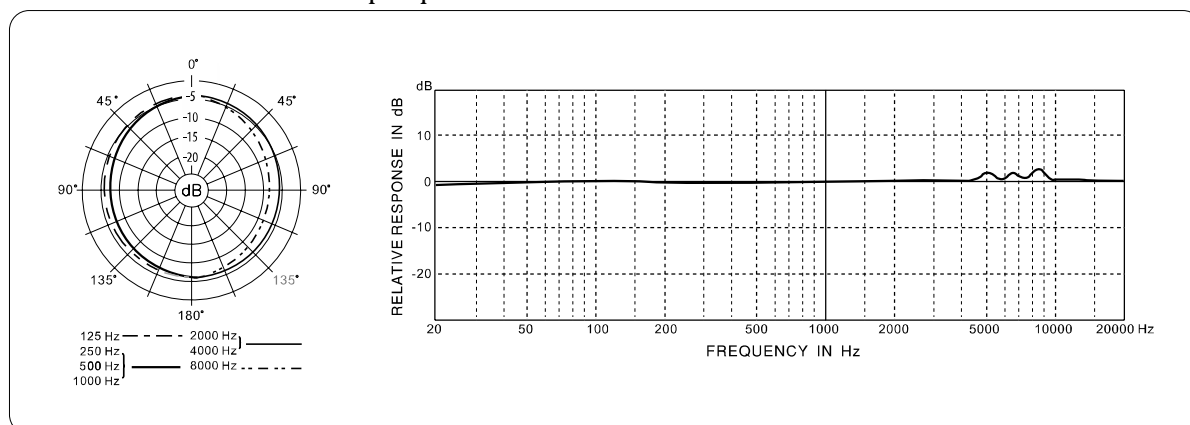
instantâneo ilimitado. Instalável em *Windows* e *MacOS*, dispositivos móveis *Android* e *iOS*. Pode ainda ser acessado através dos navegadores *Chrome*, *Firefox*, *Edge* e *Safari*.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada dentro da Escola de Música da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – EMUFRN. O processo metodológico consistiu em simular um professor de música tocando seu instrumento e transmitindo áudio - por meio de um microfone conectado à uma placa de som em um computador utilizando uma plataforma de webconferência - para um aluno em sua residência, simulando uma típica aula de música realizada de forma remota e síncrona. O áudio que chega para o aluno após a compactação realizada pelo *codec*³ utilizado nas diversas plataformas é avaliado objetivamente. Esta metodologia foi adaptada de Howell *et al.* (2020). Diversos sinais de áudio foram gerados sinteticamente ou extraídos de Howell *et al.* (2020) que por sua vez foram gravados em estúdio com bastante proximidade da fonte ou retirados de Emanuele *et al.* (2020). Estes áudios foram reproduzidos em uma caixa de monitoração de estúdio, modelo HS7 da empresa *Yamaha*, com resposta ampla entre 20Hz e 20kHz, em ambiente controlado de ruídos externos e captados com um microfone condensador omnidirecional com cápsula de ¼ de polegada, modelo ECM8000 da empresa *Behringer*. Por sua vez, o microfone é conectado em uma interface de áudio USB, modelo *Scarlet 2i2* de primeira geração em um computador *MacBook Pro 2011*. O microfone utilizado é o mesmo que se usa em medições acústicas e possui ampla resposta de frequência nas faixas entre 20Hz e 20kHz. A curva de resposta do microfone utilizado pode ser visualizada na Figura 1.

³ Um *codec* de áudio é um algoritmo ou programa de computador que realiza um ou vários processamentos digitais em um sinal de áudio.

Figura 1 - Gráfico com a resposta de frequência e padrão polar do microfone condensador omnidirecional utilizado na pesquisa



Fonte: Behringer (2021).

Embora este não seja necessariamente um modelo comum de microfone utilizado por professores de música, optou-se pela garantia de que o microfone não se tornasse uma variável na modificação do som reproduzido. Ainda com o intuito de garantir a homogeneidade de reprodução do áudio pelo monitor *Yamaha HS7*, foi realizada uma medição da caixa de som dentro do ambiente de reprodução utilizando o microfone ECM8000. A curva de resposta em função de frequência pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 - Curva de resposta em função de frequência do monitor de referência dentro do ambiente onde foi realizada a reprodução de áudio, utilizando o microfone ECM800



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O gráfico em função de frequência mostra que o sistema utilizado apresenta excelente resposta plana em praticamente todo o espectro sonoro de 45 Hz a 20kHz. Há

um decaimento esperado neste tipo de monitor de aproximadamente 18dB por oitava a partir de 50Hz aproximadamente.

No lado do aluno, os áudios foram gravados diretamente de um computador *MacBook Pro 2014*, utilizando o programa *Audacity*. O áudio que chega pela plataforma de webconferência para o aluno foi roteado internamente utilizando o programa *Soundflower* para *Mac*, possibilitando o roteamento direto do sinal de áudio para o *Audacity* e gravado no formato WAV com taxa de amostragem de 44.1 kHz e 24 bit de resolução.

Os áudios utilizados nesta pesquisa para avaliar a qualidade recebida após transmissão pela plataforma de webconferência estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Lista dos sinais de áudio utilizados para transmissão pelas plataformas de webconferência

(Continua)

Áudio	Autor	Descrição
20 segundos de ruído rosa a -8dBFS com 2 segundos de <i>fade in</i> e <i>fade out</i>	Os autores (criado com gerador de sinais do programa <i>Reaper</i>)	O ruído rosa possui a mesma energia em cada banda do espectro sonoro, de 20Hz a 20kHz e é um sinal de teste que permite avaliar com clareza filtros de corte de frequência ou filtros que atenuam ou amplificam o nível sonoro.
20 segundos de ruído rosa a -17 dBFS com 2 segundos de <i>fade in</i> e <i>fade out</i>	Os autores (criado com gerador de sinais do programa <i>Reaper</i>)	Os sinais de ruído rosa foram atenuados com o intuito de verificar se os <i>codecs</i> implementados nas plataformas cortariam o sinal de áudio em função da diminuição do nível sonoro
20 segundos de ruído rosa a -25 dBFS com 2 segundos de <i>fade in</i> e <i>fade out</i>	Os autores (criado com gerador de sinais do programa <i>Reaper</i>)	Outra razão da diminuição dos sinais é avaliar se os <i>codecs</i> implementados nas plataformas possuem algum tipo de regularização de nível sonoro, diminuindo sons muito altos e amplificando sons muito baixos, controlando automaticamente a faixa dinâmica do sinal transmitido
20 segundos de ruído rosa a -8 dBFS com 5 segundos de <i>fade in</i> e <i>fade out</i>	Os autores (criado com gerador de sinais do programa <i>Reaper</i>)	Os <i>fades</i> inicial e final deste sinal buscam reproduzir um crescendo e decrescendo. Pretende-se verificar se os <i>codecs</i> tem a capacidade de reproduzir uma extensa faixa dinâmica sem compressão da faixa dinâmica do sinal
Varredura de senos exponencial a -14 dBFS	Os autores (criado com gerador de sinais do programa <i>Reaper</i>)	A varredura de senos exponencial é um sinal utilizado para avaliações acústicas e eletroacústicas. Uma característica do sinal é manter a mesma energia sonora em todo o espectro. O sinal pode mostrar diversos problemas relacionados a <i>codecs</i> de compressão de áudio.
Soprano cantando as notas C5, E5, G5, B5 sem vibrar a voz	Howell <i>et al.</i> (2020)	Embora os <i>codecs</i> utilizados nas plataformas de webconferência sejam otimizados para a voz, a otimização é feita para a voz falada. A voz cantada apresenta diferentes características, especialmente a sustentação de notas.
Soprano cantando as notas C5, E5, G5, B5 vibrando a voz com característica operística	Howell <i>et al.</i> (2020)	A voz cantada com vibrato apresenta características ainda mais diferenciadas da voz falada. Para aulas de canto, a qualidade do vibrato é uma importante informação a ser passada pelo professor ao aluno.

Quadro 2 - Lista dos sinais de áudio utilizados para transmissão pelas plataformas de webconferência

(Continuação)

Soprano cantando com a técnica <i>messa di voce</i> a nota G4 com vibrato	Howell <i>et al.</i> (2020)	A técnica <i>messa di voce</i> propõe a sustentação de uma nota musical enquanto a cantora realiza um crescendo e um decrescendo, possibilitando avaliar se o <i>codec</i> de áudio é capaz de reproduzir tais variações com precisão.
Contrabaixo tocando com arco a nota A2 fortíssimo (ff) e em seguida pianíssimo (pp) sem vibrato	Os autores (a partir de Emanuele <i>et al.</i> (2020))	Os áudios permitem verificar se o <i>codec</i> da plataforma apresenta algum tipo de corte, compressão ou atenuação de sinais em diferentes intensidades com grande componente em baixa frequência
Contrabaixo tocando com arco a nota D4 fortíssimo (ff) e em seguida pianíssimo (pp) com vibrato	Os autores (a partir de Emanuele <i>et al.</i> (2020))	Os áudios permitem verificar se o <i>codec</i> da plataforma consegue reproduzir diferentes intensidades da mesma nota musical com vibrato.
Violoncelo tocando com arco as notas C2, C4, C5 e C6 intercalando entre fortíssimo (ff) e pianíssimo (pp)	Howell <i>et al.</i> (2020)	Os áudios permitem verificar se o <i>codec</i> da plataforma consegue reproduzir diferentes intensidades da mesma nota musical em altura diferentes. Permitem verificar também a qualidade dos harmônicos produzidos pelas notas, se há filtros de corte ou atenuação, o que pode modificar a qualidade do timbre do instrumento.
Violino tocando com arco as notas B4, B5 e B6 intercalando entre fortíssimo (ff) e pianíssimo (pp)	Howell <i>et al.</i> (2020)	Os áudios permitem verificar se o <i>codec</i> da plataforma consegue reproduzir diferentes intensidades da mesma nota musical em altura diferentes. Permitem verificar também a qualidade dos harmônicos produzidos pelas notas, se há filtros de corte ou atenuação, o que pode modificar a qualidade do timbre do instrumento.
Piano executando um trecho da música <i>Autumn Leaves</i> em estilo jazzístico	Os autores (a partir de gravações anecoicas disponibilizadas pelo programa de simulação acústica <i>Odeon Room Acoustics</i>)	O áudio permite verificar a qualidade de timbre transmitida pelas plataformas de um trecho musical com ritmos irregulares, acordes e melodias.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A pesquisa de Howell *et al.* (2020) propõe o uso de ruído branco como sinal de teste. Entretanto, os autores consideram que o ruído rosa caracteriza melhor o conteúdo musical por conter a mesma quantidade de energia sonora em cada banda de frequência. Dessa maneira, o sinal compensa a curva de audibilidade humana, que necessita maior energia em baixa frequência para promover a mesma percepção de volume que se tem em médias e altas frequências.

Os computadores utilizados nesta pesquisa encontravam-se em salas distintas, ambos conectados à rede cabeada da universidade. Desta maneira, evitou-se a interferência de outra variável, que pode modificar a qualidade do áudio transmitido, que é a largura de banda de transmissão e recepção de dados da *internet*. Ao início e final das

medições das plataformas, foram obtidas a velocidade da *internet* por meio do site *Fast*⁴, que variou entre 480 e 560 Mbps para *download* e entre 250 e 280 Mbps para *upload*.

Simultaneamente à transmissão dos áudios pelas plataformas de webconferência, o som que era captado pelo microfone ECM8000 foi gravado, por meio do programa *Reaper*. Este foi o áudio posteriormente utilizado para avaliar a diferença entre o som que é recebido pelo microfone, que se assemelharia com o som produzido por um instrumento musical ou a voz do professor, e o áudio que o aluno recebe em seu computador após a transmissão pela plataforma de webconferência.

Após as medições, os áudios de cada plataforma avaliada, tanto os gravados durante a transmissão como os recebidos pelo aluno, foram importados no programa *Reaper* e alinhados em seu início, para que fosse possível a comparação de cada trecho executado. Cada áudio foi novamente exportado em um único arquivo com a mesma resolução dos áudios originais.

Os áudios foram importados no programa *Sonic Visualizer* para comparação e análise da espectrografia, espectrograma e forma de onda. Espectrografia e espectrograma são formas diferentes de avaliar amplitude de sinal em função de frequência, sendo que a espectrografia ainda permite a avaliação também em função do tempo. A forma de onda avalia a variação de amplitude do sinal do áudio em função do tempo. Os áudios recebidos, foram todos gravados em estéreo, ou seja, em dois canais, como uma estratégia para verificar se as plataformas estão aptas ou não para transmitir e receber áudio em estéreo. Para todas as avaliações, foram utilizados apenas os áudios do canal esquerdo quando comparados ao áudio transmitido.

Foi realizada também uma avaliação auditiva subjetiva, comparando os áudios transmitidos e recebidos, complementando os resultados objetivos.

Após a audição comparativa e análise dos sinais de áudio, foi criado um formulário para categorização das plataformas com critérios específicos a serem avaliados abrangendo os resultados obtidos pela espectrografia, espectrograma, forma de onda e avaliação auditiva. Cada critério formulado possui uma pontuação onde se extraem pontos, ou seja, todas as plataformas partem da mesma pontuação de 100 pontos. Conforme cada um dos critérios é avaliado, pontos podem ser extraídos, diminuindo a pontuação da plataforma. Ao final, foi possível elaborar um *ranking* das plataformas de

⁴ www.fast.com

webconferência que poderá servir à comunidade musical como referência na escolha futura para o ensino musical *online*.

Os critérios formulados com as respectivas pontuações podem ser verificados no Quadro 3.

Quadro 3 - Lista de critérios para elaboração de *ranking* das plataformas de webconferência

Critério	Pontuação
A forma de onda é modificada após a transmissão?	1 - Não é modificada (0 pontos) 2 - Pouco modificada (-2 pontos) 3 - Razoavelmente modificada (-5 pontos) 4 - Muito modificada (-7 pontos) 5 - Completamente modificada (-10 pontos)
Há interrupções, cortes ou redução significativa de qualidade durante a transmissão dos áudios?	1 - Não há (0 pontos) 2 - Pouco (-2 pontos) 3 - Razoavelmente (-5 pontos) 4 - Muito (-7 pontos) 5 - Em excesso (-10 pontos)
Há filtro de corte passa-baixa no áudio?	1 - Não (0 pontos) 2 - Sim, em até 16kHz (-2 pontos) 3 - Sim, em até 12 kHz (-5 pontos) 4 - Sim, em até 8kHz (-7 pontos) 5 - Sim, em até 4kHz (-10 pontos)
Como é a preservação da qualidade de harmônicos no áudio?	1 - Não preservada(0 pontos) 2 - Preservada até 16kHz (-2 pontos) 3 - Preservada até 12 kHz (-5 pontos) 4 - Preservada até 8kHz (-7 pontos) 5 - Preservada até 4kHz (-10 pontos)
Há a inserção de ruído durante a transmissão?	1 - Não há (0 pontos) 2 - Pouco (-2 pontos) 3 - Razoavelmente (-5 pontos) 4 - Muito (-7 pontos) 5 - Em excesso (-10 pontos)
É possível observar pela espectrografia o descarte significativo de áudio em razão da compressão de dados?	1 - Não há (0 pontos) 2 - Pouco (-2 pontos) 3 - Razoavelmente (-5 pontos) 4 - Muito (-7 pontos) 5 - Em excesso (-10 pontos)
Há alguma forma de corte do sinal em razão do nível de volume do áudio reproduzido?	1 - Não há (0 pontos) 2 - Pouco (-2 pontos) 3 - Razoavelmente (-5 pontos) 4 - Muito (-7 pontos) 5 - Em excesso (-10 pontos)
Após avaliação auditiva, há deterioração da qualidade de áudio?	1 - Não há (0 pontos) 2 - Pouco (-2 pontos) 3 - Razoavelmente (-5 pontos) 4 - Muito (-7 pontos) 5 - Em excesso (-10 pontos)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos das medições realizadas com as plataformas de webconferência estão disponibilizados no link [{Áudios Alinhados - Clique neste link}](#). Estão disponíveis para *download* o áudio original, que foi reproduzido na caixa de referência com o nome MONO.WAV, bem como todos os áudios gravados pelo microfone ECM8000 e aqueles recebidos pelo computador do aluno na plataforma de webconferência. Para maior comodidade de avaliação dos dados, foram disponibilizados os áudios já alinhados com seu respectivo áudio de referência. Foi também disponibilizado para cada plataforma de webconferência um projeto que pode ser aberto no programa *Sonic Visualizer*, disponibilizado para *download* gratuito no [link⁵](#).

Para melhor compreensão dos resultados, foi padronizado que o sinal reproduzido na parte superior da tela do *Sonic Visualizer* será sempre o sinal de referência e o inferior o sinal recebido após o processamento da plataforma de webconferência. Em alguns casos, quando a plataforma permite ajustes para melhoria da qualidade de áudio, foram importados e comparados mais de um áudio além do áudio de referência, sendo sua ordem explicada na análise dos resultados.

Devido a extensão dos dados, não será possível mostrar todos os resultados gráficos obtidos de todas as plataformas. Para uma visualização mais completa dos resultados, os autores incentivam o uso do programa *Sonic Visualizer* e dos projetos disponibilizados. Todas as análises foram realizadas baseando-se nos critérios propostos no Quadro 3.

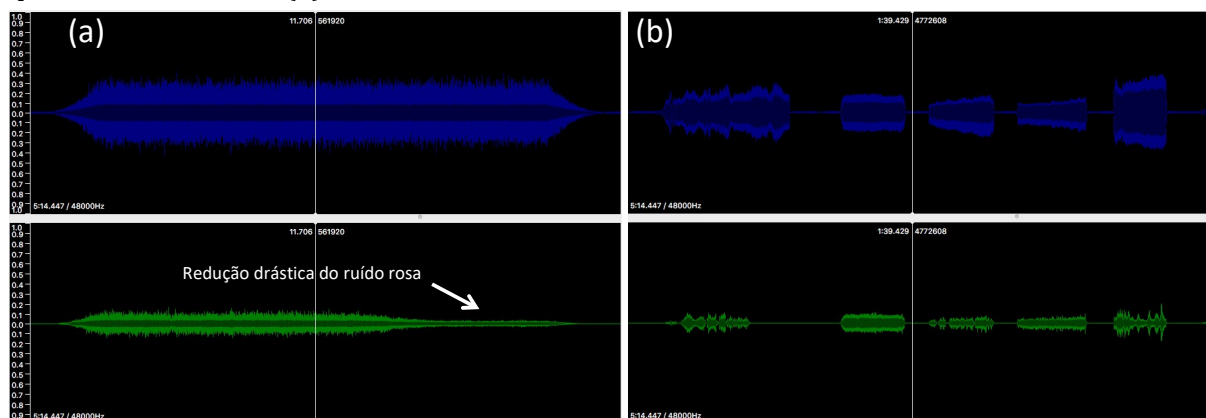
5.1 FREE CONFERENCE CALL

A plataforma *Free Conference Call* na versão atual não oferece opção de configuração de áudio. Ao analisar a forma de onda dos áudios processados pela plataforma, nota-se que há interferências consideráveis do *codec* de transmissão. O áudio foi comprimido em sua dinâmica e o volume diminuído em aproximadamente 12 dB. É possível notar também em vários trechos uma clara compressão na dinâmica do áudio, modificando o formato final da forma de onda. O *codec* de áudio detectou o sinal de ruído

⁵ <https://www.sonicvisualiser.org/download.html>

rosa, e após alguns segundos de reprodução fez uma redução drástica em mais de 20 dB de volume conforme visto na Figura 3(a). Isso mostra que o *codec* possui algum tipo de detecção de ruído que avalia o sinal transmitido e promove a redução do ruído automaticamente. Quando os sinais eram instrumentos musicais, o *codec* de compressão não chegou a reduzir drasticamente o nível de sinal como no ruído rosa, mas aplicou compressão de dinâmica, mudando o formato da onda sonora quando comparado a seu formato original, conforme visto nos exemplos de voz da Figura 3(b).

Figura 3 - Comparação das formas de onda do sinal transmitido (azul) e recebido (verde) da plataforma *Free Conference Call* de um sinal de ruído rosa (a) e de um sinal de varredura de senos e quatro trechos vocais (b)



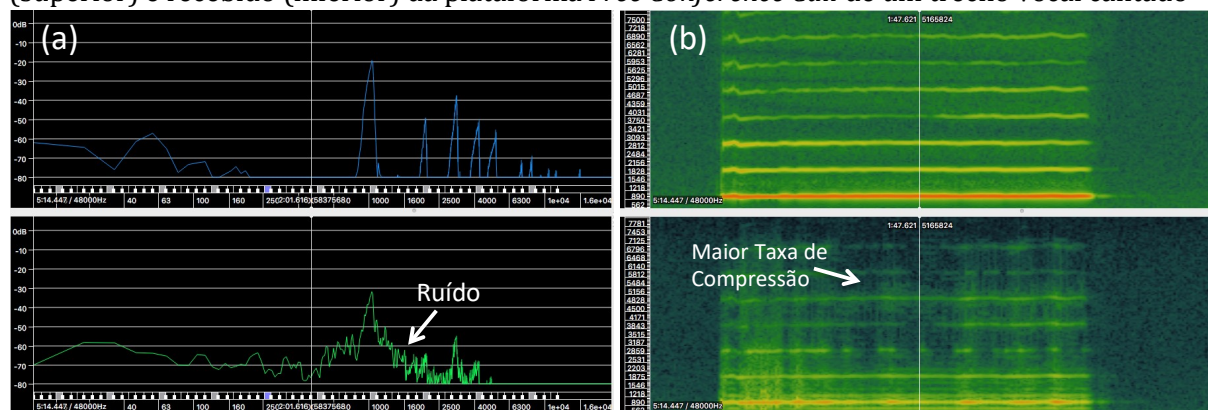
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Pela análise espectrográfica é possível observar que há um filtro passa-baixa⁶ que realiza um corte em aproximadamente 8kHz. Percebe-se também que há adição de ruído após a transmissão do áudio conforme visto na Figura 4(a). Em função do filtro passa-baixa, os harmônicos da voz, por exemplo, são severamente comprometidos. A Figura 4(a) mostra, no espectrograma, que além do ruído adicionado aos áudios, há apenas 1 harmônico presente depois da nota fundamental em um trecho vocal, quando no áudio original é possível ver pelo menos 9 harmônicos. Isso certamente compromete a qualidade da informação musical que se deseja passar, modificando não apenas o timbre, mas possivelmente comprometendo articulação e afinação. Na análise espectrográfica é possível notar a compressão de dados proporcionada pelo *codec* da plataforma. O áudio é

⁶ Um filtro passa-baixa é um filtro de corte em frequência, onde os componentes do sinal de áudio acima da frequência de corte são eliminados.

comprimido, retirando informações que o *codec* considera dispensável em razão do efeito de mascaramento e que pode ser verificado na Figura 4(b).

Figura 4 - Comparação do espectrograma (a) e da espectrografia (b) do sinal transmitido (superior) e recebido (inferior) da plataforma *Free Conference Call* de um trecho vocal cantado



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

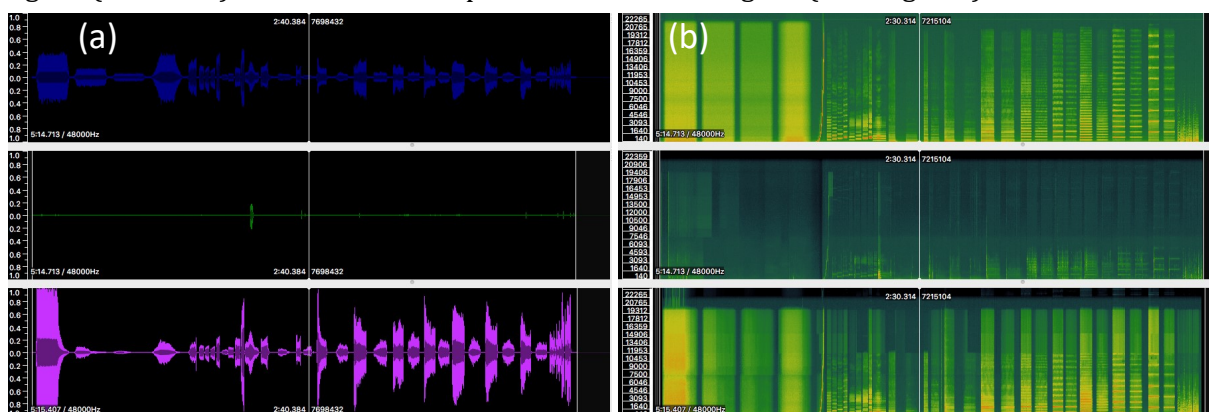
Após avaliação auditiva dos áudios, percebe-se claramente uma diferença de volume. Nas passagens de contrabaixo em pianíssimo, mal se ouve o sinal executado no áudio recebido e o timbre é mais escuro devido a perdas em alta frequência do sinal. É possível perceber também que, quanto mais aguda é a nota executada, há a interferência de um ruído, como se tivesse “areia” no sinal de áudio. Quanto mais aguda a nota, maior a percepção do ruído. De maneira geral a plataforma não preserva de maneira satisfatória o áudio, degenerando consideravelmente o sinal e portanto, não sendo recomendada para a transmissão de conteúdo musical.

5.2 GOOGLE MEET

A plataforma Google Meet oferece a possibilidade de configuração de áudio apenas para assinantes do *Google Education*. É possível que esta opção também seja oferecida para outros planos pagos da *Google*, entretanto, foram avaliados apenas as opções oferecidas pelo *Google Education*. A configuração de áudio apresenta duas opções: o cancelamento de ruído pode ser ligado ou desligado. Ao fazer a análise da diferença entre as duas possibilidades de configuração de áudio, constatou-se que quando ligado o cancelamento de ruído, o *codec* é bastante agressivo a qualquer tipo de som que não seja a voz falada. O *codec* eliminou por completo todos os áudios reproduzidos, com apenas um início de voz cantada sendo reproduzido e em seguida eliminado pela supressão de

ruídos presente na configuração com cancelamento de ruído. A Figura 5(a) mostra a comparação entre o áudio enviado (em azul), áudio recebido com a supressão de ruído ligada (em verde) e o áudio com a supressão de ruído desligada (em magenta).

Figura 5 - Comparação entre o áudio enviado (em azul), áudio recebido com a supressão de ruído ligada (em verde) e o áudio com a supressão de ruído desligada (em magenta)

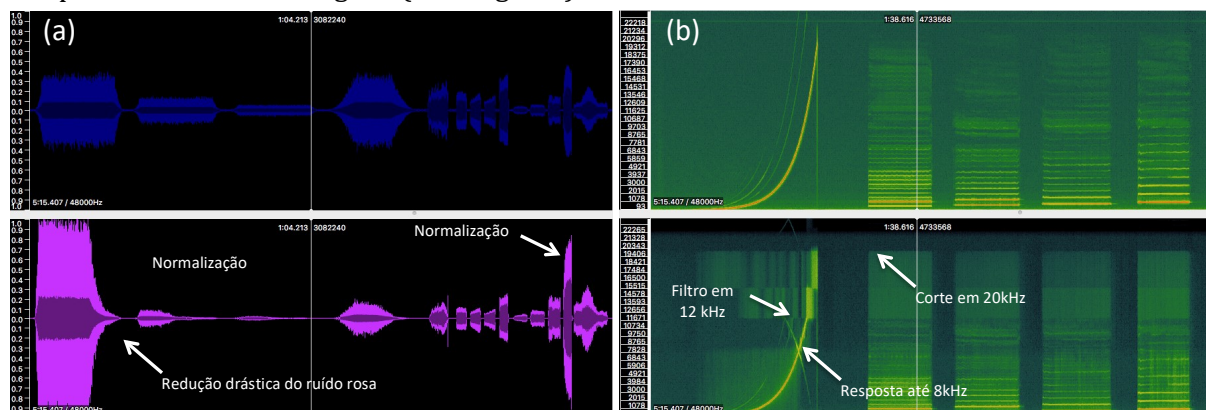


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A Figura 5(b) mostra a espectrografia dos mesmos áudios. É possível notar que durante a execução do ruído rosa o *codec* elimina completamente o áudio recebido. A partir da varredura de senos há uma diminuição considerável de sinal, a ponto de tornar quase inaudível os áudios recebidos.

Ao analisar a forma de onda do áudio recebido com a supressão de ruído desligada na Figura 6(a), observa-se que o *codec* procura em vários momentos, compensar o volume do sinal, aplicando um processamento conhecido como normalização, em que o sinal de áudio é analisado e seu volume é aumentado até o limite máximo possível antes que seja distorcido. A ideia por trás deste tipo de processamento é maximizar e nivelar o sinal de áudio recebido para que não haja grande variação de volume no áudio em uma reunião por exemplo, onde cada participante possui um sistema diferente de captação da voz, como microfone de lapela, microfones embutidos no computador, ou mesmo microfones acoplados em fones de ouvido. Entretanto, é possível notar também, em relação ao ruído rosa, que após algum tempo o sistema detecta o sinal de áudio como ruído e diminui automaticamente o volume a ponto de torná-lo quase inaudível. Em razão disso, nota-se que o *codec* demora um certo tempo com os áudios seguintes em retomar o processamento de normalização, possivelmente devido ao uso de algum tipo de código baseado em inteligência artificial.

Figura 6 - Comparação entre o áudio enviado (em azul) e o áudio recebido pelo *Google Meet* com a supressão de ruído desligada (em magenta)

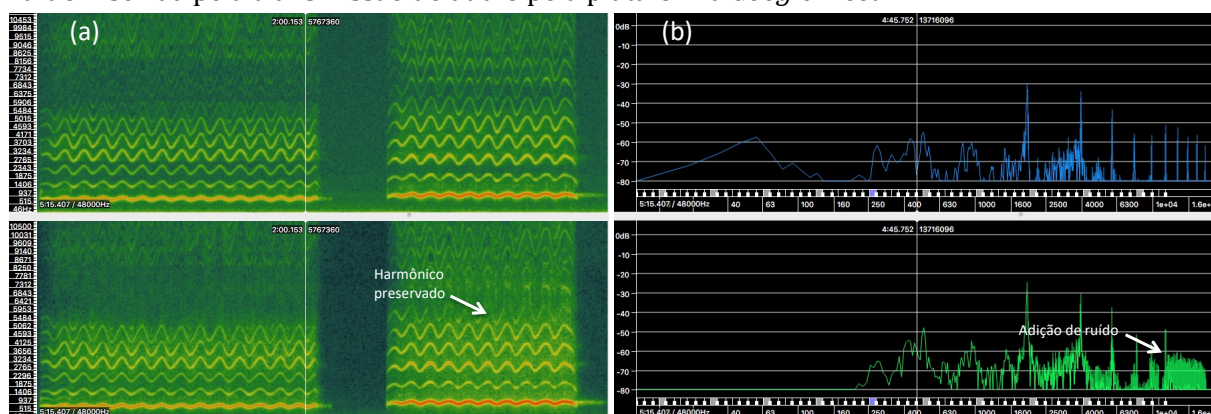


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao longo da análise do áudio recebido, não foi possível notar cortes abruptos do sinal. A Figura 6(b) mostra que há aplicação de um filtro passa-baixa e que este filtro é dinâmico, em função da análise que o *codec* faz de parâmetros como volume do sinal e possivelmente sua característica. Inicialmente, com o ruído rosa, o filtro tem frequência de corte em aproximadamente 20kHz. Entretanto, ao analisar a varredura de senos e os áudios seguintes, é possível notar que em certos momentos a frequência de corte cai para 12 kHz. Especificamente na varredura de senos, o *codec* foi responsivo até 8kHz, acima disso há intermodulação provavelmente causada pelo tipo de filtro utilizado.

É possível notar também que possivelmente o decaimento do filtro passa-baixa não seja tão íngreme, e que na prática, a frequência de corte seja ainda mais baixa. Ao avaliar a preservação da qualidade de harmônicos do sinal, percebe-se que há redução em nível sonoro a partir de aproximadamente 5.500 Hz. Isso mostra que possivelmente o filtro passa-baixa esteja começando a atuar no sinal a partir desta frequência, conforme se observa na Figura 7(a). Também é possível perceber, pela Figura 7(b), que há considerável adição de ruído no áudio recebido, especialmente nas frequências mais altas. Auditivamente, essa adição de ruído proporciona a sensação de “areia” nos agudos, deixando o som “áspero”, com pouca inteligibilidade e clareza. Quanto a compressão de dados, é possível verificar que o *codec* elimina determinados conteúdos do sinal baseado no efeito de mascaramento em determinados trechos e regiões do espectro. Entretanto, este não parece ser de grande contribuição para a qualidade final do áudio.

Figura 7 - (a) Trecho vocal para comparar a preservação de harmônicos entre os áudios enviados (superior) e recebidos (inferior); (b) trecho de uma nota de violino mostrando a diferença de ruído inserida pela transmissão do áudio pela plataforma *Google Meet*



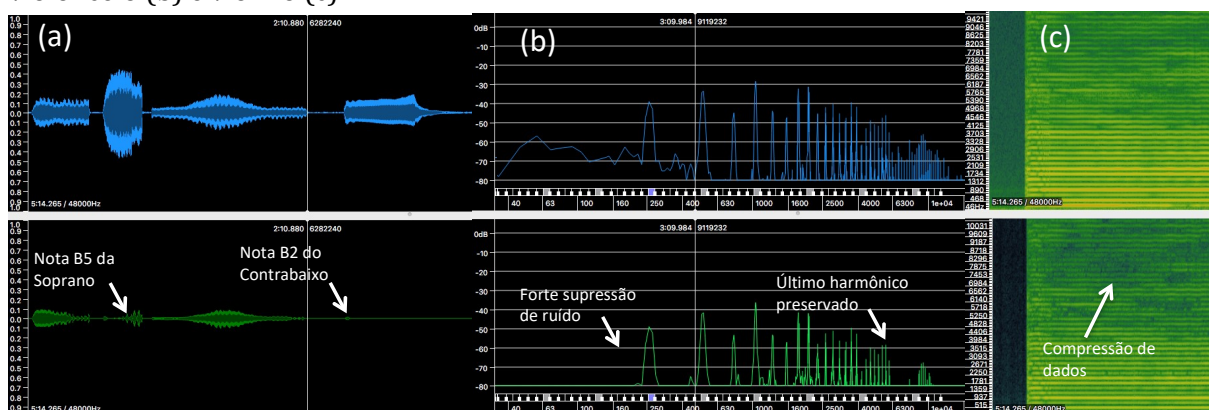
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Em geral, a manipulação da faixa dinâmica do áudio, o filtro passa-baixa e a adição de ruído nas bandas mais agudas, faz com que o *Google Meet* seja uma plataforma pouco adequada a serem ministradas aulas de música, especialmente em conteúdos que exijam a observação de nuances de dinâmica e timbre. Embora a plataforma não corte o áudio, sua qualidade é comprometida pela atuação do *codec* de compressão.

5.3 GOTO MEETING

Analisando os áudios da plataforma *GoTo Meeting*, pode-se observar que o *codec* de áudio apresenta um algoritmo de detecção de ruído bastante forte. Além de compreender o ruído rosa como ruído, também interpretou algumas notas mais graves e mais agudas como interferência ou ruído, eliminando-as conforme visto na Figura 8(a). Também é possível notar que o *codec* modifica a forma de onda, em geral diminuindo o volume do áudio de acordo com a variação do sinal. Pela análise espectrográfica, é possível verificar que a supressão de ruído é tão latente que chega a atuar como um *noise gate*, silenciando por completo o áudio nos trechos de intervalos entre os exemplos musicais ou mesmo em trechos com menor dinâmica. Nestes casos, é possível notar uma coloração bastante escura na espectrografia, diferente do áudio enviado. Também é possível notar que o filtro passa-baixa elimina os sons acima de aproximadamente 20 kHz. Entretanto, o *codec* consegue apenas preservar harmônicos até aproximadamente a frequência de 5kHz como visto na Figura 8(b).

Figura 8 - Comparação da forma de onda (a), do espectrograma (b) e da espectrografia do sinal transmitido pela plataforma *GoTo Meeting* de trechos de voz cantada e contrabaixo acústico (a), violoncelo (b) e violino (c)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

É possível notar também na Figura 8(b) que o *codec* reduz o ruído residual, deixando apenas o som produzido. O problema é que em muitos casos o *codec* interpretou o som produzido pelos instrumentos como ruído e os eliminou completamente. Quanto a compressão de dados, é possível verificar em vários trechos, como o da Figura 8(c), que o *codec* elimina a parte do áudio considerada inaudível devido ao efeito de mascaramento. Auditivamente o *codec* não apresenta o ruído característico das outras plataformas de “areia”. Isso acontece em razão da forte supressão de ruído. Quando o *codec* permite a execução do áudio, ele soa mais abafado e opaco devido a não preservação de harmônicos acima de 5kHz. De maneira geral, esta plataforma não é recomendada para a transmissão de aulas de música, principalmente porque seu *codec* dinâmico confunde as notas musicais com ruído, eliminando-as completamente.

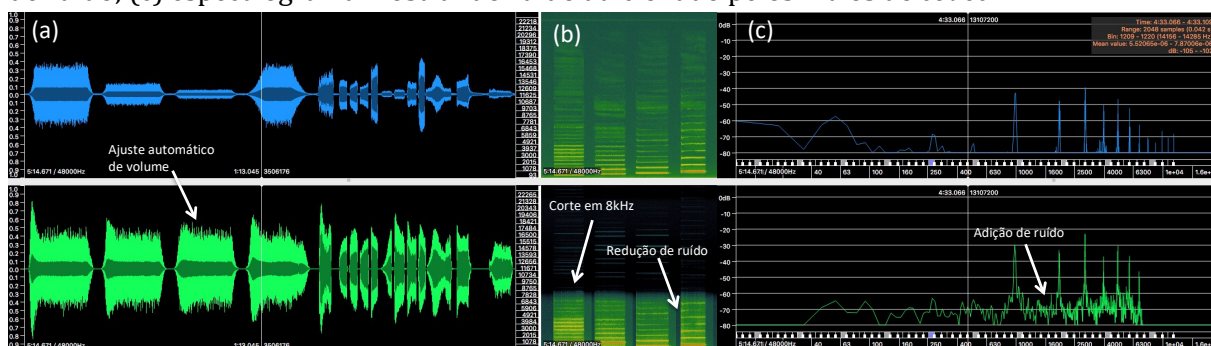
5.4 SKYPE

A plataforma *Skype* oferece diversos ajustes de áudio. O ajuste automático de microfone pode ser desligado e a supressão de ruído pode ser desligada ou ajustada para automático, baixo ou alto. Como o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho das plataformas para transmissão de instrumentos musicais, foram avaliados dois ajustes: ambos com o ajuste automático de microfone desligado, sendo um com o cancelamento de ruído desligado e o outro com o cancelamento de ruído ajustado em baixo.

Ao avaliar os áudios recebidos com o ajuste automático de microfone desligado e com a supressão de ruído desligada foi possível observar que a plataforma não executa

aquilo que propõe. A Figura 9(a) mostra que mesmo com o ajuste de microfone desligado o áudio recebido foi compensado em volume, modificando completamente a dinâmica dos áudios enviados, ou seja, desligar o ajuste automático de microfone não funciona, pelo menos em sua versão para MacOS. O *codec* da plataforma modifica consideravelmente a dinâmica dos áudios, em geral amplificando os inícios e depois amenizando o volume, mas de maneira generalizada, aumentando o volume dos sons mais baixos.

Figura 9 - Comparação dos áudios enviados (azul) com os recebidos (verde) pela plataforma *Skype* com o ajuste automático de microfone desligado e supressão de ruídos desligado; (a) comparação entre formas de onda; (b) espectrografia mostrando frequência de corte e supressão de ruído; (c) espectrograma mostrando ruído adicionado pelos filtros do *codec*



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

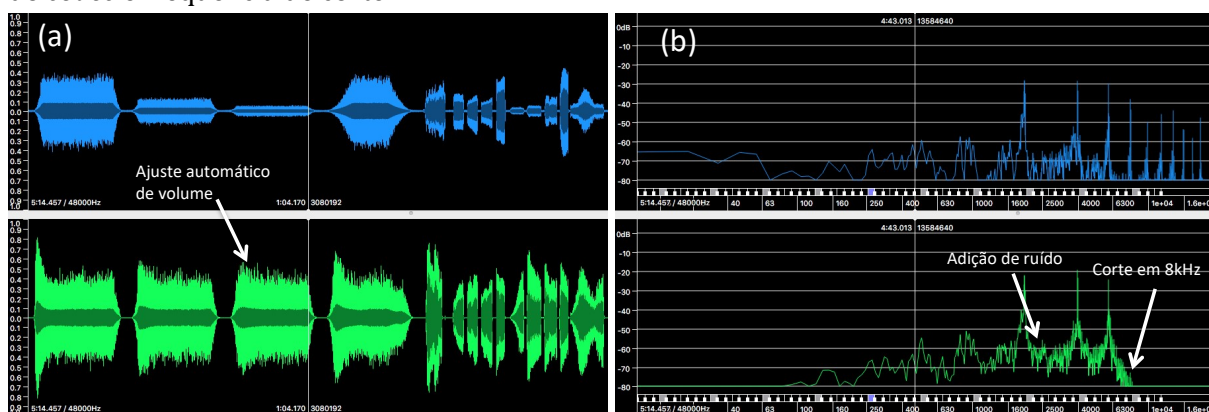
Foi possível observar, por meio da espectrografia na Figura 9(b), que o *codec* da plataforma possui um filtro passa-baixa com a frequência de corte em aproximadamente 8kHz e aparentemente o filtro é íngreme, com grande atenuação sonora por banda de oitava. Isso faz com que a plataforma transmita com taxa de amostragem de aproximadamente 16kHz, o que permite uma redução considerável de dados a serem transmitidos. Esta é uma estratégia diferente das outras plataformas que acabam usando filtros mais simples e bem menos íngremes, mas que na prática acabam não preservando harmônicos superiores. A plataforma *Skype*, ao contrário, opta por uma taxa de amostragem mais baixa e um filtro semelhante aos usados por conversores analógico-digitais e escolhe preservar os harmônicos até 8kHz. Tal escolha deixa o som resultante auditivamente mais escuro, pela falta da parte superior do espectro das altas frequências, mas em geral, com melhor resultado que plataformas como o *Google Meet*, por exemplo. Ainda auditivamente, é possível notar, nas notas mais agudas do canto e violino, que há a sonoridade de “areia” no áudio. O espectrograma da Figura 9(c) mostra que os filtros do *codec* adicionam ruído ao áudio recebido, resultando na sonoridade observada.

Curiosamente, em análise auditiva é possível perceber que, em alguns áudios, o início é cortado e o som inicia bruscamente. Ao observar a espectrografia da Figura 9(b) percebe-se que, embora a supressão de ruídos esteja desligada, o *codec* ainda apresenta uma rotina que avalia ruído de fundo, como som de ar condicionado, chiado do sistema de áudio, entre outros. Assim, no intervalo entre os áudios, o *codec* corta o sinal de áudio como em um *noise gate*, semelhante à plataforma *GoTo Meeting*, embora com uma sensibilidade menor. Quando o sinal de áudio é reestabelecido o *codec* desabilita o *noise gate*, mas não sem perder uma pequena fração do sinal inicial.

Ao se analisar os áudios recebidos pela plataforma *Skype*, com o ajuste de volume automático do microfone desligado e com a supressão de ruído no modo baixo, observou-se que o ajuste automático do microfone não foi efetivamente desligado e continuou atuando. A

Figura 10(a) mostra que, assim como na análise anterior, o volume do áudio recebido foi ajustado em seu volume automaticamente, não preservando as dinâmicas dos áudios enviados.

Figura 10 - Comparação dos áudios enviados (azul) com os recebidos (verde) pela plataforma *Skype* com o ajuste automático de microfone desligado e supressão de ruídos em modo baixo; (a) comparação entre formas de onda; (b) espectrograma mostrando ruído adicionado pelos filtros do *codec* e frequência de corte



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os áudios recebidos apresentam a mesma frequência de corte do filtro passa-baixa em 8kHz também com uma curva de decaimento íngreme como visto na

Figura 10(b). Os filtros do *codec* também geram ruído em alta frequência, proporcionando o efeito “areia” quando se ouvem os áudios, especialmente nas notas agudas da voz cantada e do violino. A avaliação mostrou que não houve diferença, ao

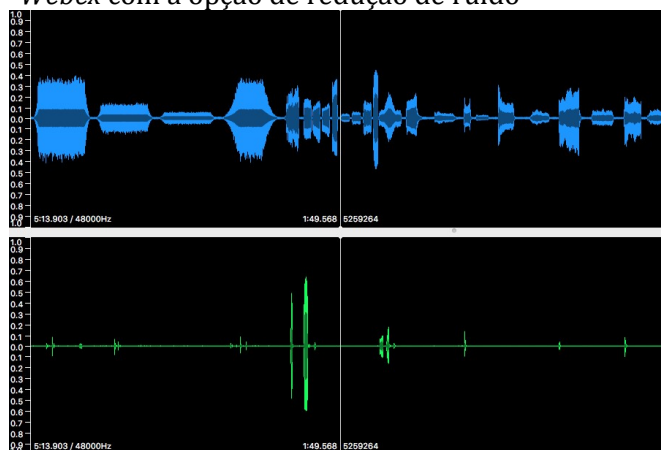
menos significativa, entre os dois ajustes avaliados, o que evidencia que, ao menos nesta avaliação, ajustar as configurações de áudio do aplicativo não surtiram nenhum efeito. De maneira geral o *Skype* não é uma plataforma adequada para se ministrar aulas de música. A qualidade sonora não é ruim, mas o ajuste automático dos volumes torna impraticável a avaliação de dinâmica musical de qualquer instrumento. A qualidade do áudio é velada em razão do corte em 8kHz, o que prejudica o timbre de instrumentos de região média e aguda.

5.5 WEBEX

A plataforma *Webex* apresenta algumas possibilidades de configuração de áudio. A primeira delas é ajustar ou não automaticamente o volume do microfone. Em seguida, é possível escolher entre quatro opções que a plataforma chama de “Áudio inteligente”: “Redução de ruído”, “otimizar para minha voz”, “otimizar para outras vozes” e “modo música”. Como o interesse deste trabalho é avaliar a transmissão de música, foram analisados os áudios com as opções “Redução de ruído” e “Modo Música”, ambos com a opção de ajuste automático do microfone desligado.

Ao avaliar os áudios recebidos com a opção “redução de ruído” ligada, observou-se o mesmo comportamento da plataforma *Google Meet* também com a opção de redução de ruído ligada. A plataforma interpretou os áudios enviados como ruído e eliminou-os quase por completo, com exceção de alguns inícios, conforme visto na Figura 11.

Figura 11 - Comparação entre os áudios enviados (em azul) e recebidos (em verde) pela plataforma *Webex* com a opção de redução de ruído

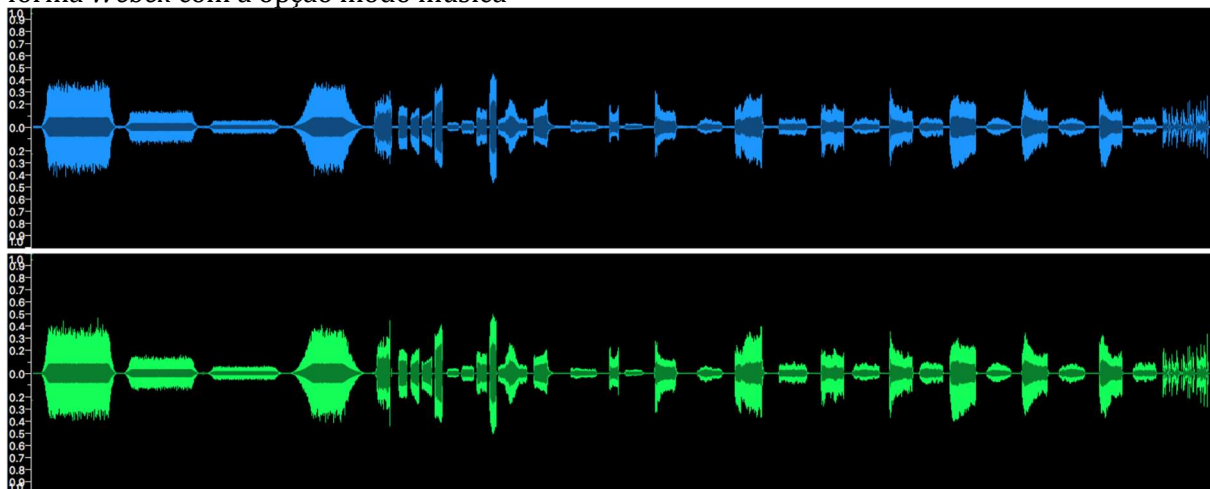


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Como já mencionado, os algoritmos de redução de ruído implementados nestas plataformas de webconferência são em geral otimizados para a voz falada, sendo assim, qualquer outro som que não tenha tais características é eliminado.

Quando avaliados os áudios recebidos quando escolhida a opção “Modo Música”, os resultados mostraram um cenário completamente diferente. A Figura 12 mostra que as formas de onda dos áudios recebidos são muito parecidas, e preservam todas as características dos áudios enviados em relação a volume, variação de dinâmica e duração.

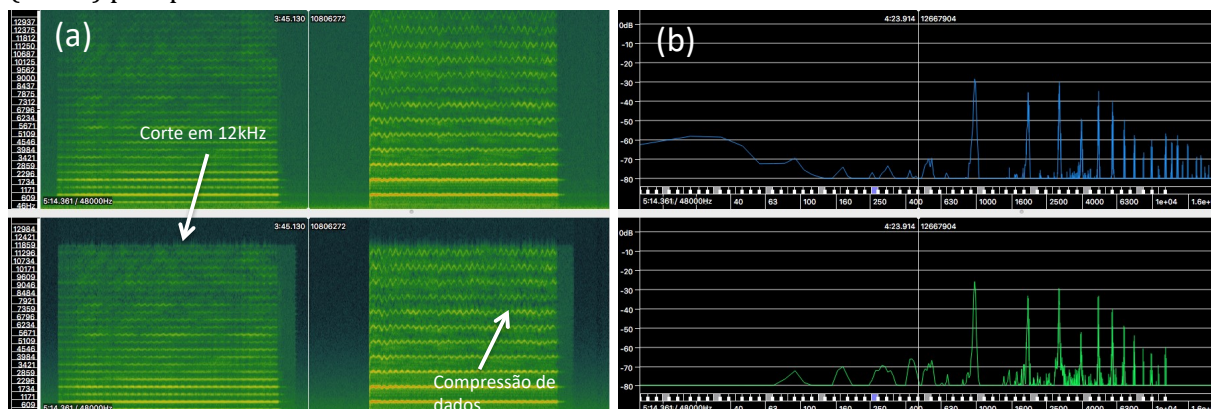
Figura 12 - Comparação entre os áudios enviados (em azul) e recebidos (em verde) pela plataforma *Webex* com a opção modo música



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Avaliando a espectrografia dos áudios recebidos e mostrado na Figura 13(a), é possível verificar que o *codec* da plataforma *Webex* aplica um filtro passa-baixa com frequência de corte em aproximadamente 12kHz. Da mesma forma que a plataforma *Skype*, observa-se que a estratégia é diminuir a taxa de amostragem, que neste caso seria de aproximadamente 24kHz. É possível observar também que há a preservação do conteúdo harmônico até a frequência de corte, o que mostra também que possivelmente este seja um filtro com decaimento íngreme.

Figura 13 - (a) comparação da espectrografia entre os áudios enviados (superior) e recebidos (inferior) do áudio de um violino; (b) espectrograma de um áudio enviado (azul) e um recebido (verde) pela plataforma Webex no Modo Música



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Quanto a compressão de dados, é possível observar que a plataforma retira muito pouco do áudio em razão do efeito de mascaramento, o que resulta em uma boa preservação de conteúdo harmônico e pouca diferença auditiva entre os áudios enviados e recebidos. A Figura 13(b) também mostra que praticamente não há inserção de ruído devido aos filtros do *codec* da plataforma, preservando o conteúdo harmônico até a frequência de corte. Em análise auditiva, é possível notar que há pouca diferença entre os áudios. A qualidade é bem preservada e não há a sensação de “areia” como em outros *codecs* já avaliados. De maneira geral, a plataforma *Webex*, com a opção do ajuste automático de microfone desligado e com a opção “Modo Música”, se mostrou uma plataforma adequada para serem ministradas aulas de música, preservando a dinâmica musical, não cortando nenhum áudio, preservando o conteúdo harmônico até a frequência de corte e reproduzindo uma boa qualidade de áudio ao receptor.

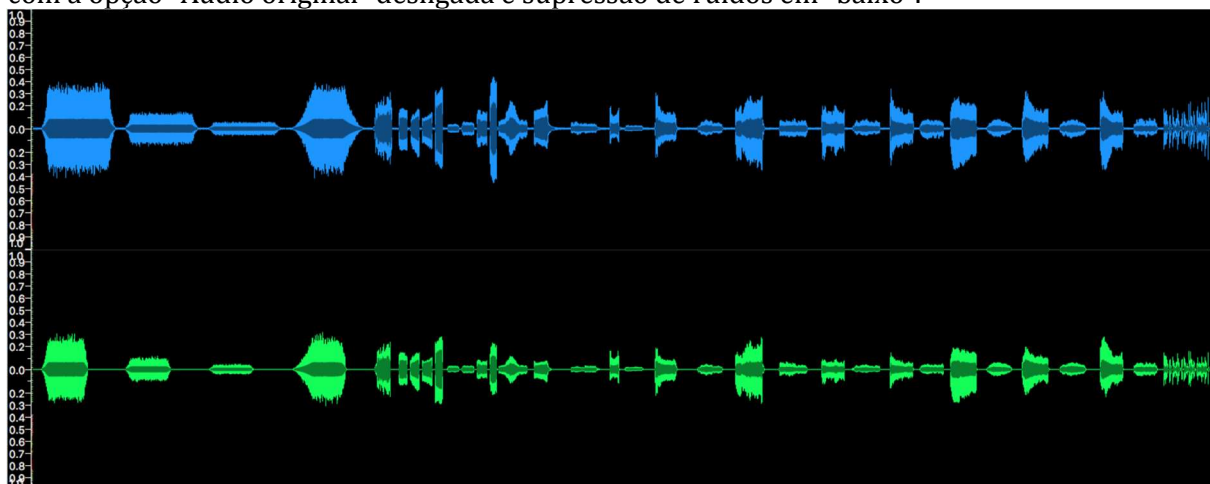
5.6 ZOOM

A plataforma *Zoom* oferece diversas opções de configuração de áudio. A primeira opção é a de ajuste automático do volume do microfone. Em seguida, é possível escolher entre quatro opções de supressão de ruído: automático, baixo, médio e alto. Por último, na sessão música e áudio profissional das configurações de áudio, é possível habilitar o botão “Som Original” e selecionar “modo de música de alta fidelidade”, “cancelamento de eco” e “áudio estéreo”. A opção “Som Original”, de acordo com a documentação do *Zoom*, desliga o processamento de áudio do *codec*, fazendo com que, inclusive, a taxa de dados

transmitida aumente, necessitando de uma banda de internet maior. A plataforma foi medida em duas situações: com o áudio original ligado e com ele desligado. Quando desligado, a supressão de ruído estava na opção “baixo”. Em ambos os casos o ajuste automático de microfone foi desligado e as opções de “cancelamento de eco”, “música de alta fidelidade” e “áudio estéreo” foram habilitadas.

Ao analisar os áudios recebidos pela plataforma zoom com a supressão de ruído na opção “baixo”, percebeu-se que o *codec* preservou de maneira satisfatória a forma de onda, diminuindo em torno de 3 dB seu volume final. Em alguns trechos a diminuição do volume foi um pouco maior, mas a dinâmica foi em geral preservada, conforme visto na Figura 14.

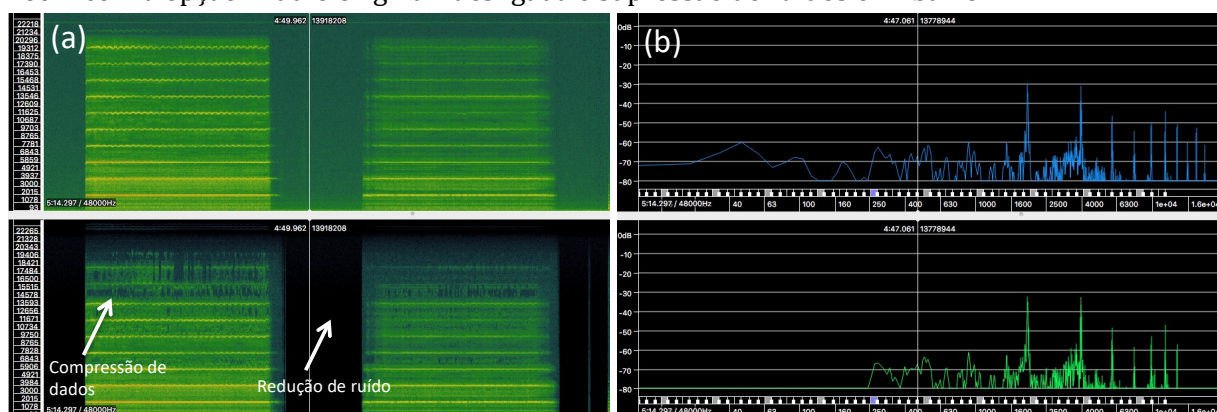
Figura 14 - Comparação dos áudios enviados (azul) e recebidos (verde) pela plataforma Zoom com a opção “Áudio original” desligada e supressão de ruídos em “baixo”.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Foi possível notar também que o *codec* identificou o ruído rosa como ruído e após algum tempo eliminou-o completamente em cada um dos quatro trechos apresentados. Quanto aos instrumentos musicais, o *codec* não cortou nenhum trecho executado. A espectrografia da Figura 15(a), mostra que o *codec* opta por manter uma taxa de amostragem alta e diminui o tamanho do arquivo eliminando o áudio inaudível devido ao efeito de mascaramento especialmente na porção mais alta do espectro de frequências. O filtro passa-baixa do *codec* tem frequência de corte de aproximadamente 20kHz, sendo que os harmônicos são bem preservados até aproximadamente 15.500Hz em geral, o que mostra que o filtro tem um decaimento relativamente íngreme, mais suave que as plataformas *Webex* e *Skype*, mas mais íngreme que outras plataformas avaliadas.

Figura 15 - (a) comparação da espectrografia entre os áudios enviados (superior) e recebidos (inferior); (b) espectrograma de um áudio enviado (azul) e um recebido (verde) pela plataforma Zoom com a opção “Áudio original” desligada e supressão de ruídos em “baixo”



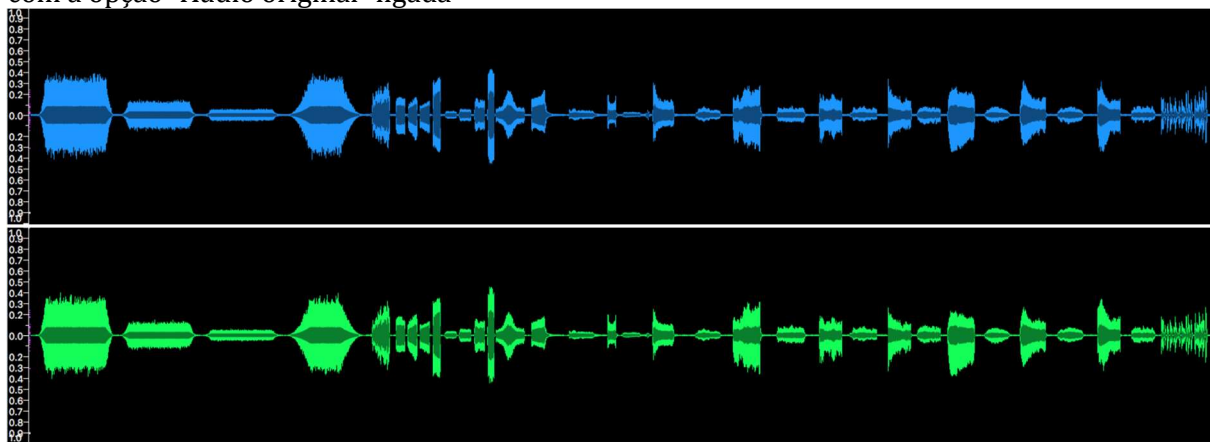
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A espectrografia também mostra que o *codec* percebe quando o trecho de áudio se encerra e há apenas ruído residual até entrar o próximo áudio, aplicando um *noise gate* similar ao das plataformas *GoTo Meeting* e *Skype*. Isso pode ser observado pela porção mais escura entre os trechos com instrumentos executados no áudio recebido. A Figura 15(b) mostra que os filtros do *codec* praticamente não adicionam ruído ao áudio e os harmônicos são bem reproduzidos até a frequência de corte. Auditivamente isso se traduz em um som bastante similar ao som original, com apenas algumas flutuações, que possivelmente foram causadas pelo buffer de armazenamento e alguma variação mínima de velocidade da internet no momento dos testes.

Ao analisar o áudio recebido pela plataforma *Zoom* com a opção “Som original” ligada, percebeu-se que apenas o canal esquerdo do áudio foi recebido. Isso mostra que de fato, a opção “Som estéreo” que estava ligada, funciona. Como o microfone estava conectado no canal 1 (um) da interface de áudio, apenas o canal esquerdo foi transmitido e recebido pela plataforma. Até o momento, esta foi a única plataforma que permitiu a transmissão de áudio em estéreo, o que trás uma nova perspectiva ao uso da plataforma, uma vez ser possível utilizar microfones em estéreo ou mesmo dois microfones com algum tipo de técnica de microfonação em estéreo. A estereofonia trás uma perspectiva diferenciada ao ensino de música, uma vez que não apenas o som do instrumento, mas de todo o ambiente possa ser reproduzido ao aluno. Entretanto, esta análise não faz parte do escopo deste estudo e poderá ser discutida em um outro trabalho. Portanto, assim como nas outras plataformas, apenas o áudio do canal esquerdo foi comparado com o áudio transmitido.

A Figura 16 mostra que a forma de onda dos áudios é muito bem preservada em dinâmica e volume. Não houve atenuação no volume do áudio recebido e nem qualquer tipo de compensação de volume ou cortes em trechos com dinâmica mais baixa. Os trechos com ruído rosa foram totalmente preservados em volume e dinâmica, mostrando que de fato, a opção “Áudio original” desliga todo tipo de processamento de redução de ruído que a plataforma realiza.

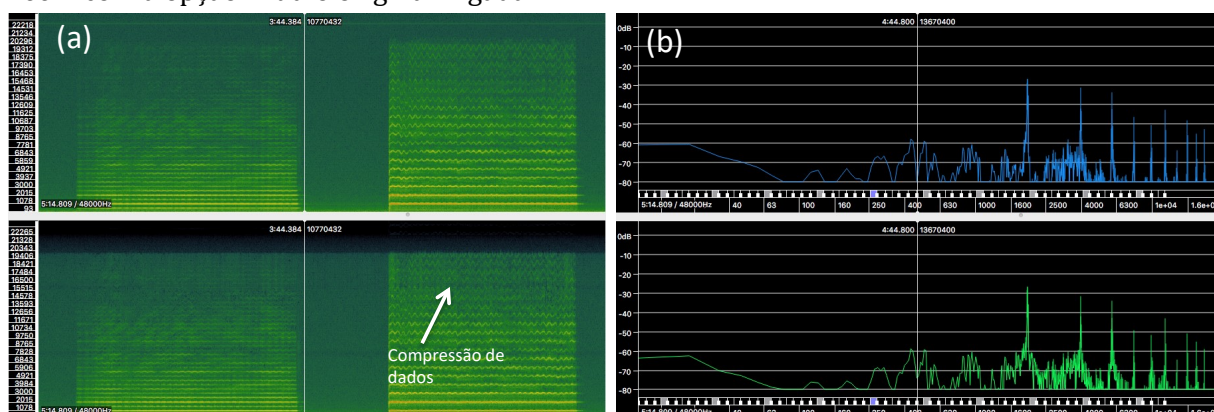
Figura 16 - Comparação dos áudios enviados (azul) e recebidos (verde) pela plataforma Zoom com a opção “Áudio original” ligada



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Avaliando a espectrografia dos áudios recebidos na Figura 17(a), é possível notar que o filtro passa-baixa do *codec* tem a frequência de corte em 20kHz. É possível notar pela análise da varredura de senos que, a partir da frequência de 16kHz, há uma intermodulação bastante suave, o que pode indicar que o filtro passa-baixa pode ser dinâmico em função de alguma característica do áudio, possivelmente seu volume. Ou seja, áudios com baixo volume podem fazer com que o filtro passa-baixa diminua a frequência de corte para 16kHz, utilizando um decaimento mais suave que o filtro em 20kHz. Isso pode ser observado de maneira sutil na Figura 17(a), no áudio esquerdo da espectrografia, onde, por ser um som com menor volume, os harmônicos acima de 16kHz estão um pouco mais baixos que os mesmos harmônicos do áudio direito, em que o volume é consideravelmente maior. De qualquer forma, há uma excelente preservação do conteúdo harmônico no áudio e isso é perceptível com o teste de audibilidade. Ainda pela espectrografia dos áudios é possível notar que a redução de dados se dá pela extração de áudio inaudível pelo *codec* segundo o efeito de mascaramento. Entretanto, a retirada de certo conteúdo de áudio não prejudica o som final recebido.

Figura 17 - (a) comparação da espectrografia entre os áudios enviados (superior) e recebidos (inferior); (b) espectrograma de um áudio enviado (azul) e um recebido (verde) pela plataforma Zoom com a opção “Áudio original” ligada



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Praticamente não há diferença perceptível entre o áudio enviado e o áudio recebido. O espectrograma da Figura 17(b) ratifica a audição dos áudios. Não há praticamente inserção de ruído causado pelos filtros do *codec* e os harmônicos são preservados em intensidade até a frequência de corte. De maneira geral, esta opção da plataforma Zoom se mostra adequada ao ensino de conteúdo musical, mantendo as dinâmicas e conteúdo harmônico do sinal recebido, sendo praticamente não perceptível a diferença entre os áudios enviados e recebidos.

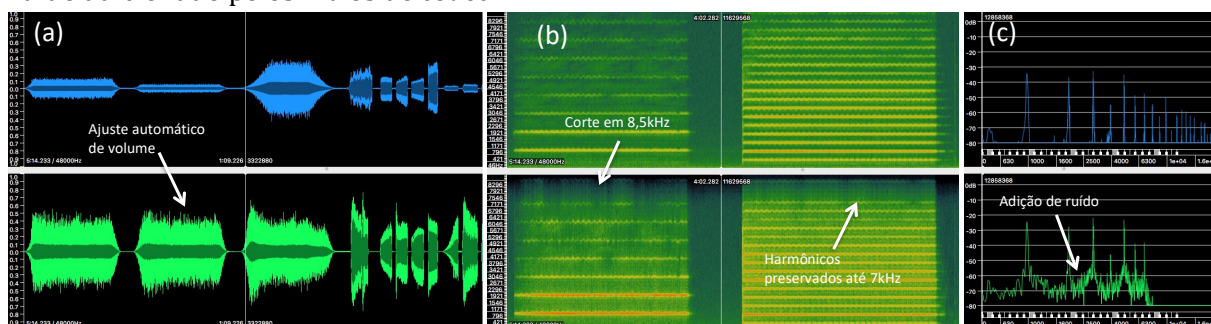
5.7 MICROSOFT TEAMS

A plataforma *Microsoft Teams* também oferece determinadas configurações de ajuste de áudio. Para usuários que não pagam nenhum serviço *Microsoft*, o *Teams* permite ajustar a supressão de ruído para: “automático”, “Alto”, “Baixo” e “Desligado”. Caso o usuário pague algum produto como o *Microsoft Education*, há ainda a opção de se ligar o modo “Música de alta Fidelidade”. Optou-se por utilizar a configuração de supressão de ruído em “baixo” como uma maneira de comparação ao ajuste feito na plataforma *Zoom*, contando que, quando o modo “Música de alta fidelidade” fosse habilitado, ele funcionaria como a opção “Áudio original” da plataforma *Zoom*.

Após avaliação dos resultados dos áudios recebidos pela Plataforma *Teams* com a supressão de ruído selecionada em “baixo” foi possível constatar que o *codec* utilizado é semelhante ao da plataforma *Skype*. Como visto na Figura 18(a), o *codec* realiza o controle automático de volume e modificou consideravelmente a dinâmica do sinal enviado, em geral

aumentado o volume do início dos áudios recebidos e posteriormente ajustando o restante do áudio para um nível intermediário, mas sempre alterando as dinâmicas propostas.

Figura 18 - Comparação dos áudios enviados (azul) com os recebidos (verde) pela plataforma *Teams* com a supressão de ruídos em “baixo”; (a) comparação entre formas de onda; (b) espectrografia mostrando frequência de corte e supressão de ruído; (c) espectrograma mostrando ruído adicionado pelos filtros do *codec*

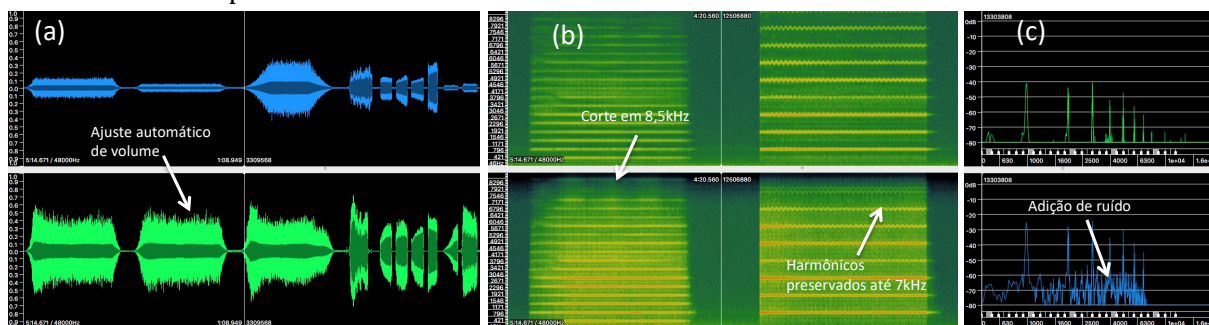


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Pode-se observar também que o ruído rosa não foi identificado como ruído, não sofrendo nenhum corte, apenas a mudança em seu volume. O *codec* da plataforma *Teams* utiliza um filtro passa-baixa em aproximadamente 8,5 a 9 kHz e preserva harmônicos até aproximadamente 7kHz como visto na espectrografia da Figura 18(b). O espectrograma da Figura 18(c) mostra que os filtros do *codec* produzem ruído e quando avaliada a sonoridade dos áudios, contatou-se o som característico de “areia”, especialmente nas notas mais agudas. Curiosamente, a espectrografia mostrou que, embora a opção de supressão de ruído tenha sido habilitada, o *codec* não suprimiu os ruídos entre os áudios como em outros *codecs* como o *Goto Meeting* e o próprio *Skype*.

Quando analisados os áudios recebidos pelo *Teams* com a opção “Música de alta definição” ligada, foi possível constatar que a opção não funciona como o “Áudio original” da Plataforma *Zoom*. Praticamente não houve nenhuma mudança na análise objetiva em relação a opção anterior. A Figura 19(a) mostra que o *codec* continua alterando o volume dos áudios, não preservando as dinâmicas propostas.

Figura 19 - Comparação dos áudios enviados (azul) com os recebidos (verde) pela plataforma *Teams* com o modo “Música de alta qualidade” ligado; (a) comparação entre formas de onda; (b) espectrografia mostrando frequência de corte e supressão de ruído; (c) espectrograma mostrando ruído adicionado pelos filtros do *codec*



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A espectrografia da Figura 19(b) mostra que o filtro passa-baixa permanece com a mesma frequência de corte em torno de 8,5 a 9 kHz e que os harmônicos do áudio são preservados até aproximadamente 7 kHz. Assim como na opção anterior, o *codec* não suprimiu o ruído residual entre os áudios musicais, como se a supressão de ruído não estivesse ligada. O espectrograma da Figura 19(c) mostra também que os filtros do *codec* geram ruídos em alta frequência e, quando avaliadas a audição dos áudios, não há diferença entre a opção “Música de alta definição” ligada ou desligada e os áudios apresentam o mesmo efeito de “areia” nas notas mais agudas do espectro. Em geral, a plataforma *Teams* não é adequada ao ensino de conteúdo musical. A plataforma modifica a dinâmica do áudio transmitido e não preserva de maneira satisfatória o conteúdo harmônico recebido. A qualidade do áudio também não é boa auditivamente, apresentando ruído, especialmente em notas de instrumentos mais agudos.

5.8 CLASSIFICAÇÃO DAS PLATAFORMAS DE WEBCONFERÊNCIA

A classificação das plataformas de webconferência foi realizada baseada nos critérios apresentados no Quadro 3. Os resultados da classificação podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das plataformas de webconferência segundo critérios objetivos e subjetivos

Critério	FCC	GM T1	GM T2	GT M	SKP 1	SKP 2	WB X1	WB X2	ZO M1	ZO M2	TMS 1	TMS 2
A forma de onda é modificada após a transmissão?	-5	-10	-7	-7	-7	-7	-10	0	-2	0	-7	-7
Há interrupções, cortes ou redução significativa de qualidade durante a transmissão dos áudios?	-5	-10	-2	-10	0	0	-10	0	-2	0	0	0
Há filtro de corte passa baixa no áudio?	-7	-10	0	0	-7	-7	-10	-5	-2	0	-7	-7
Como é a preservação da qualidade de harmônicos no áudio?	-10	-10	-10	-10	-7	-7	-10	-5	-5	0	-10	-10
Há a inserção de ruído durante a transmissão?	-5	-10	-5	-2	-5	-5	-10	0	0	0	-5	-5
É possível observar pela espectrografia o descarte significativo de áudio em razão da compressão de dados?	-7	-10	-2	-5	-2	-2	-10	-2	-5	-2	-2	-2
Há alguma forma de corte do sinal em razão do nível de volume do áudio ou tipo de áudio reproduzido?	-5	-10	-2	-7	0	0	-10	0	-2	0	0	0
Após avaliação auditiva, há deterioração da qualidade de áudio?	-7	-10	-7	-7	-5	-5	-10	0	0	0	-5	-5
Pontos extraídos	-51	-80	-35	-48	-33	-33	-80	-12	-18	-2	-36	-36
Score Final	49	20	65	52	67	67	20	88	82	98	64	64

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

6 ANÁLISES

Os resultados mostram que duas plataformas se sobressaem na classificação, *Zoom* e *Webex*. Em primeiro lugar ficou a plataforma *Zoom* com a opção “Áudio original” ligada, que de fato conseguiu desligar todo tipo de processamento que poderia ter algum impacto no áudio transmitido. Em segundo lugar ficou a plataforma *Webex* com a opção “Modo Música” ativada, que também preservou o áudio transmitido, perdendo apenas alguns pontos a mais devido à frequência de corte do filtro passa-baixa em 12 kHz. O *codec* da plataforma *Zoom* com baixa redução de ruído também se mostrou com boa qualidade, apenas modificando em volume os áudios recebidos.

Howell *et al.* (2020) mostraram em seu trabalho que a plataforma *Zoom* foi a que melhor preservou o áudio recebido, quando a opção “Áudio original” foi ativada, o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho. Os autores também comentam a respeito da constante normalização do áudio promovido pela plataforma *Teams* e pela frequência de corte em aproximadamente 8 kHz, mesmos resultados obtidos por este trabalho, mostrando que, de fato, a plataforma se preocupa com a transmissão de voz falada. O que chamou a atenção neste trabalho, foi que a *Microsoft*, tanto na plataforma *Skype* como no *Teams*, implementou em seus produtos configurações de áudio que sistematicamente não funcionam. Não importa a opção escolhida, o resultado final do áudio recebido é o mesmo. Resta saber se isso acontece em decorrência do sistema operacional utilizado não ser da *Microsoft*, e sim *Apple*. Mesmo que este seja o caso, a empresa deveria se atentar a este problema e consertá-lo no futuro, especialmente com relação a plataforma *Skype*, que é gratuita e possui um grande número de usuários.

Foi possível também, com as análises obtidas, avaliar as diferentes estratégias das empresas sobre como diminuir a quantidade de dados transmitida dos áudios codificados. Em geral, todas utilizam *codecs* que promovem a perda de áudio baseada no efeito de mascaramento, algumas com maior intensidade que outras, o que acaba por mudar a qualidade final do áudio recebido. Entretanto, algumas preferem filtros passa-baixa mais simples e com decaimento mais suave por banda de oitava e com frequência de corte mais baixas, próximas de 5kHz. Em geral, para inteligibilidade da fala, não haveria nenhum problema, já que esta seria a frequência mais alta das consoantes, havendo possivelmente alguma perda em sílabas sibilantes, mas que certamente não prejudicariam a inteligibilidade da fala. Contudo, para música, um corte em 5kHz faz com que instrumentos mais agudos, ou notas mais agudas percam toda a característica de timbre. Além do mais, percebeu-se que nestes casos, o ruído gerado pelos filtros trouxe uma sonoridade de “areia” raspando em metal, descaracterizando muitas vezes o som do instrumento. Esse tipo de *codec* inviabiliza as aulas de instrumentos que utilizam o espectro acima de 5 kHz em seus harmônicos. A outra estratégia, foi o uso de filtros passa-baixa mais íngremes e com frequências de corte mais elevadas. O *Skype* e *Teams* em torno de 8kHz, *Webex* em 12kHz e *Zoom* em 20kHz. Dessas mencionadas, apenas *Webex* e *Zoom* de fato conseguiram preservar a sonoridade final dos áudios, resultando em áudios muito similares aos enviados. Importante notar também que a sonoridade foi mais comprometida pela adição de ruído causado pelos filtros do que necessariamente pela

falta dos harmônicos superiores. É possível que, mesmo com uma frequência de corte mais baixa, em torno de 8kHz, seja possível o ensino musical, desde que sejam observadas as questões de dinâmica e que não haja ruído adicionado ao som dos instrumentos.

Outro ponto fundamental observado é que o controle automático do volume de áudio não pode estar habilitado quando o intuito são aulas de música. Embora seja compreensível a preocupação em normalizar o áudio, é importante que aulas de música sejam feitas preferencialmente com equipamento adequado, ou seja, pelo menos com um bom microfone conectado a uma placa de áudio, onde o volume possa ser ajustado manualmente pelo professor e pelo aluno. Uma vez ajustado, a plataforma deve manter íntegra a *performance* das dinâmicas executadas. Nas análises realizadas, apenas as plataformas *Zoom* e *Webex* de fato preservaram o conteúdo dinâmico dos áudios avaliados.

Nas experiências anteriores de outros autores como a de Benassi e Victorio (2014) não há menção a questões relativas à qualidade de transmissão e recepção de áudio. Importante salientar também, que a plataforma *Skype* de 2014, utilizada no estudo, não é a mesma de hoje. Muito se modificou nas tecnologias de áudio nos últimos anos e a constante atualização das plataformas faz com que seja necessária a constante avaliação dessas tecnologias. Faz-se necessário ampliar o escopo de discussão, abrangendo as questões técnicas, tanto de equipamentos como de conhecimentos básicos de ajustes de configurações para que a comunidade como um todo possa se beneficiar da constante evolução da tecnologia.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram avaliadas sete plataformas de webconferência e a viabilidade das mesmas para uso em aulas de música ministradas *online*. Foram realizadas avaliações objetivas, com o uso de ferramentas como a análise da forma de onda, espectrografia e espectrograma do áudio recebido pelas plataformas, e subjetivas a partir da comparação auditiva entre os áudios transmitidos e recebidos. Em seguida, foi realizada uma classificação das plataformas a partir da pontuação desses critérios.

Os resultados mostraram que das sete plataformas avaliadas, apenas duas se mostraram aptas a reproduzir conteúdo musical com excelência, as plataformas *Webex* e *Zoom*. Os resultados de excelência só foram possíveis após determinadas configurações

das plataformas, mostrando que a possibilidade de ajuste nas configurações de áudio se mostrou uma ferramenta importante no amplo uso da ferramenta.

As demais plataformas não foram consideradas aptas à transmissão de conteúdo musical por diversas razões como não manter a dinâmica executada dos instrumentos, modificar significativamente a qualidade dos áudios, seja por extrair muito conteúdo de áudio para diminuir o tamanho do arquivo, seja por colocar filtros passa-baixa com frequência de corte muito baixa no espectro, comprometendo a qualidade de timbre dos instrumentos avaliados ou mesmo pela adição de ruídos que interferiram na qualidade final dos áudios transmitidos.

Como continuidade deste trabalho, outras plataformas podem ser avaliadas bem como a influência na qualidade de áudio da banda de *internet* disponível durante as transmissões. Espera-se que este trabalho possa auxiliar professores e alunos na escolha das plataformas mais adequadas às suas necessidades e que consigam ajustar adequadamente as opções disponíveis para melhorar a qualidade de áudio durante as aulas de música *online*.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à professora Dra. Rafaella Estevão da Rocha (UFPE) pelos comentários e auxílio na revisão do artigo. Esta pesquisa foi financiada pelo CNPq e pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN por meio de uma bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica de Ensino Médio - PIBIC/EM do aluno João Claudio Amorim Pinheiro.

REFERÊNCIAS

ARROYO, Margarete. Mídias sociais como fontes de pesquisa documental acerca da educação musical contemporânea. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA (ANPPOM), XXIV, 2014, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ANPPOM, 2014. p. 1-10. Disponível em: <https://anppom.com.br/congressos/index.php/24anppom/SaoPaulo2014/paper/view/263>. Acesso em: 21 mar. 2022.

BEHRINGER. **Measurement Condenser Microphone ECM8000 Technical Specifications**. Behringer, 2021.

BENASSI, Claudio Alves; VICTORIO, Roberto Pinto. Aprendizagem de instrumento a distância: mediação tecnológica e interação em tempo real. **Revista Diálogos: linguagens em movimento**. Caderno Música, Arte e Cultura, Cuiabá, v. 2, n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/revdia/article/view/2763/1888>. Acesso em: 21 mar. 2022.

DOTTA, Sílvia; BRAGA, Juliana; PIMENTEL, Edson. Condução de aulas síncronas em sistemas de webconferência multimodal e multimídia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO, 23., 2012, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SBIE, 2012. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbie/2012/0015.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2022.

DYE, Keith. Student and instructor behaviors in online music lessons: an exploratory study. **International Journal of Music Education**, Texas Tech University School of Music, USA, v. 34, n. 2, p. 161-170, 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0255761415584290>. Acesso em: 21 mar. 2022.

EMANUELE, Carmine; GHISI, Daniele; LOSTANLEN, Vincent; LÉVY, Fabien; FINEBERG, Joshua; MARESZ, Yan. **TinySOL**: an audio dataset of isolated musical notes (6.0) [Data set]. Zenodo, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3685367>. Acesso em: 21 mar. 2022.

FARIA, Elísio. O tutor na Educação a Distância: a construção de conhecimentos pela interação nos ambientes midiáticos no contexto da educação libertadora. **Scientia FAER**, Olímpia, SP, Ano 2, v. 2, 2010. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170802100911.pdf. Acesso em: 21 mar. 2022.

MOORE, Michael. Teoria da Distância Transacional. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, São Paulo, ago. 2002. Disponível em: http://www.abed.org.br/revistacientifica/Revista_PDF_Doc/2002_Teoria_Distancia_Transacional_Michael_Moore.pdf. Acesso em: 21 mar. 2022.

HOWELL, Ian L. *et al.* Preliminary Report: Comparing the Audio Quality of Classical Music Lessons over Zoom, Microsoft Teams, Voicelessonsapp, And Apple Facetime. **Special Report of the NEC Voice and Sound Analysis Laboratory**, New England Conservatory of Music, Boston, USA, 2020. Disponível em: <https://www.ianhowellcountertenor.com/preliminary-report-testing-video-conferencing-platforms>. Acesso em: 21 mar. 2022.

RIBEIRO, Giann Mendes. **Autodeterminação para aprender nas aulas de violão a distância**: uma perspectiva contemporânea da motivação. [241f.]. Tese (Doutorado em Música) - Instituto de Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SABBATINI, Renato. **O que é Videoconferência e Como Funciona**. Campinas, 2007.
Disponível em: https://ead.edumed.org.br/index.php?lang=es_utf8. Acesso em: 21 mar. 2022.